

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

**TRANSACTIONS
OF THE HYDROBIOLOGICAL
SOCIETY
OF THE USSR**

Volume X

PUBLICATION OF ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

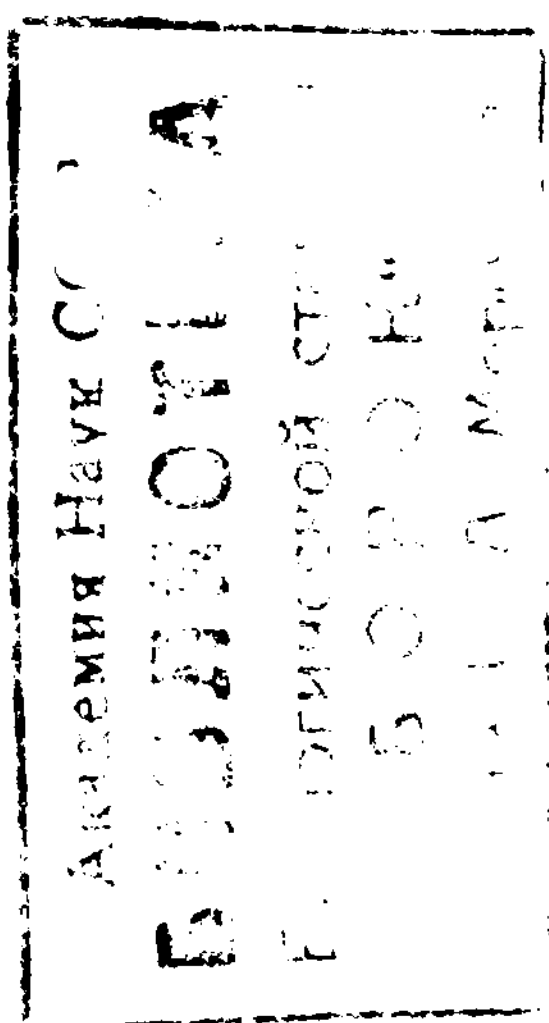
MOSCOW - 1960

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ
ВСЕСОЮЗНОГО
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

Том X

84222



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК С С С Р

МОСКВА — 1960

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

*Н. С. Гаевская, В. И. Жадин, Л. А. Зенкевич,
М. М. Кожов, Я. В. Ролл, П. И. Усачев*

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

проф. *П. И. Усачев*



ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ЗЕНКЕВИЧ

Л Ъ В У А Л Е К С А Н Д Р О В И Ч У
З Е Н К Е В И Ч У

*К 70-летию со дня рождения и 45-летию
научной и педагогической деятельности
Всесоюзное гидробиологическое общество
посвящает настоящий том своих Трудов*

17 июня 1959 г. исполнилось 70 лет со дня рождения Председателя Всесоюзного гидробиологического общества, руководителя крупнейшей в СССР школы гидробиологов, известного океанолога и зоолога Льва Александровича Зенкевича.

Л. А. Зенкевич в 1908 г. после окончания Оренбургской гимназии поступил на юридический факультет Московского университета.

В 1911 г. за участие в студенческих беспорядках Лев Александрович был выслан из Москвы в Тулу. В 1912 г. после сдачи экстерном государственных экзаменов за юридический факультет Л. А. был принят на естественное отделение Физико-математического факультета того же университета.

В университете Льва Александровича особенно заинтересовали лекции проф. Г. А. Кожевникова по кафедре беспозвоночных животных. В Московском университете еще со времен А. П. Богданова, главы московской школы зоологов, культивировались интересы к изучению жизни моря. Это стремление к морским исследованиям проявлялось и у Г. А. Кожевникова, который в 1914 г. организовал научную поездку на Мурманское побережье для своих студентов. Научными работами на Мурмане руководил ассистент кафедры И. И. Месяцев. Из предложенных И. И. Месяцевым морских тем Лев Александрович избрал изучение строения нефридиальной системы многощетинковых червей и сипункулид. Результаты этой первой научной работы Л. А. Зенкевича были опубликованы в Дневнике Зоологического отделения общества любителей естествознания и этнографии, т. 3, № 5, 1916 г.

В 1916 г. Лев Александрович окончил университет и был оставлен при кафедре для подготовки к профессорскому званию. В 1917 г. Л. А. — сверхштатный ассистент кафедры — приступает к преподаванию в стенах своей «альма матер» и продолжает уже начатые научные работы.

В 1917 г. Лев Александрович участвует в Байкальской экспедиции вместе с И. И. Месяцевым и Л. Л. Россолимо. Во время экспедиции особое внимание Льва Александровича привлек байкальский многощетинковый червь *Manauunkia baicalensis*, обширное исследование о котором было написано Л. А. в 1925 г. К материалам байкальской экспедиции 1917 г. Лев Александрович возвращался в дальнейшем еще не один раз.

В 1920 г. Лев Александрович принял участие в работах Северной научно-промысловой экспедиции на Баренцовом море. Это была его первая морская экспедиция. Здесь Л. А. впервые познакомился с организацией и основными методами исследования моря. После экспедиции Лев Александрович с большим энтузиазмом отдался организационной работе по созданию Плавучего морского научно-исследовательского института (Плавморнин). В 1921 г. на судне «Малыгин»

Л. А. ведет исследование Карского моря вместе с крупнейшими учеными страны — С. А. Зерновым, А. И. Россолимо, В. К. Солдатовым, С. В. Бруевичем и др.

Дальнейшие исследования северных морей Плавморнин уже ведет на экспедиционном судне «Персей», рейсы которого создали целую эпоху в исследовании морей СССР. Лев Александрович был начальником шести экспедиций «Персея». Во время этих плаваний при исследовании донной фауны Лев Александрович не ограничивался только ее качественной характеристикой; с 1924 г. он постепенно ввел количественный метод изучения фауны, применив дночерпатель Петерсена.

До этого времени в нашей стране количественный метод при исследовании бентоса применялся лишь Н. Л. Чугуновым на Каспийском (1921 г.) и Азовском (1923 г.) морях в Азово-Черноморской экспедиции. Но именно Лев Александрович широко развил и обосновал количественный метод исследования донной фауны, который после его работ вошел в стандартные методы советской океанологии.

Изучение бентоса северных морей увлекло Льва Александровича в другие разделы морской биологии и гидробиологии. Исходя из гидрологических данных, он дает точное представление о «полярном фронте» на примере Баренцова моря и граничащих с ним частей Северной Атлантики. Лев Александрович обратил также большое внимание на потребителей бентоса и стал изучать питание рыб, в первую очередь промысловых, что особенно важно для дальнейшего рыбохозяйственного освоения моря посредством тралового промысла. Методика исследования питания рыб, выработанная Львом Александровичем, вошла в практику промысловых исследований.

Все эти работы, связанные с исследованиями донной фауны, привели Льва Александровича к широким обобщениям в наиболее важном разделе современной гидробиологии: к проблеме биологической продуктивности. Он внес ряд понятий в этот раздел науки, такие как продукция, биомасса, П/Б коэффициент*, пищевые отношения и проч.

Изучение биологической продуктивности Северного Каспия, бедность его бентоса послужили причиной проведения акклиматизации в Каспии некоторых кормовых беспозвоночных животных Азовского моря. Таковыми объектами оказались червь нереис и моллюск синдесмия. «Перевоска» их из Азовского моря была проведена в 1939—1941 гг. и с большим успехом: оба вида прижились и тем самым значительно обогатили кормовой фонд бентоса Северного Каспия. Эта акклиматизация явилась мероприятием крупнейшего рыбохозяйственного значения.

Большое участие Льва Александровича в организации и работах Плавморнина, а затем Государственного океанографического института; плавания на э/с «Персей», большие исследования морской фауны морей СССР значительно расширили научные интересы Льва Александровича, а возникновение Института океанологии Академии наук СССР и постройка э/с «Витязь» окончательно увлекли его в сферы науки о морях и океанах. Лев Александрович принимает активное участие в деятельности Института и плаваниях э/с «Витязь», сначала в дальневосточных морях, затем, с 1953 г., в Тихом океане. За эти работы в 1951 г. в числе других участников плавания Лев Александрович был удостоен Сталинской премии. В работах э/с «Витязь» в Тихом океане Лев Александрович возглавил исследования океанических впадин, в первую очередь Курило-Камчатской. Здесь удалось провести сборы глубоководной

* Отношение продукции к биомассе.

фауны до глубин около 10 км. При этом выяснились особенности ультраабиссальной фауны, а при дальнейших исследованиях и целый ряд весьма важных фактов, характеризующих состав и количественное распределение бентоса на широких просторах дна океана. Лев Александрович выдвинул проблему биологической структуры океана, над которой и работают в настоящее время многие биологи.

За исследования фауны Курило-Камчатской впадины Льву Александровичу и Я. А. Бирштейну в 1954 г. была присуждена в Московском университете Ломоносовская премия II степени.

Лев Александрович — создатель большой школы зоологов, специалистов по морской фауне. В 1930 г. он возглавил кафедру беспозвоночных животных в Московском государственном университете, значительно ее расширил и развил. Лев Александрович — автор и редактор учебников и пособий. Им написаны два тома книги «Фауна и биологическая продуктивность моря»; эта книга стала очень популярной у морских гидробиологов; его труд «Моря СССР, их фауна и флора» вышел вторым изданием и переведен на иностранные языки. За книгу «Моря СССР, их фауна и флора» Льву Александровичу присуждена большая золотая медаль имени Литке Географического общества СССР.

Лев Александрович ведет очень большую общественную работу. Он является одним из основных организаторов Всесоюзного гидробиологического общества СССР, а с 1948 г., после смерти акад. Б. Л. Исаченко, — председателем общества. С 1956 г. Лев Александрович — вице-президент Московского общества испытателей природы. С 1951 г. Лев Александрович возглавляет созданную им Межведомственную океанографическую комиссию АН СССР, координирующую морские исследования в нашей стране. С 1955 г. Лев Александрович — представитель от СССР в ряде международных организаций. Л. А. участвует в составе советской делегации на Международных зоологических конгрессах (1948, 1953 и 1958 гг.) и на I международном океанографическом конгрессе в Нью-Йорке (1959).

С 1953 г. Л. А. — член-корреспондент Академии наук СССР; кроме того, в 1946 г. Лев Александрович был избран действительным членом Сербской Академии наук, а в 1958 г. — действительным членом Датского научного общества естествоиспытателей. Совсем недавно Лев Александрович награжден за работы на э/с «Витязь» медалью Французского института океанографии.

Трудно в таком кратком очерке отразить все стороны многогранной научной, педагогической и общественной деятельности Льва Александровича, так много давшего нашей передовой советской гидробиологии, зоологии и океанологии. Достаточно указать, что им опубликовано более 250 научных работ.

Всесоюзное Гидробиологическое общество горячо поздравляет Льва Александровича с юбилеем и желает доброго здоровья еще на многие и многие годы и дальнейшей плодотворной работы на благо советской науки.

Редакция

БИОЛОГИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ, ПРУДОВ И РЕК**П. И. ВЕРТЕБНАЯ****НАБЛЮДЕНИЯ НАД ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ФОТОСИНТЕЗА
И ДЫХАНИЯ ПЛАНКТОНА КЛЯЗЬМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
КАНАЛА ИМЕНИ МОСКВЫ**

В водоемах главным источником образования органического вещества из минерального служит фотосинтетическая деятельность зеленых растительных организмов. Фотосинтез в водоемах с достаточной глубиной идет в основном за счет деятельности фитопланктона.

Процессы синтеза и разрушения органического вещества играют большую роль в самоочищении водоема, а потому изучение их весьма ценно для его санитарной характеристики. С фотосинтезом органического вещества и его распадом в толще воды или на дне связано изменение таких весьма важных свойств воды, как запах, вкус, прозрачность, цветность и т. п.

На основании литературных данных можно сказать, что вопросами фотосинтеза в водоемах интересовались либо физиологи, либо исследователи рыбного хозяйства (Баранов, 1948; Баславская, Русина, 1950; Винберг, 1934, 1937, 1946; Винберг и Кузнецова, 1939; Кузнецов, 1952; Осипов, 1939; Щербаков, 1953 и др.) и в меньшей мере исследователи санитарного состояния водоемов (Драчев и Сосунова, 1953; Демяненко, 1941; Сибиряков, 1951). При этом указанные выше исследователи сосредоточили свои наблюдения главным образом на реках, озерах и прудах и уделяли мало внимания водоемам зарегулированного стока.

В настоящей работе даются итоги наблюдений и изучения интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона, а также динамики продуцентов Клязьминского водохранилища, проведенные автором в Институте общей и коммунальной гигиены АМН СССР с 1945 по 1947 гг. Эта работа является частью обширной проблемы — изучения процессов загрязнения и самоочищения водоемов, в результате разработки которой должны выясниться закономерности процессов обогащения и обеднения воды кислородом.

Цель нашей работы — детально изучить роль фитопланктона в обогащении воды Клязьминского водохранилища растворенным кислородом и участие фитопланктона в процессах самоочищения водоема.

МЕТОДИКА

Наблюдения над интенсивностью фотосинтеза и дыхания планктона Клязьминского водохранилища проводили в восточном плесе у села Осташково в 300 м от левого берега. Эта часть водохранилища почти не проточна. Она находится на большом расстоянии от канала им. Москвы и поэтому не подвержена влиянию вод канала. Глубина водоема в месте наблюдений равна 8—9 м.

Изучение образования органического вещества в процессе фотосинтеза мы проводили методом склянок, разработанным и описанным в некоторых работах Г. Г. Винбергом (1934, 1935, 1939).

При изучении интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона на каждом горизонте устанавливали по две светлых и две затемненных склянки с притертыми пробками объемом около 150 мл. Склянки устанавливали на определенной глубине и заполняли водой, взятой батометром Руттнера с того же горизонта; этой же водой заполняли аналогичные склянки для определения начального содержания растворенного кислорода. Экспозиция длилась одни сутки. Одновременно отмечали температуру воздуха и воды, прозрачность по диску Секки, силу ветра и облачность, а также брали пробы планктона для количественного и качественного учета организмов.

Для изучения фитопланктона исследуемую воду фильтровали через мембранный фильтр с маркой № 4 или 5 (изготовленный заводом мембранных фильтров треста «Мосводопровод»). Водоросли планктона подсчитывали в камере Нажжота емкостью $1/20$ мл. Числа, приводимые для фитопланктона, показывают число клеток водорослей в 1 мл воды.

Наблюдения первичной продукции проводили в разные годы на разных глубинах: а) в 1945 г.— у поверхности, на глубине 1 и 2 м; б) в 1946 г.— у поверхности, на глубине 1, 2, 4 и 8 м; в) в 1947 г.— у поверхности, на глубине 1, 2, 4, 6 и 7 м.

Наблюдения в 1945 г.

Всего было поставлено пять серий опытов (6—7, 12—13, 15—16, 21—22 и 23—24 августа), причем наблюдения носили ориентировочный характер. Лето и осень 1945 г. были холодными и дождливыми. Количество осадков во второй половине лета и осенью значительно превышало многолетнюю норму. Солнечных дней было немного. Температура воды колебалась от 18 до 22°, воздуха от 19 до 23,5°; прозрачность воды — от 220 до 350 см по диску Секки (удвоенная).

В августе 1945 г. особенно во второй декаде цветность воды составляла 42°, рН — 8,6, насыщение растворенным кислородом — 114,6%, биологическое потребление кислорода — 3,23 и содержание аммиачного азота — 0,13 мг/л, тогда как азот нитритов совершенно отсутствовал. Это свидетельствует о том, что жизненные процессы в водохранилище протекали довольно интенсивно. Вода обогащалась кислородом за счет развития фитопланктона и становилась более щелочной. Азота нитратов было меньше, а нитриты иногда совершенно исчезали, тогда как количество аммонийного азота даже увеличивалось за счет разложения макрофитов.

В 1945 г. фитопланктон был не очень богат: максимальное число клеток доходило до 18 000 в 1 мл воды. Наиболее интенсивное развитие фитопланктона наблюдали во второй половине июля. В августе количество водорослей планктона колебалось в пределах 2380—8030 клеток в 1 мл воды. В большинстве случаев в планктоне преобладали сине-зеленые водоросли, главным образом *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Anabaena lemmermannii* P. Richt.

Второе место в количественном отношении занимали протококковые, которые в конце августа стояли на первом месте. Значительную роль в планктоне в это время играли диатомеи. Данные, характеризующие в основных чертах качественный и количественный состав фитопланктона, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и количество фитопланктона в августе 1945 г.

Дата	Глубина, м	Число клеток водорослей в 1 мл воды				Преобладающие водоросли
		диатомей	синезеленые	протококковые	всего водорослей	
6.VIII	0	210	2240	1000	4430	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Ankistrodesmus falcatus
	1	440	2360	1920	6164	
	2	370	660	880	2278	
12.VIII	0	80	6200	1630	8030	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Scenedesmus quadricauda, Melosira italica
	1	240	3060	1260	4880	
	2	140	2430	920	3720	
15.VIII	0	70	2760	140	6190	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii
	1	40	2720	140	3112	
	2	130	2230	20	2380	
21.VIII	0	210	1810	140	6190	Anabaena lemmermannii, Aphanizomenon flos-aquae, Melosira granulata, Pediatrum, Scenedesmus quadricauda
	1	370	4130	280	6830	
	2	1360	1660	550	3530	
23.VIII	0	1320	1310	2640	6620	Melosira granulata, Anabaena lemmermannii, Ankistrodesmus falcatus, Kirchneriella lunaris, Scenedesmus quadricauda
	1	1830	2600	3200	8390	
	2	830	1100	1560	3946	

По данным табл. 2, интенсивность выделения кислорода уменьшается с увеличением глубины; интенсивность потребления кислорода на всех глубинах примерно одинакова.

Таблица 2

Интенсивность фотосинтеза и дыхания планктона в августе 1945 г.

Дата	Глубина, м					
	0		1		2	
	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д
6—7.VIII	1,63	1,44	1,50	1,25	1,31	1,16
12—13.VIII	1,53	1,15	1,91	0,76	0,68	0,77
15—16.VIII	1,23	0,84	0,72	1,53	0,66	0,96
21—22.VIII	2,07	1,07	1,21	1,30	1,07	1,17
23—24.VIII	1,93	0,69	1,91	0,61	1,81	0,61

Примечание. Обозначения здесь и в других таблицах: Ф — интенсивность фотосинтеза в мг O_2 /л; Д — интенсивность дыхания в мг O_2 /л.

Компенсационная точка находилась на глубине 0,25—2 м. Толщина трофогенного слоя в августе 1945 г. была в среднем около 2 м (1,8 м). В 1945 г. толщина трофогенного слоя в Клязьминском водохранилище, как и во многих других водоемах (Винберг, 1937; Осипов, 1939; Баранов, 1948 и др.), была меньше удвоенной величины прозрачности воды, установленной при помощи диска Секки.

Величины интенсивности фотосинтеза и дыхания приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона
Клязьминского водохранилища за август 1945 г.

Глубина, м	Ф	Д	Слой, м	Ф	Д
Предельные значения					
0	1,23—2,07	0,69—1,44	0—1	0,97—1,92	0,65—1,34
1	0,72—1,91	0,61—1,58	1—2	0,69—1,42	0,61—1,26
2	0,66—1,31	0,61—1,16	2—3	0,33—0,66	0,30—0,58
			0—3	1,99—3,68	1,56—3,18

Глубина, м	Ф	Д	Ф—Д	Слой, м	Ф	Д	Ф—Д
Средние значения							
0	1,68	1,04	0,64	0—1	1,56	1,07	0,49
1	1,45	1,10	0,35	1—2	1,18	1,02	0,16
2	0,91	0,93	—0,02	2—3	0,46	0,47	—0,01
				0—3	3,20	2,56	0,64

На основании полученных данных можно сказать, что пределы колебания интенсивности образования и разрушения органического вещества в слое воды от поверхности до глубины 2—3 м были почти одинаковы. Средняя продукция органического вещества в сутки для исследуемого слоя воды (0—3 м) составляла 3,2 г кислорода под 1 м² зеркала воды; интенсивность дыхания или деструкция органического вещества — 2,56 г кислорода под 1 м². Таким образом процесс образования органического вещества за счет фотосинтеза планктона превалировал над процессом деструкции. Вследствие этого баланс органического вещества в слое от поверхности до глубины 3 м был положительным; за сутки он равнялся 0,64 г кислорода под 1 м², или 17,3 т во всем водоеме.

Наблюдения в 1946 г.

В 1946 г. изучение процессов фотосинтеза фитопланктона Клязьминского водохранилища проводили в июле, августе и сентябре.

Лето 1946 г. было значительно теплее и более благоприятное, чем лето 1945 г. Температура воды колебалась в пределах 19—25,8° и воздуха 22—25°. Прозрачность воды 200—230 см по диску Секки.

Более благоприятные метеорологические условия способствовали более интенсивному развитию организмов, населяющих водоем. Наибольшего развития фитопланктон достигал в июле: число водорослей доходило до 44 000 клеток в 1 мл. В августе количество фитопланктона было примерно в два раза меньше. В июле и августе в планктоне преобладали синезеленые водоросли, главным образом *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs и *Anabaena lemmermannii* P. Richt. Синезеленые вызвали в июле цветение воды. Второе место в количественном отношении занимали диатомеи *Melosira* и *Asterionella*. Довольно много было флагеллят и протококковых водорослей. Как и в предыдущие годы, в планктоне Клязьминского водохранилища, главным образом в его центральном плесе, присутствовали перидиниевые водоросли, представленные в основном *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh, *Peridinium cinctum* (O. F. M.) Ehr. и достигшие наибольшего развития в августе. Данные, характеризующие в основных чертах качественный и количественный состав фитопланктона, приведены в табл. 4

Т а б л и ц а 4

Состав и количество фитопланктона в 1946 г. (Число клеток водорослей в 1 мл воды)

Дата	Глубина, м	Диатомеи	Синезеленые	Всего водорослей	Преобладающие водоросли
16.VII	0	475	42 820	43 770	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Fragilaria crotonensis, Dictyosphaerium ehrenbergianum, Melosira italica, Ankistrodesmus falcatus.
	1	480	26 520	27 200	
	2	6380	36 100	42 600	
	4	1080	21 500	22 660	
	8	480	240	720	
22.VII	0	100	41 260	41 500	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Stephanodiscus astraea, Melosira italica, Fragilaria crotonensis, Ankistrodesmus falcatus, Scenedesmus quadricauda
	1	100	28 820	29 100	
	2	1250	52 780	54 120	
	4	4050	18 300	22 350	
	8	350	920	1 350	
31.VII	0	1120	14 010	16 040	Anabaena lemmermannii, Aphanizomenon flos-aquae, Microcystis aeruginosa, Melosira granulata, Stephanodiscus astraea, Fragilaria crotonensis, Nitzschia, Dictyosphaerium ehrenbergianum
	1	1140	15 860	17 130	
	2	1100	12 550	13 750	
	4	1250	9 300	10 760	
	8	74	220	376	
13.VIII	0	810	15 840	17 890	Anabaena spiroides, Microcystis aeruginosa, Aphanizomenon flos-aquae, Melosira granulata, Stephanodiscus astraea, Dictyosphaerium pulchellum, Scenedesmus quadricauda, Mougeotia
	1	1550	18 480	24 560	
	2	990	29 190	31 540	
	4	1940	2 600	5 125	
	8	1480	660	2 430	
21.VIII	0	420	17 380	18 940	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Microcystis aeruginosa, Fragilaria crotonensis, Melosira granulata, Nitzschia, Dictyosphaerium pulchellum, Scenedesmus quadricauda, Mougeotia
	1	550	17 480	18 870	
	2	1310	18 724	21 740	
	4	550	8 170	9 820	
	8	324	210	684	
13.IX	0	2340	930	3510	Melosira granulata, Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Microcystis aeruginosa, Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis, Ankistrodesmus falcatus, Mougeotia
	1	2420	3420	6220	
	2	3250	3612	7220	
	4	1124	1760	3154	
	8	1050	3880	5040	

Т а б л и ц а 5

Интенсивность фотосинтеза и дыхания планктона с 16. VII по 13. IX 1946 г.

Дата	Глубина, м									
	0		1		2		4		8	
	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д
16—17.VII	1,38	0,52	0,74	0,42	0,22	0,42	—0,01	0,31	0,03	0,12
22—23.VII	1,96	1,33	0,60	0,53	0,26	0,91	0,07	0,84	0,20	—
31— 1.VIII	1,95	0,82	1,17	0,92	0,38	0,91	0,00	0,58	0,00	0,85
13—14.VIII	2,36	0,90	1,02	0,90	0,50	0,75	0,17	0,58	—0,16	0,24
21—22.VIII	2,24	0,88	0,64	0,96	0,32	0,96	0,00	0,80	—0,04	0,44
13—14.IX	1,33	0,72	0,61	0,36	0,09	0,27	0,09	0,36	0,18	0,62

На рис. 1 изображен ход кривых среднемесячных величин интенсивности выделения и потребления кислорода в Клязьминском водохранилище по глубинам в 1946 г.

Как видно из рис. 1, интенсивность фотосинтеза по мере углубления резко уменьшается. Компенсационная точка в продолжение всех наблюдений находилась на глубине 0,8—1,7 м. Мощность трофогенного слоя была значительно меньше удвоенной прозрачности воды, установленной при помощи диска Секки. Трофогенный слой в 1946 г. был почти в два раза меньшим, чем в 1945 г.

Величины интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона приведены в табл. 5.

Несмотря на то, что фитопланктона в 1946 г. было значительно больше, чем в 1945 г., образование органического вещества за счет фотосинтеза было значительно меньше. Оно происходило только в слое 0—1 м, так как от массового количества планктона вода была мало-прозрачной и обедненной биогенными веществами, что ослабляло жизнедеятельность водорослей.

Если в 1945 г. процесс образования органического вещества за счет фотосинтеза преобладал в слое 0—3 м над процессом деструкции, то летом 1946 г. баланс органического вещества был отрицателен. Процесс потребления кислорода преобладал над его выделением; в среднем по месяцам: в июле — 80, августе — 140 и сентябре — 55 мг кислорода под 1 м².

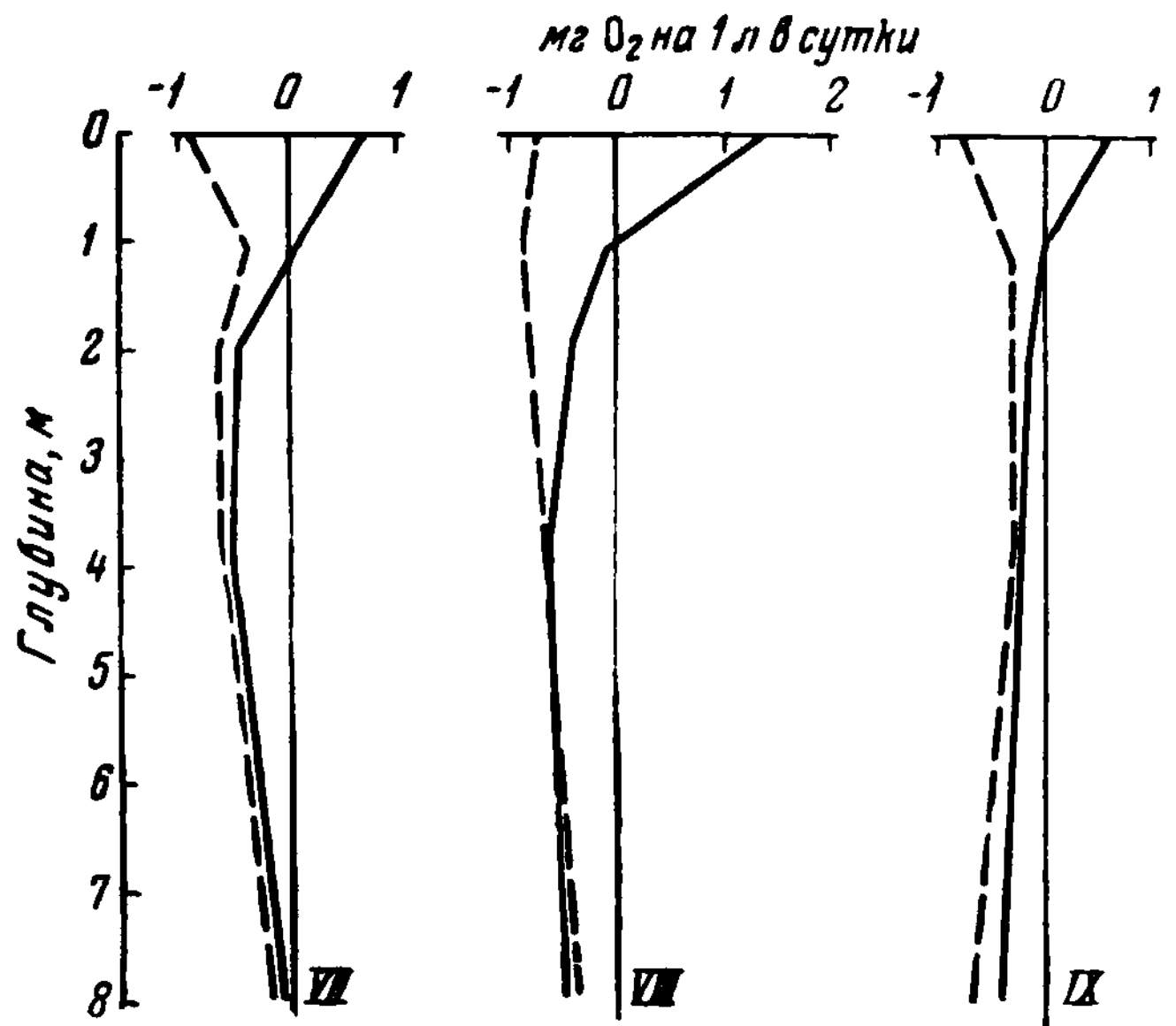


Рис. 1. Среднемесячные величины интенсивности выделения и поглощения кислорода (в мг/л в сутки) в Клязьминском водохранилище в 1946 г. Прерывистая линия — поглощение кислорода, сплошная — выделение кислорода

Таблица 6

Предельные величины интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона в 1946 г.

Глубина, м	Ф	Д	Слой, м	Ф	Д
0	1,33— 2,36	0,52—1,31	0—1	0,84— 1,69	0,47—0,92
1	0,60— 1,17	0,36—0,96	1—2	0,23— 0,78	0,31—0,96
2	0,09— 0,50	0,27—0,96	2—4	0,18— 0,67	0,63—1,76
4	—0,01—+0,17	0,31—0,84	4—8	—0,08—+0,54	0,86—2,48
8	—0,16—+0,18	0,12—0,85	0—8	1,79— 3,14	2,48—6,33

С увеличением глубины интенсивность разрушения органического вещества увеличивается (см. табл. 6 и 7) и, начиная с глубины 2 м, деструкция значительно превалирует над фотосинтезом. В результате этого чистая продукция планктона Клязьминского водохранилища во всей его толще выражалась отрицательными величинами. При этом разрушение органического вещества почти все время происходило со скоростью в два раза большей, чем его образование.

Таблица 7

Средние величины интенсивности фотосинтеза и дыхания планктона в 1946 г.

Глубина, м	Ф	Д	Ф—Д	Слой, м	Ф	Д	Ф—Д
Среднее за июль							
0	1,76	0,88	0,88	0—1	1,29	0,75	0,54
1	0,83	0,62	0,21	1—2	0,56	0,68	—0,12
2	0,28	0,74	—0,46	2—4	0,30	1,31	—1,01
4	0,02	0,57	—0,55	4—8	0,07	2,10	—2,03
8	0,015	0,48	—0,46	0—8	2,22	4,84	—2,62
Среднее за август							
0	2,30	0,89	1,41	0—1	1,57	0,91	0,66
1	0,84	0,93	—0,09	1—2	0,62	0,89	—0,27
2	0,41	0,85	—0,45	2—4	0,49	1,54	—1,06
4	0,08	0,68	—0,60	4—8	—0,04	2,06	—2,08
8	—0,10	0,34	—0,44	0—8	2,72	5,40	—2,68
Среднее за сентябрь							
0	1,33	0,72	0,61	0—1	0,84	0,54	0,30
1	0,36	0,36	0,00	1—2	0,22	0,31	—0,09
2	0,09	0,27	—0,18	2—4	0,18	0,63	—0,45
4	0,09	0,36	—0,27	4—8	0,54	1,96	—1,42
8	0,18	0,62	—0,44	0—8	1,79	3,44	—1,65
Среднее за вегетационный период							
0	1,87	0,86	1,01	0—1	1,24	0,73	0,51
1	0,80	0,68	0,12	1—2	0,50	0,62	—0,12
2	0,31	0,62	—0,31	2—4	0,35	1,16	—0,81
4	0,06	0,54	—0,48	4—8	0,18	2,04	—1,86
8	0,03	0,48	—0,45	0—8	2,27	4,55	—2,28

Наблюдения в 1947 г.

Наблюдения проводились в июне, июле, августе и сентябре.

Лето 1947 г. было теплое, сухое и отличалось сравнительно тихой погодой. Температура воздуха доходила до 28,4°, воды до 24,6°. Прозрачность колебалась от 150 до 250 см по диску Секки.

По данным М. А. Руффель (1948), 1947 год отличался высоким паводком (около 200% нормы), благодаря большому количеству осадков в феврале и марте и сравнительно дружной весне. Кроме повышенного обводнения за счет паводка, подача волжской воды из канала им. Москвы в Клязьминское водохранилище (апрель — октябрь 1947 г.) была значительно больше, чем в предыдущие годы (1945—1946 гг.).

Большое поступление воды в водохранилище способствовало заливанью площадей культурных земель и обогащению водоема биогенными веществами. Последнее при благоприятных летних условиях не могло не повлиять на биологический режим водохранилища.

В 1947 г. фитопланктон был значительно богаче количественно, чем в 1945 и 1946 гг. В 1945 г. максимальное количество фитопланктона доходило до 18 000 клеток/мл, при среднем за вегетационный период количестве в 6600 клеток/мл. (Данные срочных наблюдений над фитопланктоном Клязьминского водохранилища.)

Таблица 8

Состав и количество фитопланктона в 1947 г. (Число клеток водорослей в 1 мл воды)

Дата	Глубина, м	Диатомеи	Синезеленые	Всего водорослей	Преобладающие водоросли
21.VI	0	96	64 680	64 900	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, A. spiroides, Asterionella formosa. Aphanizomenon, Anabaena, Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis, Melosira italica, Ceratium hirundinella, Coelosphaerium naegelianum
	1	174	58 280	58 500	
	2	434	17 460	17 980	
	4	122	13 470	13 620	
15.VII	0	354	32 300	32 900	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Coelosphaerium naegelianum, Microcystis aeruginosa, Melosira granulata, Fragilaria crotonensis, Dictyosphaerium ehrenbergianum, Scenedesmus quadricauda, Ceratium hirundinella, Scenedesmus, Ankistrodesmus, Dictyosphaerium
	1	336	32 480	33 260	
	2	530	22 200	23 180	
	4	580	9 930	10 850	
	6	280	2 940	3 370	
	7	280	1 220	1 650	
24.VII	0	1390	13 800	15 600	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena lemmermannii, Melosira italica, Fragilaria crotonensis, Dictyosphaerium ehrenbergianum, Ankistrodesmus falcatus. Aphanizomenon, Melosira, Coelosphaerium naegelianum, Anabaena, Fragilaria crotonensis
	1	900	7 400	8 540	
	2	680	1 840	2 760	
	4	300	310	790	
	6	176	430	630	
	7	345	—	350	
6.VIII	0	210	2 530	26 960	Aphanizomenon flos-aquae, Anabaena spiroides, A. scheremetievi, Microcystis aeruginosa, Melosira crotonensis, Dictyosphaerium ehrenbergianum, Scenedesmus quadricauda, Ceratium hirundinella
	1	1340	7 720	9 620	
	2	380	3 980	5 160	
	3	1260	1 890	3 590	
	4	530	960	1 920	
	6	330	1 730	2 240	
13.VIII	0	110	36 030	36 360	Anabaena lemmermannii, A. spiroides, Aphanizomenon flos-aquae, Microcystis aeruginosa, Melosira italica, Ceratium hirundinella. Microcystis aeruginosa, Anabaena spiroides, Asterionella formosa, Melosira granulata, Scenedesmus quadricauda
	1	160	25 830	26 200	
	2	80	13 170	13 700	
	3	80	1 470	2 140	
	4	220	1 880	1 850	
	6	200	1 100	2 530	
	7	70	380	550	
21.IX	0	2510	3 470	6 250	Aphanizomenon flos-aquae, Coelosphaerium naegelianum, Melosira italica M. granulata, Dictyosphaerium pulchellum, Mougeotia sp., Melosira italica, M. granulata, M. binderana, Asterionella formosa, Coelosphaerium naegelianum, Microcystis aeruginosa
	1	2320	2 290	4 700	
	2	2180	1 760	4 280	
	3	2010	680	2 870	
	4	2640	990	3 790	
	6	3040	920	4 230	
	7	2490	1 000	3 600	

В 1946 г. наблюдался высокий, но кратковременный максимум в развитии фитопланктона до 65 800 клеток/мл при среднем за вегетационный период количестве в 15 000 клеток/мл.

В 1947 г. уже в мае наблюдалось массовое развитие диатомей, число которых доходило до 17 000 клеток/мл; весенний максимум был выше, чем в первый период наполнения Клязьминского водохранилища. В течение лета, начиная со второй половины июля и до сентября, часто наблюдалось интенсивное развитие синезеленых водорослей, особенно *Aphanizomenon* и *Arhanizomenon*. В среднем за вегетационный период в планктоне насчитывалось 21 300 клеток/мл.

В 1947 г. наблюдалось интенсивное развитие перидиниевой водоросли *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh. и протококковых. В прежние годы наших исследований эти организмы если и достигали заметного развития, то только в июле — начале августа. В 1947 г. церациум появился в заметном количестве уже в июне и вегетировал в течение всего времени наблюдений. Наибольшего развития он достиг в восточном плёсе, т. е. в той части водохранилища, где проводились наши наблюдения над фотосинтезом планктона. В табл. 8 приводятся данные, характеризующие качественный и количественный состав фитопланктона.

Из табл. 8 видно, что основная масса фитопланктона сосредоточена в слое воды от поверхности до 2—3 м.

Данные по интенсивности фотосинтеза и дыхания приведены в табл. 9.

Таблица 9

*Интенсивность фотосинтеза и дыхания планктона
с 24/VI по 22/IX 1947 г.*

Дата	Глубина, м											
	0		1		2		4		6		7	
	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д	Ф	Д
24—25. VI	1,62	1,15	1,46	1,24	1,43	0,60	0,34	0,77	—	—	—	—
15—16. VII	2,53	0,88	2,36	0,62	1,29	0,70	0,17	0,66	0,18	0,53	—	—
24—25. VII	1,52	0,26	1,63	0,34	0,62	0,34	0,00	0,25	0,00	0,09	0,08	0,26
6—7. VIII	2,61	0,96	1,56	0,87	0,41	0,64	—0,24	0,10	—1,72	0,26	0,00	1,02
13—14. VIII	2,39	1,35	1,17	1,29	0,36	1,25	—0,20	0,28	—0,30	0,14	—0,22	0,22
21—22. IX	1,61	0,26	0,60	—0,17	0,60	0,00	—0,09	0,00	0,00	0,00	—0,26	0,25

В 1947 г. в июне-июле падение интенсивности фотосинтеза начинается, как и в Белом озере в Косине (Винберг, 1934), с глубины 1 м, тогда как в августе-сентябре — с поверхности.

Интенсивность дыхания в поверхностном слое колебалась в пределах 0,26—1,35 мг O_2 /л. В большинстве случаев интенсивность дыхания по мере углубления уменьшалась.

Компенсационная точка находилась на глубине от 0,9 до 3,5 м. В июне и июле она находилась на глубинах несколько больших, чем удвоенная прозрачность по диску Секки. В это время мощность трофогенного слоя колебалась от 3,1 до 3,5 м. Аналогичная мощность трофогенного слоя наблюдалась и в сентябре. В августе же компенсационная точка находилась на глубине около 0,8—1,75 м, в среднем 1,25 м. Мощность трофогенного слоя в августе была значительно меньше, чем в остальное время наблюдений (рис. 2).

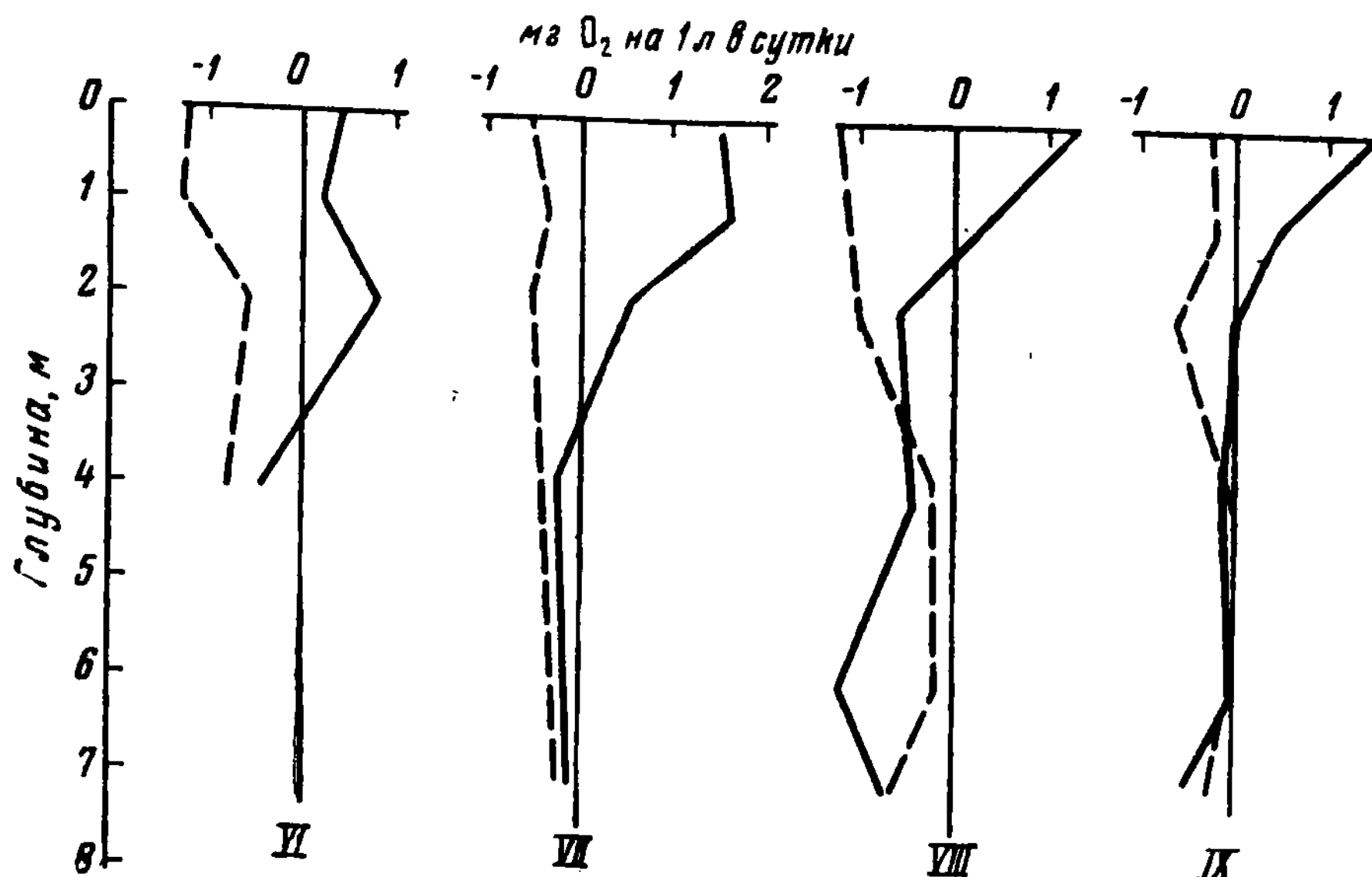


Рис. 2. Среднемесячные величины интенсивности выделения и поглощения кислорода (в мг/л в сутки) в Клязьминском водохранилище в 1947 г.

Обозначения те же, что и на рис. 1

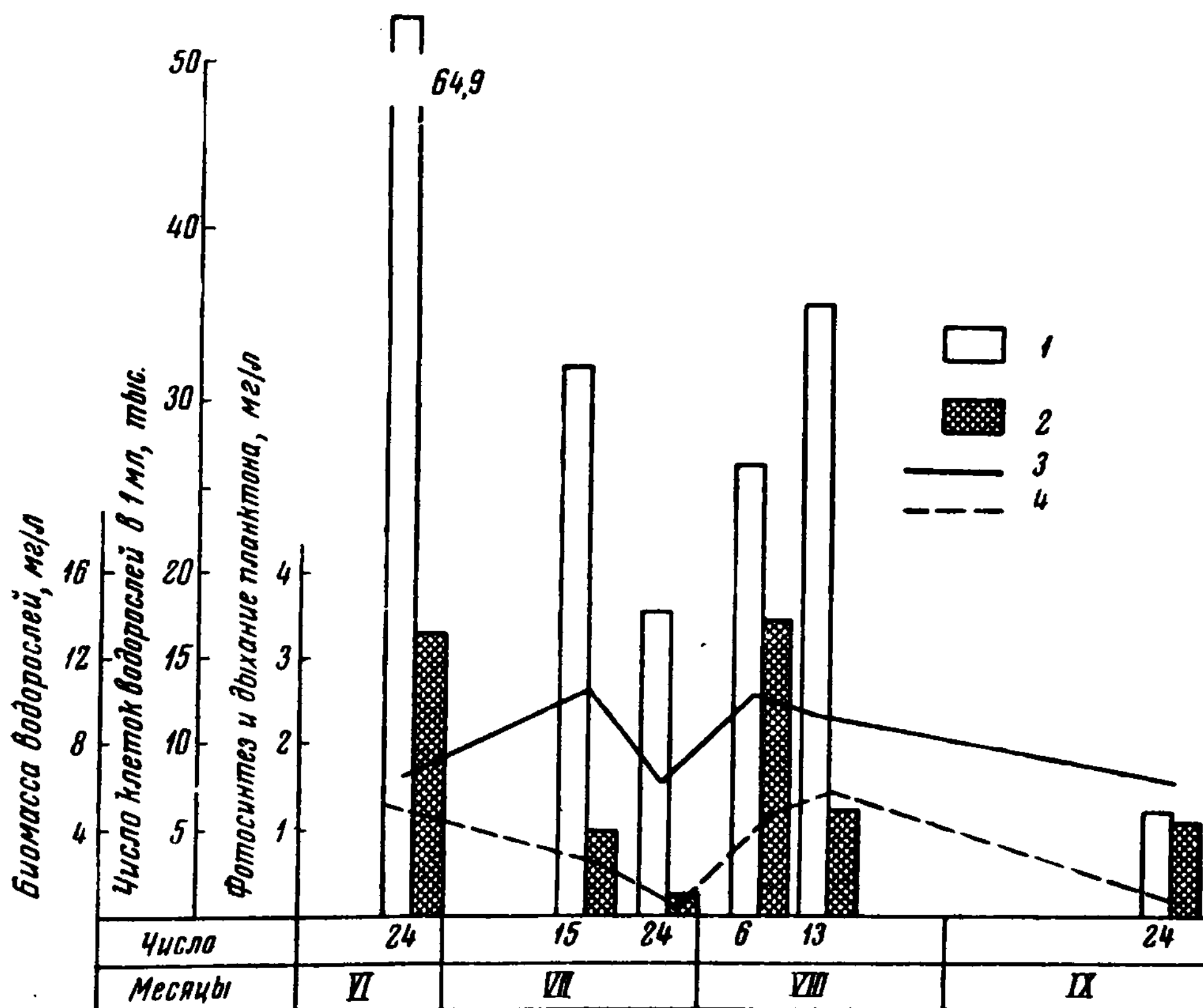


Рис. 3. Соотношение между интенсивностью фотосинтеза и дыхания и количеством фитопланктона в Клязьминском водохранилище в 1947 г.

1 — число клеток водорослей; 2 — биомасса водорослей; 3 — интенсивность фотосинтеза; 4 — интенсивность дыхания

Сопоставление интенсивности фотосинтетических процессов с данными о количестве фитопланктона и его биомассе показывает прямую зависимость между этими показателями. Ход фотосинтетических процессов и изменение биомассы и количества клеток водорослей изображены на рис. 3.

В июне и первой половине июля в водохранилище происходило массовое развитие фитопланктона. В августе водоросли развивались интенсивно, но в воду в большом количестве поступали органические вещества за счет разложения высшей водной растительности и обрастаний, а синезеленые водоросли сосредоточивались в поверхностном слое воды до глубины 2 м и тем самым не давали возможности проникать солнечным лучам в более глубокие слои. Это резко снижало фотосинтетические процессы с глубиной. И в самом деле в августе интенсивность фотосинтеза была равна: для поверхностного слоя воды 2,39—2,61, в среднем 2,5 мг O_2 /л; на глубине 1 м эта величина выражалась числами 1,56—1,17 в среднем 1,36, а на глубине 2 м интенсивность фотосинтеза равнялась десятым долям 0,40—0,36 мг O_2 /л. Тогда как в июне и июле на глубине 2 м интенсивность фотосинтеза равнялась: в июне 1,43, а в июле 1,29 мг O_2 /л. Снижение фотосинтетических процессов в августе явилось результатом и того, что планктон находился в условиях азотного голодания — нитратный азот в водохранилище отсутствовал.

С. К. Осипов (1939) наблюдал аналогичные условия в озерах Южного Урала. В водоемах, которые он обследовал, азот нитратов находился в ничтожных количествах (следы).

Величины интенсивности фотосинтеза и потребления кислорода приведены в табл. 10.

В слое воды от поверхности до глубины 3 м процесс образования органического вещества превалировал над процессом разрушения, и, следовательно, баланс органического вещества был положителен (кроме 13—14.VIII). Под 1 м² поверхности он составлял от 1,9 до 4,98 г кислорода и значительно превосходил баланс 1946 г., так, например, в слое воды 0—3 м он составлял:

—	Год	Ф	Д	Ф—Д
	1946	1,98	1,81	0,17
	1947	3,20	1,93	1,27

В слое воды, который находится ниже 3 м, в большинстве случаев процессы разрушения органического вещества преобладают над процессами его образования, т. е. продукция фитопланктона здесь отсутствует.

Надо отметить, что процессы деструкции органического вещества в 1947 г. протекали менее интенсивно, чем в 1946 г., и в июне, июле и сентябре имела положительная продукция органического вещества в среднем для всего слоя воды от поверхности до дна. Так, в июле чистая продукция в слое 0—7 м составляла 1,64, а в сентябре — 1,10 мг O_2 /л в сутки. Только в августе чистая продукция выражается отрицательной величиной (—2,82 мг O_2 /л). Скорее всего, это происходит, как мы уже и отмечали, потому, что в августе в воду водохранилища усиленно поступают органические вещества от разложения отмерших макрофитов, обрастаний, а также организмов планктона, для окисления которых требуется большое количество кислорода. В среднем за весь вегетационный период 1947 г. чистая продукция выражалась отрицательным числом — 0,24 мг O_2 под 1 дм² в сутки, тогда как эта же величина в 1946 г. равнялась — 2,28 мг O_2 в сутки.

Таблица 10

Предельные величины интенсивности фотосинтеза (Ф) и дыхания (Д) планктона в 1947 г.

Глубина, м	Ф	Д	Слой, м	Ф	Д
0	1,54—2,61	0,26—1,35	0—1	1,10—2,45	0,21—1,3
1	0,60—2,36	—0,17—1,24	1—2	0,60—1,82	0,34—1,27
2	0,04—1,43	0,34—1,25	2—3	0,20—0,71	0,17—0,91
3	0,04—0,17	0,00—0,57	3—4	—0,18—0,21	0,00—0,42
4	—0,23—0,34	0,00—0,77	4—6	—1,96—0,35	0,00—1,19
6	—1,72—0,18	0,00—0,53	6—7	—0,86—0,09	0,17—0,64
7	—0,26—0,08	0,25—1,02	0—7	0,51—6,17	1,04—4,52

Средние величины интенсивности фотосинтеза (Ф) и дыхания (Д) планктона в 1947 г.

Глубина, м	Ф	Д	Ф—Д	Слой, м	Ф	Д	Ф—Д
------------	---	---	-----	---------	---	---	-----

Среднее за июнь

0	1,62	1,15	0,47	0—1	1,54	1,19	0,35
1	1,46	1,24	0,22	1—2	1,44	0,92	0,52
2	1,43	0,60	0,83	2—4	1,77	1,37	0,40
4	0,34	0,77	—0,43	0—4	4,76	3,49	1,27

Среднее за июль

0	2,03	0,57	1,46	0—1	2,01	0,61	1,40
1	1,99	0,48	1,51	1—2	1,47	0,50	0,97
2	0,95	0,52	0,43	2—4	1,03	0,97	0,06
4	0,08	0,45	—0,37	4—6	0,17	0,76	—0,59
6	0,09	0,31	—0,22	6—7	0,09	0,29	—0,20
7	0,08	0,26	—0,18	0—7	4,77	3,13	1,64

Среднее за август

0	2,50	1,15	1,35	0—1	1,93	1,11	0,82
1	1,36	1,08	0,28	1—2	0,82	1,01	—0,19
2	0,38	0,94	—0,56	2—3	0,24	0,71	—0,47
3	0,11	0,49	—0,38	3—4	—0,06	0,34	—0,40
4	—0,22	0,19	—0,41	4—6	—1,23	0,39	—1,62
6	—1,01	0,20	—1,21	6—7	—0,55	0,41	—0,96
7	—0,11	0,62	0,73	0—7	1,15	3,97	—2,82

Среднее за сентябрь

0	1,61	0,26	1,35	0—1	1,11	0,22	0,89
1	0,60	0,17	0,43	1—2	0,60	0,21	0,39
2	0,60	0,60	0,00	2—3	0,30	0,30	0,00
3	0,00	0,00	0,09	3—4	0,00	0,00	0,00
4	—0,09	0,00	—0,09	4—6	—0,09	0,00	—0,09
6	0,00	0,00	0,00	6—7	—0,13	0,12	—0,25
	—0,26	0,25	—0,51	0—7	1,78	0,68	1,10

Среднее за вегетационный период

0	1,94	0,78	1,16	0—1	1,64	0,78	0,86
1	1,34	0,74	0,60	1—2	1,09	0,70	0,39
2	0,84	0,66	0,18	2—3	0,47	0,45	0,02
3	0,10	0,25	—0,15	3—4	0,06	0,30	—0,24
4	0,03	0,35	—0,32	4—6	—0,28	0,52	—0,80
6	—0,31	0,17	—0,48	6—7	—0,20	0,27	—0,47
7	—0,10	0,38	—0,48	0—7	2,78	3,02	—0,24

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наблюдения за интенсивностью фотосинтеза и дыхания планктона Клязьминского водохранилища, проведенные в течение 1945—1947 гг., показали, что образование органического вещества фитопланктона происходит главным образом в слое воды от поверхности до 3—4 м (табл. 11).

Таблица 11

*Изменение фотосинтеза и дыхания с глубиной.
Среднее за вегетационный период*

Слой, м	1946 г		1947 г.	
	Ф	Д	Ф	Д
В мг О ₂ /л				
0—1	1,24	0,73	1,65	0,78
1—2	0,50	0,62	1,10	0,70
2—3	0,15	0,31	0,47	0,46
3—4	0,10	0,35	0,06	0,30
0—4	1,99	2,01	2,28	2,24
В процентах				
0—1	62,3	36,3	50,0	34,8
1—2	25,2	30,8	33,4	31,3
2—3	7,5	15,4	14,2	20,5
3—4	5,0	17,5	1,8	13,4
0—4	100	100	100	100

При этом половина или свыше половины органического вещества образуется в слое воды 0—1 м и 25 или свыше 25% в слое 1—2 м. Ниже 3 м продукция почти отсутствует.

Потребление кислорода так же как и его продукция протекают более интенсивно в слоях воды 0—1 и 1—2 м, т. е. в слоях с более богатым фитопланктоном. Из этого следует, что фитопланктон, будучи главным продуцентом кислорода, является и главным его потребителем.

В литературе имеются указания, что потребление кислорода за счет дыхания зоопланктона незначительно (Щербаков, 1935; Винберг, 1937) и, наоборот, бактерии играют большую роль в потреблении кислорода (Кузнецов, 1952; Разумов и Захарова, 1948). По данным А. С. Разумова и Л. Е. Захаровой, 1 млн. клеток бактерий в Клязьминском водохранилище за 15 дней потребляют 1,8 мг кислорода или 0,12 мг/л за сутки. В 1946 г. в 1 мл воды насчитывалось в среднем около 840 000 бактерий (осредненные данные А. С. Разумова и Л. Е. Захаровой, 1948). Такое количество бактерий использовало около 0,1 мл кислорода за сутки. При этом надо отметить, что в Клязьминском водохранилище с глубиной количество бактерий мало изменяется.

Продукция планктона зависит от самых разнообразных факторов: физико-химического состава воды, числа и вида организмов, их физиологического состояния, освещенности и т. п. Влияние биогенных

веществ на процесс выделения кислорода фитопланктоном показали в своих работах И. В. Баранов (1948) и С. С. Баславская (1953). В. А. Бриллиант (1949), изучая влияние некоторых факторов на фотосинтетические процессы водных растений, установила, что рН больше 7 (а иногда и меньше), как правило, вызывает снижение интенсивности фотосинтеза у всех подопытных растений.

На основании анализа материала, имеющегося в нашем распоряжении, можно сказать, что в августе 1945 г. интенсивность фотосинтеза зависела не только от количества продуцентов, но и от качественного их состава. В начале августа в планктоне, кроме синезеленых, в большом количестве были диатомеи и протококковые водоросли. Такой состав планктона, по-видимому, способствовал повышенной интенсивности фотосинтетических процессов. Один мг водорослей выделял 0,58 мг кислорода в сутки. В двадцатых числах августа фитопланктон стал богаче как в качественном, так и в количественном отношении; вновь появившиеся организмы обладали повышенными физиологическими функциями, а потому и фотосинтетические процессы шли более интенсивно. За сутки один мг фитопланктона выделял 1,36 мг кислорода. В табл. 12 приводятся данные о количестве водорослей и интенсивности фотосинтеза поверхностного слоя воды Клязьминского водохранилища в августе 1945 г.

Таблица 12

Количество водорослей, их биомасса и интенсивность фотосинтеза

Дата	Число клеток водорослей в 1 мл		Вес живых водорослей, мг/л		Интенсивность фотосинтеза, мг O ₂ /л		1 мг водорослей выделяет мг O ₂ /л в сутки
	абсолютная величина	% от максимальной	абсолютная величина	% от максимальной	абсолютная величина	% от максимальной	
6.VIII	4430	55	2,82	95,9	1,63	78	0,58
12.VIII	8030	100	2,87	97,6	1,53	74	0,53
15.VIII	6190	77	1,76	59,8	1,23	59	0,70
21.VIII	6190	77	1,52	51,7	2,07	100	1,36
23.VIII	6620	82	2,94	100	1,93	93	0,65

Из табл. 12 видно, что между интенсивностью фотосинтеза и количеством продуцентов, а также их биомассой нет прямой зависимости. В литературе также имеются указания, что процесс фотосинтеза не всегда стоит в прямой зависимости от числа организмов, находящихся в водоеме (Винберг, 1937; Демяненко, 1941; Сибиряков, 1951; и др.). В некоторых случаях малое число организмов, находящихся в воде, сопровождается большим выделением кислорода. Это подтверждают данные наших наблюдений над фотосинтетическими процессами открытой части Клязьминского водохранилища и его залива.

Качественный состав фитопланктона водохранилища и залива был почти один и тот же. В нем преобладали синезеленые водоросли афанизоменон, анабена и микроцистис. Разница наблюдалась только по внешнему виду водорослей (по их состоянию). В планктоне Клязьминского водохранилища, например, нити афанизоменон были собраны в чешуйчатые пучки, плавающие обособленно друг от друга и ярко окрашенные; они были вполне жизнеспособные; то же можно сказать и о других компонентах планктона, тогда как афанизоменон залива

был менее жизнеспособен. Нити этой водоросли были собраны в сжатые комочки и бледно окрашены.

Величины интенсивности выделения и поглощения кислорода приведены в табл. 13.

Таблица 13

Интенсивность выделения и поглощения кислорода

Место наблюдений	Число клеток водорослей	Биомасса, мг/л	Ф	Д	1 мг водорослей выделяет мг O_2 /л
Водохранилище	38 400	2,40	2,64	0,3	1,10
Залив	40 200	2,60	1,60	0,11	0,62

Данные табл. 13 показывают, что водоросли открытой части водохранилища выделяют большее количество кислорода, чем водоросли, собранные в заливе. 1 мг водорослей водохранилища продуцирует 1,1 мг кислорода. Фитопланктон залива продуцирует значительно меньше кислорода. 1 мг живого вещества выделяет 0,62 мг кислорода. При этом интенсивность фотосинтеза подавляется присутствием большего количества водорослей. Аналогичное явление мы наблюдали у водорослей *Volvox*, *Hydrodictyon*, *Enteromorpha*. С увеличением биомассы водорослей в одном и том же объеме воды интенсивность фотосинтетических процессов снижается.

Ввиду того, что наши наблюдения за интенсивностью фотосинтеза и дыхания планктона Клязьминского водохранилища проводились главным образом в летний период (июнь — сентябрь), мы в праве на основании имеющихся данных подсчитать суммарное выделение и поглощение кислорода во всем водохранилище в среднем за одни сутки летнего периода. Результаты подсчетов приведены в табл. 14.

Таблица 14

Количество выделенного и поглощенного кислорода во всем водохранилище за сутки

Слой, м	1946 г.			1947 г.		
	Ф	Д	Ф—Д	Ф	Д	Ф—Д
В тоннах						
0—1	17,633	10,381	7,352	23,463	11,092	12,371
0—3	24,803	20,989	3,814	42,078	24,642	17,436
0—7	25,747	95,969	—70,216	42,283	37,564	4,719
В процентах						
0—1	69,5	10,8		55,8	29,5	
0—3	96,3	21,3		97,2	65,6	
0—7	100	100		100	100	

По данным табл. 14 видно, что в Клязьминском водохранилище выделение кислорода за счет фотосинтеза происходило преимущественно в слое 0—3 м. В 1947 г. его продукция была выше, чем в 1946 г.

Потребление кислорода в слое 0—3 м происходило интенсивнее в 1947 г., а в слое, расположенном ниже 3 м, — в 1946 г. В 1946 г. количество кислорода, выделяемого при фотосинтезе, было меньше количества расходуемого. Дефицит кислорода выражался большой величи-

ной — 70,216 т в сутки во всем водохранилище. В 1947 г. количество выделенного фитопланктоном кислорода превосходило его потребление на 4,72 т в сутки.

Принимая величину кислородного эквивалента 1,5 и делая соответствующие вычисления, мы переводим продукцию кислорода в органическое вещество планктона (Щербаков, 1953; Скопинцев, 1947).

Таблица 15

Количество органического вещества планктона, образованное в результате фотосинтеза фитопланктона, и его баланс (в тоннах)

Слой, м	1946 г.		1947 г.	
	Продукция			
	валовая	чистая	валовая	чистая
0—1	26,449	11,028	35,194	18,556
0—3	37,204	5,721	63,117	26,154
0—7	38,261	105,324	63,424	7,078

В табл. 15 приведены количества органического вещества планктона, полученные в результате фотосинтеза в Клязьминском водохранилище во всем водоеме в сутки, и его баланс.

ВЫВОДЫ

1. Интенсивность фотосинтеза водной массы Клязьминского водохранилища в разные годы бывает не одинакова. Особенно резко различаются величины чистой продукции. Так, максимальное количество кислорода, выделенного фитопланктоном за сутки в результате фотосинтеза, в 1945 г. составляло 3,7; в 1946 г.—3,14; в 1947 г.—6,1 мг/л под 1 м².

2. Количество синтезируемого органического вещества за счет фотосинтеза фитопланктона достигает в среднем 7,89 г под 1 м² в сутки, с колебаниями от 0,72 до 9,15 г под 1 м² в сутки.

3. Скорость потребления кислорода в большинстве случаев близка к 1 мг/л. Максимальное потребление кислорода за сутки в 1945 г. составляло 1,44, в 1946 г.—1,31, в 1947 г.—1,35 мг/л.

4. В слое воды от поверхности и до глубины 3 м процесс образования органического вещества преобладает над процессом разрушения. Здесь наблюдается прямая зависимость между фотосинтезом и количеством фитопланктона, а также между прямо противоположными процессами — фотосинтезом и потреблением кислорода. Это показывает, что фитопланктон, будучи продуцентом, играл большую роль в потреблении кислорода.

5. В слое воды, расположенном ниже 3 м, процессы разрушения органического вещества преобладают над процессами его синтеза, а потому чистая продукция за счет водорослей планктона здесь отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

- Баранов И. В. 1948. Исследование фотосинтеза в водоемах Силурийского плато Ленинградской области. Вестник ЛГУ, № 7.
Баславская С. С., Кобленц-Мишке О. И., Удалова Л. А., Чистякова Е. А. 1953. Повышение синтеза органических веществ в водоемах путем внесения удобрений. Сб. статей. Изд-во Моск. ун-та.

- Б а с л а в с к а я С. С., Р у с и н а О. Н. 1950. Фотосинтез фитопланктона в степных водоемах. «Докл. АН СССР», т. 71, № 6.
- Б р и л л и а н т В. А. 1949. Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растения. Изд-во АН СССР.
- В и н б е р г Г. Г. 1934, 1935. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания водорослей водной массы озера. Тр. Лимнол. станции в Косине, т. 20, 21.
- В и н б е р г Г. Г. 1937. Интенсивность дыхания коловраток. Бюлл. эксперим. биол. и медиц., т. IV, вып. 5.
- В и н б е р г Г. Г. и К у з н е ц о в а З. И. 1939. Наблюдения над фотосинтезом и дыханием водной массы Глубокого озера. Тр. Лимнол. станции в Косине, вып. 22.
- В и н б е р г Г. Г. 1946. Биотический баланс озер. Док. дисс.
- Д е м я н е н к о В. И. 1941. Влияние инсоляции на содержание растворенного в воде кислорода. «Гигиена и здоровье», № 3.
- Д р а ч е в С. М. 1938. Величина атмосферной реэрации Учинского водохранилища канала Москва-Волга. «Санитарная техника», № 6.
- Д р а ч е в С. М., С о с у н о в а Н. Н. 1953. Превращение органического вещества в загрязненной реке с зарегулированным течением. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. V.
- К у з н е ц о в С. И. 1952. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. Изд-во АН СССР.
- О с и п о в С. К. 1939. Наблюдения над интенсивностью фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. Бюлл. МОИП, т. 48, вып. 2—3.
- Р а з у м о в А. С., З а х а р о в а Л. Е. 1948. Бактериальный планктон Клязьминского водохранилища. Сб. «Загрязнение и самоочищение водоемов». Вып. 1. Изд-во АМН СССР.
- Р у ф ф е л ь М. А. 1948. Дрейфовые течения Клязьминского водохранилища. Сб. «Загрязнение и самоочищение водоемов», вып. 1. Изд-во АМН СССР.
- С к о п и н ц е в Б. А. 1947. О кислородном эквиваленте органических веществ природных вод. «Докл. АН СССР», т. 58, № 9.
- С и б и р я к о в М. А. 1951. К изучению кислородного режима загрязненных водоемов. Тр. АМН СССР, т. X, «Санитарная характеристика водоемов».
- Щ е р б а к о в А. П. 1935. О поглощении кислорода некоторыми планктонными ракообразными. Тр. Лимнол. станции в Косине, вып. 19.
- Щ е р б а к о в А. П. 1953. Продукция органического вещества фитопланктона в Глубоком озере. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, том V.
-

А. И. ИЗЪЮРОВА

**ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА И ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ
КЛЯЗЬМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

(Институт общей и коммунальной гигиены АМН СССР)

Заиление прудов и водохранилищ оказывает существенное влияние на формирование качества воды в них и может определять сроки существования водоемов. Оно связано с образованием донных отложений из нерастворенных веществ, попадающих со всей территории водосбора с талыми и ливневыми водами и в результате размыва берегов, а также накоплением нерастворенных веществ, образующихся в самом водоеме в результате жизнедеятельности организмов.

Нерастворенные вещества находятся в толще воды в виде взвешенных веществ, затем они, постепенно осаждаясь, образуют донные отложения.

При изучении формирования качества воды Клязьминского водохранилища проводились исследования условий его заиления в течение пяти лет (1946—1950 гг.) в районе с. Осташково, где водоем имеет ширину около 1250 м.

В течение всего времени наблюдали за осаждением взвешенных веществ из толщи воды и исследовали донные отложения, накопившиеся за период существования водохранилища.

Взвешенные вещества из толщи воды улавливались при помощи стеклянных воронкообразных сосудов длиной около 20 см и диаметром от 6 до 7,5 см (рис. 1). Такие сосуды привязывали к тросу на расстоянии 1 м один от другого. Трос с сосудами опускали в водоем так, чтобы первый сосуд находился на расстоянии 1 м от поверхности воды.

У самого дна взвешенные вещества улавливались в стеклянные банки, имеющие высоту 25 см и диаметр 10 см, которые помещали в ящике, установленном на дне водохранилища. Ящик имел ножки высотой 25 см для того, чтобы при установке ящика с сосудами взмучивание дна было меньшим.

В последний год наблюдений, кроме двух больших сосудов, находящихся на уровне 0,5 м от дна, к приделанным боковым отросткам ящика подвешивались еще две пол-литровые банки с таким расчетом, чтобы они стояли непосредственно на дне.

Наблюдения за взвешенными веществами в толще воды и в придонном слое проводили в трех пунктах при глубине водоема 5,8, 8,0 и 13,0 м. Пункт с глубиной 5,5 м находился на расстоянии 150 м от низменного лугового берега, пункт с глубиной 8 м — в 200 м от размываемого песчаного берега, а пункт с глубиной 13 м в 100 м от укрепленного фашиной и камнем крутого берега. Все три пункта находились на левой стороне водохранилища, имеющего значительно большую

глубину, чем правая сторона. Наиболее характерна для данного района глубина 8 м; в этой точке наблюдения проводили в течение трех лет. В двух других точках опыты ставили только летом, в период выпадения основной массы осадков. Летом сосуды опускали в водоем на 18—30 дней, зимой — на один-два месяца.

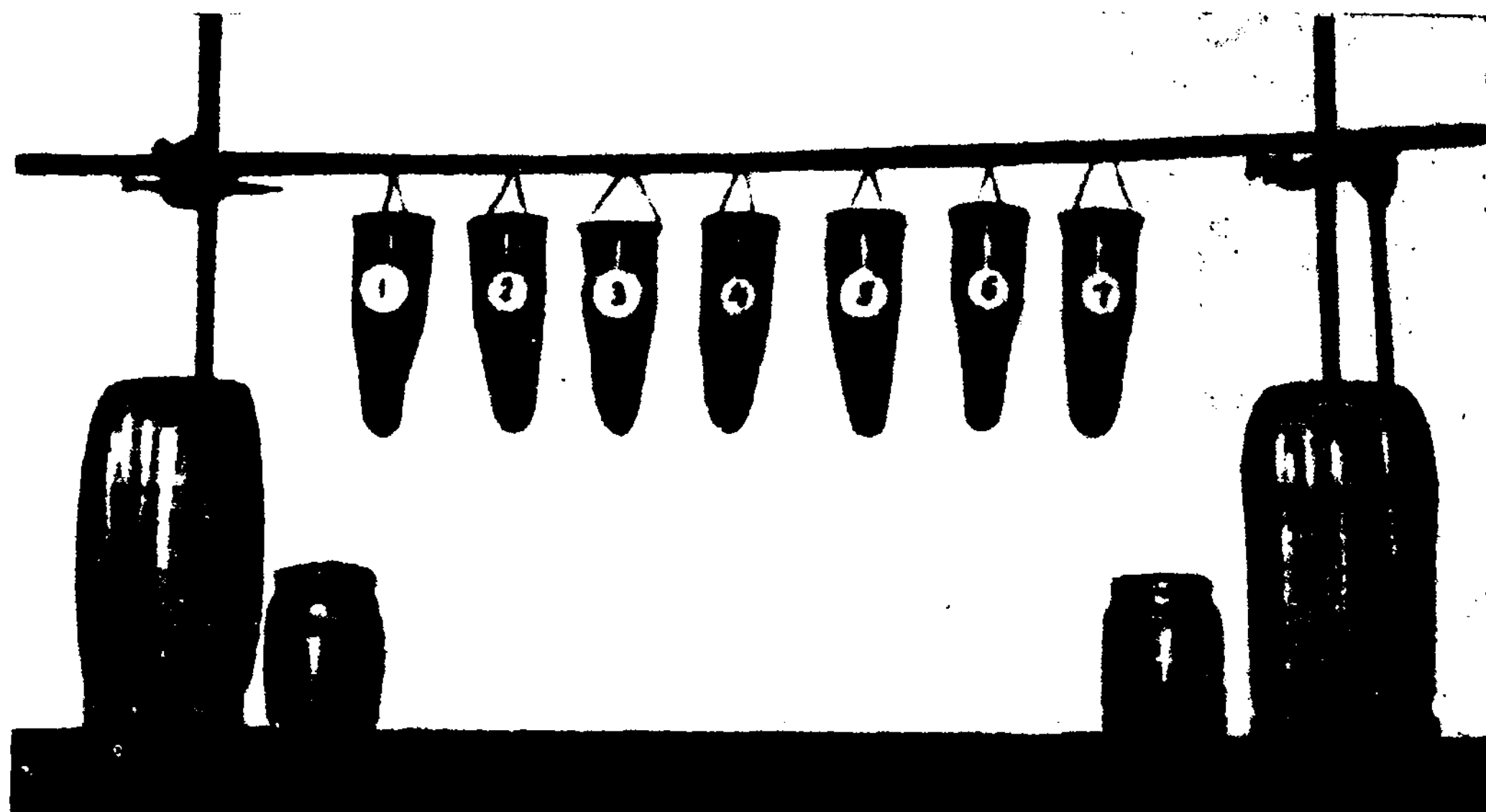


Рис. 1. Сосуды для сбора взвешенных веществ

Определение веса осадка в сосудах проводили после высушивания до постоянного веса при 105° ; количество органического вещества определяли после потери веса при прокаливании (табл. 1).

Таблица 1

*Количество осевшей взвеси (в г сухого вещества под 1 м² в сутки)
(1947—1948 гг.)*

Глубина, м	Январь	Март	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	0,05	0,11	4,2	—	6,6	29,0	13,3	14,7
2	0,06	0,10	4,8	6,9	8,0	20,6	17,5	16,0
3	0,09	0,07	5,7	—	5,2	25,7	16,6	16,2
4	0,07	0,13	—	8,7	6,1	26,8	14,4	17,9
5	0,07	0,25	—	9,0	5,9	26,5	17,8	18,4
6	0,09	0,29	—	10,2	7,9	22,8	14,7	—
7	0,12	—	—	10,6	5,7	—	20,1	18,8
7,5	0,91	1,0	21,9	38,1	24,4	66,9	63,0	30,5
8	—	—	22,9	38,3	40,1	82,4	—	—

Из приведенных данных видно, что количество взвешенных веществ как в толще воды, так в придонном слое сильно изменяется во времени.

В зимний период, когда водохранилище находится под льдом, образуется очень мало осадков. За полтора-два месяца осадок еле прикрывает дно сосудов. Весной, с наступлением паводка количество осадков увеличивается в сотни раз (до 500); увеличение продолжается еще и в июне, так как главная масса паводочных вод попадает в район с. Осташково, где ставились опыты, только в июне. В июле наблю-

дается небольшое уменьшение количества осадков. К осени (август, сентябрь и октябрь) количество взвешенных веществ увеличивается в три-четыре раза по сравнению с весенними и летними месяцами. Наибольшее количество взвеси наблюдается в августе; в некоторые годы (в зависимости от метеорологических условий) — в сентябре.

Содержание органических веществ во взвеси в среднем равно 12%. По сезонам года оно изменяется довольно сильно. Наибольшее количество органических веществ наблюдается в зимний период, когда их содержание в верхних слоях доходит до 20%, а в нижних даже до 30%. В летнее время содержание органических веществ колеблется от 7,2 до 23,0%, сильно увеличиваясь после цветения водоема. Содержание органических веществ в донных осадках Клязьминского водохранилища в 1938 г., по данным Н. К. Дексбаха (1939), колебалось в пределах 12,8—14,8%.

В пробах взвеси, взятых на различной глубине, содержание органических веществ неодинаково, что, очевидно, указывает на разложение органического вещества по мере опускания. По данным М. А. Кастальской-Карзинкиной (1935), планктонные организмы при летней температуре воды разлагаются в течение шести-семи дней.

Казалось бы, что каждый следующий ниже сосуд должен улавливать осадки всех верхних слоев воды и соответственно этому в нем должно быть большее количество взвеси. Однако увеличение количества взвешенных веществ с глубиной не имеет строгой закономерности и в некоторые месяцы нами почти не наблюдалось такого увеличения.

Данные об изменении количества взвешенных веществ с глубиной в связи с температурным режимом водоема в летний период представлены в табл. 2.

Таблица 2

Количество осевших взвешенных веществ
при различной температуре воды водоема

Глубина, м	23.VI—12.VII		14.VII—2.VIII		4.VIII—23.VIII		1.VII	20.VII	10.VIII
	Сухое вещество, г/м ²	Органическое, %	Сухое вещество, г/м ²	Органическое, %	Сухое вещество, г/м ²	Органическое, %	Температура воды °С		
1	13,8	—	99,5	14,4	23,7	17,5	20,4	20,8	20,6
2	32,8	7,2	87,0	14,4	45,2	16,9	20,6	20,5	19,9
3	28,5	12,1	124,9	15,0	45,2	20,8	—	—	—
4	132,4	8,1	113,2	15,1	46,6	22,8	20,3	20,2	18,8
5	36,9	15,1	177,2	14,0	53,3	23,0	—	—	—
6	49,6	14,7	145,5	14,5	79,4	18,6	15,3	19,7	18,3
8	—	—	—	—	—	—	13,9	16,6	17,2

Сопоставление количества осевшей взвеси с данными о температуре воды показывает, что слою большего накопления осадков соответствует понижение температуры в нижележащем слое воды. С изменением температуры воды изменяется ее плотность, при этом над более плотным слоем наблюдается накопление взвешенных веществ. Большей разнице температуры между слоями воды соответствует и большее количество взвешенных веществ.

Разница температуры сказывается не только на общем количестве взвеси, но и на количестве органических веществ. Последние в большем количестве накапливаются не в слое, соответствующем большому количеству осадка, а в лежащем выше слое, указывая тем самым, что

взвешенные вещества разделяются в водоеме также и по удельному весу.

С. И. Кузнецов (1939) на Белом и Глубоком озерах наблюдал наибольшее число бактерий в слое температурного скачка; по-видимому, это обстоятельство также объясняется накоплением в нем взвешенных

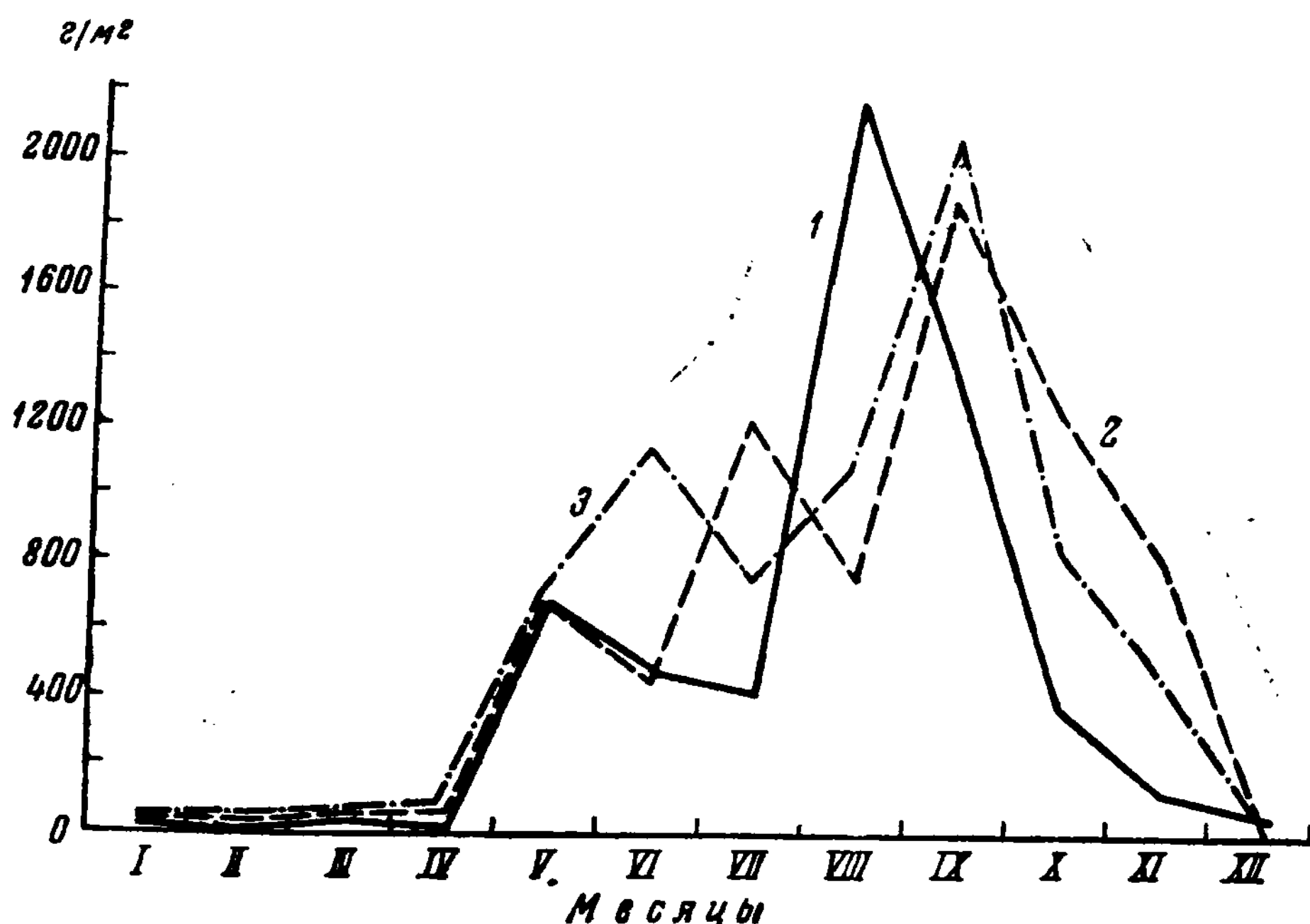


Рис. 2. Осаждение взвешенных веществ (в г/м²) в придонном слое на станции с глубиной 8 м.

1 — 1946 г.; 2 — 1947 г.; 3 — 1948 г.

веществ, так как скопление бактерий очевидно происходит на твердом субстрате, а не в чистой воде.

К осени при наступлении гомотермии отмеченного явления не наблюдается. В это время происходит постепенное увеличение количества взвешенных веществ с увеличением глубины.

При разных глубинах водоема распределение взвешенных веществ оказалось неодинаковым. При 13-метровой глубине нами было отмечено скачкообразное увеличение количества взвешенных веществ, на глубине 9 м (с 24,0 до 36,6 г/м² — в сентябре), после которой повышение количества взвеси шло более равномерно.

Особенно сильное увеличение количества осевшей взвеси отмечали в сосудах, поставленных на дно (136,5 г/м²). На Клязьминском водохранилище в районе с. Осташково характерная глубина водоема 7—8 м. Только в бывшем русле р. Клязьмы она доходит до 12—13 и редко 15 м. Мы проводили наблюдения в бывшем русле реки. Поскольку сильные изменения количества взвешенных веществ начинаются с глубины 9 м, возникает вопрос — падают ли они только в вертикальном направлении вследствие своей тяжести и, дойдя до дна, остаются здесь, или у дна переносятся горизонтальными потоками. Сильное повышение количества взвешенных веществ в последних четырех сосудах, подвешенных к тросу и поставленных на дно, можно объяснить только придонным течением.

Данные об осаждении взвеси в придонном слое представлены на рис. 2.

Подсчитывая сумму донных осадков, получаем, что количество осадков по годам изменяется от 5736 до 7493 г/м² и в среднем составляет 6814 г абсолютно сухого вещества на 1 м² площади дна. Из этого количества на зимние месяцы падает только 100—150 г, а вся остальная масса приходится на летний период.

Данные об осаждении взвешенных веществ в придонном слое за летние месяцы на разных глубинах представлены в табл. 3.

Таблица 3

Осаждение взвешенных веществ в придонном слое при
разных глубинах водохранилища
(в г под 1 м²)

Глубина, м	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Всего
1947 г.					
5,5	533	1100	520	1611	3764
Среднее за 1946—1948 гг.					
8	690	795	1359	1763	4607
1948 г.					
13	2124	1159	2334	4096	9713

Видно, что количество взвеси увеличивается с глубиной водоема.

Располагая данными об осаждении взвешенных веществ в придонном слое за год и за четыре летних месяца на станции с глубиной 8 м, можно по аналогии подсчитать, какое количество осадков выпадает за год и по другим глубинам. На станции с глубиной 8 м за четыре летних месяца осадки составляли 68% от их годового количества. Подсчет осадков с применением этого коэффициента на других станциях показывает, что на глубине 5,5 м выпадает 5,55 кг, на 8 м — 6,81, на 13 м — 14,3 кг над 1 м² в год. Количество донных осадков на 13-метровой глубине по сравнению с 8-метровой возрастает в два с лишним раза.

Л. Л. Россолимо (1950) объясняет причину выпадения большого количества осадков на глубоких местах «трансседиментацией», т. е. перемещением осадков вследствие их взмучивания с тех частей дна, где они были отложены ранее.

В летний период, когда в водоеме происходят сильные волнения, взмучивание осадков с мелких мест и перенос их в более глубокие места вполне возможен, но в зимний период, когда водоем находится подо льдом в спокойном состоянии, такого перемещения осадков ожидать нельзя.

Для того, чтобы проверить, как происходит выпадение взвешенных веществ в придонном слое на различных глубинах водохранилища в зимний период, мы провели наблюдения в течение зимы 1949/50 г.

Ящики с сосудами для улавливания донных осадков ставили на глубине 4,8 и 12 м. Станции эти располагались на поперечном разрезе через водоем. Первая из них находилась в 75 м от левого берега, вторая — в 150 м и третья — в 300 м. В течение зимы опыты ставили три раза. Продолжительность их была от 34 до 48 дней. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4

Количество осевших взвешенных веществ в придонном слое
на различной глубине водохранилища в зимний период

Глубина	Количество осевших взвешенных веществ, г/м ²			Потери от прокаливания, %		
	с 12.XII по 17.I (34 сут.)	19.I—7.III (48 сут.)	9.III—12.IV (34 сут.)	12.XII—17.I	19.I—7.III	9.III—12.IV
4 м						
0,5 от дна	25,8	13,0	32,1	23,0	17,3	11,7
дно	24,2	18,7	67,0	20,3	15,9	10,0
8 м						
0,5 от дна	12,5	22,8	33,5	24,7	21,9	22,4
дно	30,8	27,1	72,4	16,3	19,1	19,5
12 м						
0,5 от дна	61,3	77,4	153,4	16,6	17,3	17,1
дно	120,7	75,0	158,1	13,5	16,0	16,8

Примечание. После ледостава (25.XI) до постановки опыта прошло 17 дней; водоем находится в спокойном состоянии.

Как видно из табл. 4, количества взвешенных веществ выпадающих в придонном слое на различной глубине водохранилища, сильно различаются между собой при разных наблюдениях, хотя во всех случаях увеличиваются с глубиной (в первом опыте на глубине 4 м в сосудах найдено по два-три ручейника, так что полученные величины осадков не отвечают действительности). Однако увеличение количества осадка происходит не пропорционально увеличению глубины. Соотношения глубин изменяются как 1:2:3, а соотношения количества осадков в сосудах, стоявших на дне, как 1:13:4, а в сосудах, стоявших на 0,5 м от дна, как 1:1:4,5 (по средним данным из трех сроков). Большое количество осадка, которое наблюдается на 12-метровой глубине, по-видимому, объясняется приносом взвеси придонными течениями.

На основании полученных данных можно указать время появления придонных потоков и высоту, на которую они распространяются. Из табл. 4 также видно, что наименьшее количество осадков выпадает в середине зимы, больше после ледостава и еще больше в конце зимы, перед паводком. Большое количество осадков после ледостава можно объяснить осаждением еще не успевшей осесть летней взвеси. Увеличение осадков в весенний период можно объяснить лишь существованием придонных течений, которые усиливаются к весне при повышении температуры воды у дна и особенно в глубоких местах водоема.

Взвешенные вещества, выпадающие в придонном слое в разные сезоны года, отличаются по цвету и запаху.

Цвет прокаленных осадков изменялся от рыжего до почти черного в зависимости от содержания в них железа и марганца. Общее содержание железа в осадках в летний период колебалось от 2,6 до 4,3%, а марганца от 0,46 до 0,61%. Зимой содержание железа повышалось до 9,07%, а содержание марганца колебалось от 4,03 до 10,45%.

При осенней гомотермии и в начале зимы запах осадков был слабым — типа землистого и рыбного. К весне он становится тинистым, затхлым; в летний период, в зависимости от степени кислородной стратификации, от слабо- до сильногнилостного.

Наряду с изучением динамики осаждения взвешенных веществ мы, как указывалось выше, изучали донные отложения.

Донные отложения, накопившиеся за 12 лет существования Клязьминского водохранилища, собирались путем взятия проб донных монолитов. Пробы брали на поперечном разрезе через водоем в районе с. Осташково. При этом предполагали охватить разные глубины водоема и выяснить влияние берегов: левого — крутого и правого — мелкого, неразмываемого. Для сравнения донные монолиты брались также и в Осташковском заливе.

Пробы брали стеклянными трубками длиной до 30 см с диаметром 2,2 см. Эти трубки под водой медленно и осторожно втыкали в вертикальном направлении в дно водоема и вырезали монолит с ненарушенным строением ила и почвы. Трубки вместе с монолитом медленно вытаскивали из грунта, закрывали с обоих концов пробками и поднимали наверх. Эту работу производили водолазы. Всего было отобрано семь проб в водохранилище и три в заливе. В каждой точке брали две параллельные пробы.

Монолиты донных отложений в водоеме имели высоту от 15 до 25 см. Они отличались ясной слоистостью: три-четыре слоя в каждом. Верхний слой монолита оливкового цвета представлял собой тонкий донный ил, накопившийся за 12 лет. Окраска его на мелких местах водоема была более светлой, а на глубоких — более темной. Он имел студенистый характер, чем и отличался от почвенного грунта. На границе почвенного слоя и донного ила скапливаются более крупные частицы донного осадка-песка. Почвенный слой отделяется от илового довольно ясной, не успевшей еще разложиться дернинкой или скоплением мелких частей веточек, листочков и т. п. Из почвенного слоя во многих монолитах на глубине 10—12 см от поверхности торчат корешки травянистой, а иногда и древесной (в заливе) растительности. Остатки растений довольно хорошо сохранились. В иле через лупу можно видеть небольшие ходы донных животных.

Распределение донных отложений по дну водохранилища неодинаково: высота осадка изменяется в зависимости от глубины водоема и состояния берегов (табл. 5).

Таблица 5
Распределение донных отложений в водохранилище и в заливе

	Залив			Водохранилище						
	расстояние от кута, м			расстояние от левого берега, м						
	50	200	450	30	100	210	500	850	1000	1100
Глубина воды, м	1,7	3,0	5,5	4,5	8,0	12,5	9,5	8,3	5,5	3,5
Высота осадка, см	1,0	6,7	6,0	7,0	7,0	7,0	10,0	3,5	5,5	3,5
Сухой остаток, кг/м ²	23,6	41,8	96,0	53,0	46,5	36,6	49,8	11,9	33,7	19,1
Содержание песка, %	11,1	31,1	22,1	37,1	24,4	31,8	4,7	21,4	35,8	45,4
Содержание органического вещества, %	5,97	5,34	7,33	3,62	5,52	6,81	8,24	13,62	4,42	3,68
Содержание углерода, %	2,60	2,28	3,35	1,31	2,35	2,98	3,06	6,16	1,74	1,42

Наибольшая высота донных отложений (10 см) наблюдается в середине водоема при глубине 9,5 м; наименьшая (3,5 см) на правом мелком берегу и средняя величина между ними (7 см) на левом песчаном размываемом берегу. Остальные точки имеют переходные величины в зависимости от глубины водоема.

В соответствии с этим меняется и весовое количество донных отложений. Большое количество осадков обнаруживается на середине водохранилища (49,3 кг/м²), наименьшее — на правом берегу — 19,1 кг/м², а на левом берегу оказалось наибольшее количество — 53 кг/м², что объясняется профилем водоема, состоянием берегов и близостью залива, из которого выносятся в водоем большое количество донных илов. Левый берег водохранилища, как уже указывалось, песчаный размываемый и крутой. Глубина воды в 30 м от берега равна уже 4,5 м, в 100 м — 8 м, а в 200 м — 12,5 м. Очевидно, что песчаная взвесь, получающаяся при размыве берегов, осаждается поблизости. Дальше, по мере удаления от берега вес сухого осадка донных отложений уменьшается, также уменьшается и содержание в нем песка за счет увеличения роли мелких илистых частиц.

Следует остановиться на пробе, взятой на глубине 12,5 м, где содержание песка не соответствует закономерному понижению его значения к середине водоема. Глубина 12,5 м проходит по бывшему руслу реки, но проба, очевидно, была взята не в самом русле, а несколько выше последнего — на берегу, в бывших зарослях, о чем можно судить по количеству древесных остатков на границе илового и почвенного слоев.

В середине водоема, в 500 м от левого берега наблюдается наибольшее количество осадка, состоящего в основном из мелких илистых частей. Пески составляют здесь всего 4,7%. Далее, по мере приближения к правому берегу вес осадка постепенно снижается, а содержание песка, наоборот, закономерно увеличивается.

Содержание песка во взвеси в летний период колебалось от 0,2 до 64%, причем на станции с 8-метровой глубиной, которая находится в 200 м от песчаного берега, содержание песка в среднем составляло 20%, а на станции с глубиной 13 м — около 5%. Во взвеси, собранной в придонном слое, содержание песка было небольшим — от 0,1 до 2,6%.

Наибольший интерес представляет картина содержания в донных отложениях органического вещества и углерода. Оно постепенно и вполне закономерно увеличивается от берегов к середине водоема. Содержание органического вещества в донных отложениях у берегов равно 3,6%, а в середине водоема доходит до 8,24%, углерод в отложениях у берегов составляет 1,3%, а в середине водоема — 3,1%. Лишь проба, взятая на глубине 8,3 м, выделяется по содержанию органического вещества. Это объясняется тем, что подстилающим слоем донного ила в этом случае был торф.

Залив, в котором для сравнения были взяты пробы донных отложений, имеет длину около 600 м. Первая треть его узкая и мелкая — глубина 3 м. Дальше залив принимает чашеобразную форму с глубиной от 4 до 5,5 м, а к устью он несколько суживается и в этом месте имеет глубину до 7,5 м. Берега покрыты лесом, причем левый берег крутой и при переходе к широкой части — обнаженный, песчаный. В куту залива имеется большой овраг, по которому весной текут талые воды. В летний период мелкие места залива сильно зарастают высшей водной растительностью. Количество донных отложений сильно увеличивается от кута залива к устью (табл. 5). Содержание органического

вещества в осадках увеличивается в том же направлении. Это вполне понятно, так как происходит смыв легких иловых частиц весенними талыми водами к устью залива и даже вынос их в водохранилище. Содержание песка в донных отложениях залива оказалось ниже, чем в водохранилище, так как берега его покрыты лесом. Небольшой участок обнаженного песчаного берега несколько повышает содержание песка в осадках, указывая тем самым на большое значение размываемых берегов.

При сравнении донных отложений водохранилища и залива видно, что осадки в заливе за период существования водохранилища накопились в значительно большем количестве, чем в открытой части и содержат большее количество органических веществ. Количество донных отложений в устье залива почти в два раза превышает самое большое количество их в середине водохранилища.

В соответствии с приведенными выше расчетами количества оседаемой за год взвеси можно было предположить, что за 12 лет количество донных отложений при средней глубине водоема (5,7 м) составит $58,2 \text{ кг/м}^2$, из которых 7,0 кг или 12% составят органические вещества. В действительности же за 12 лет накопилось только $38,3 \text{ кг/м}^2$ донных отложений с содержанием органических веществ — 5,08% или $2,0 \text{ кг/м}^2$; т. е. фактическое количество отложений оказалось почти на 30% меньше, чем это следовало бы, если бы превратилась в осадок вся взвесь, обнаруженная в воде. Объяснить это различие только разложением органических веществ взвеси нельзя, так как последних не так много. Вероятнее, что условия взятия проб взвешенных веществ привели к преувеличению их действительного количества. В частности, преобладание северо-западных ветров, вызывающих сильный размыв берега в местах взятия проб, видимо привели к локальному образованию большого количества взвеси. Могло сказаться также и влияние залива, так как место станции находилось приблизительно в 300 м от его устья. Кроме того, возможно попадание в опытную банку не только тех взвешенных веществ, которые опускаются сверху, но и тех, которые несутся в глубь водоема по дну.

Содержание органического вещества в донных отложениях по сравнению в оседающей на дно взвесью меньше в 2,4 раза. Оставшееся в донных отложениях органическое вещество, по-видимому, представляет собой малоразлагающееся соединение типа лигнина. Не только в донных отложениях, но даже в свежесажженной взвеси органические вещества представляют собой значительно разложившиеся соединения, так как при стоянии в условиях комнатной температуры они за два года теряли 2% органических веществ.

В планктоне водоема, по данным Б. А. Скопинцева (1947), 70—80% органического вещества относится к нестойкому веществу, время окисления которого исчисляется от нескольких дней до двух месяцев, 20—30% относятся к стойким веществам, на окисление которых требуется срок до нескольких месяцев и более.

При окислении биохимическим путем органических веществ, содержащихся в недавно осевших осадках, при полном их разложении расходовалось 3,75 г кислорода на 100 г абсолютно сухого вещества. При окислении же хромовой смесью расходовалось 12 г, т. е. в 3,2 раза больше (работу проводила Е. Ф. Кононова). Причина несовпадения этих величин может быть объяснена тем, что при химическом окислении таким сильным окислителем, каким является насыщенный раствор двухромовокислого калия, органические вещества разрушаются полностью.

При бактериальном процессе органические вещества доводятся до труднорастворимых соединений и на этом этапе процесс обычно останавливается.

Для сравнения со скоростью заиления Клязьминского водохранилища приведем данные Б. М. Яснова и Я. С. Лисовского (1939) по водохранилищам Донбасса. Проведенное ими обследование водохранилищ Карловского, Ольховского, Луганского и Волынцевского через семь лет после их заполнения показало, что средняя толщина донных отложений в них колебалась от 28 до 34 см, т. е. скорость осадконакопления составляет от 4 до 5 см за год. В отдельных случаях толщина осадка достигала 40 и 60 см и как исключение — 80 и даже 150 см. Толщина донного ила зависела от формы чаши водохранилища, уклона местности и расхода воды. Наибольшее количество осадков отлагалось в верховьях водохранилищ. Содержание органического вещества в донных отложениях колебалось от 10,2 до 15,9%. По данным Д. О. Свиренко (1938), в Днепровском водохранилище, в нижней части, имеющей глубину до 56 м, толщина донных отложений за два года достигала величины 24—71 см. Этот ил весенними паводочными водами частично смывался. Заиление водохранилищ, находящихся в горных местностях, как указывает Г. И. Шамов (1939), происходит еще быстрее; высота осадка за три года достигает иногда 3 м.

Содержание органического вещества в илах, в зависимости от места нахождения водохранилища, также сильно изменяется. По данным С. И. Кузнецова, Г. А. Сперанской, В. Д. Коншина (1939) содержание органического вещества в донных отложениях большинства озер колеблется от 60 до 40%. В водохранилищах же содержание органического вещества значительно ниже.

ВЫВОДЫ

1. Осаждение взвешенных веществ из воды происходит неодинаково в разные сезоны года. Зимой за сутки выпадают сотые доли грамма на 1 м² дна. Летом выпадение осадков происходит в значительно больших количествах до 5 г/м². Особенно много выпадает их осенью, в августе-сентябре (до 25 г/м²).

2. Количество находящихся в воде взвешенных веществ в период гомотермии обычно увеличивается с глубиной, но летом, в период значительной стратификации водных слоев наблюдается задержка взвешенных веществ выше слоя температурного скачка.

3. Содержание органических веществ в водной взвеси в среднем равно 12%. Оно колеблется по сезонам от 7,9 до 23%.

4. Чем глубже водоем, тем больше накапливается там осадков. При глубине водоема в 5,5; 8,0 и 13 м количество взвешенных веществ, собранных в придонном слое, равнялось 5,55; 6,81 и 14,3 кг/м² дна за год.

5. Распределение донных отложений по дну водохранилища зависит от состояния берегов и глубины водоема. Наибольшее количество донных отложений накапливается в самых глубоких местах водоема и у размываемых берегов.

В заливе накопление их происходит в значительно большем количестве и с более высоким содержанием органических веществ, чем в открытом водохранилище.

6. Содержание органического вещества в донных отложениях постепенно увеличивается от берегов к середине водоема, изменяясь от 3,62 до 8,24%. Содержание песка, наоборот, постепенно уменьшается, колеблясь от 4,7 до 45%.

ЛИТЕРАТУРА

- Дексбах Н. К. 1939. Клязьминское водохранилище канала Москва-Волга в 1937—1938 гг. Бюлл. МОИП, отдел биологич., вып. 4.
- Кастальская-Карзинкина М. А. 1935. Опыт применения метода учета живых и отмерших компонентов в изучении планктона озера Глубокого. Тр. Лимнолог. станции в Косине, вып. 19.
- Кузнецов С. И. 1939. Определение интенсивности поглощения кислорода из водной массы озера за счет микробиальных процессов. Тр. Лимнолог. станции в Косине, вып. 22.
- Кузнецов С. И., Сперанская Г. А., Коншин В. Д. 1939. Состав органического вещества в иловых отложениях различных озер. Тр. Лимнолог. станции в Косине, вып. 22.
- Россолимо Л. Л. 1950. Некоторые данные по илонакоплению в Ивановском водохранилище системы канала им. Москвы. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. II.
- Свиренко Д. О. 1938. Днепровское водохранилище. Вестник днепропетровск. гидробиол. ст., т. 3.
- Скопинцев Б. А. 1947. Скорость разложения органических веществ отмершего планктона. «Докл. АН СССР», № 8.
- Шамов Г. И. 1939. Заиление водохранилищ. М., Гидрометиздат.
- Яснов Б. М. и Лисовский Я. С. 1939. Заиленность водохранилищ Донбасса. «Водоснабжение и сантехника», № 9.
-

Н. М. ВОРОНИНА

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗООПЛАНКТОНА В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Несмотря на то, что в последнее время гидробиологи уделяют много внимания вопросам формирования и распределения фауны вновь создаваемых водоемов, имеется сравнительно мало сведений о вертикальном распределении зоопланктона в водохранилищах. Для Рыбинского водохранилища по этому вопросу имеется лишь указание Е. И. Киселевой, относящееся к 1946 и 1948 гг. (Киселева, 1954).

Материалом для настоящей статьи послужили сборы во время летних рейсов экспедиции Дарвинского Государственного Заповедника и Зоологического Музея МГУ по биосъемке северной части Рыбинского водохранилища в июле-августе 1952 и 1953 гг. и некоторые дополнительные наблюдения в июле 1954 г. Пробы брали малой сетью Джели всегда в дневное время в спокойную погоду. Всего мы обработали 19 станций (53 пробы) с фракционными ловами; 15 станций, где наряду с тотальными брали поверхностные пробы, а также 30 поверхностных проб планктона. Камеральную обработку материала проводили обычным способом.

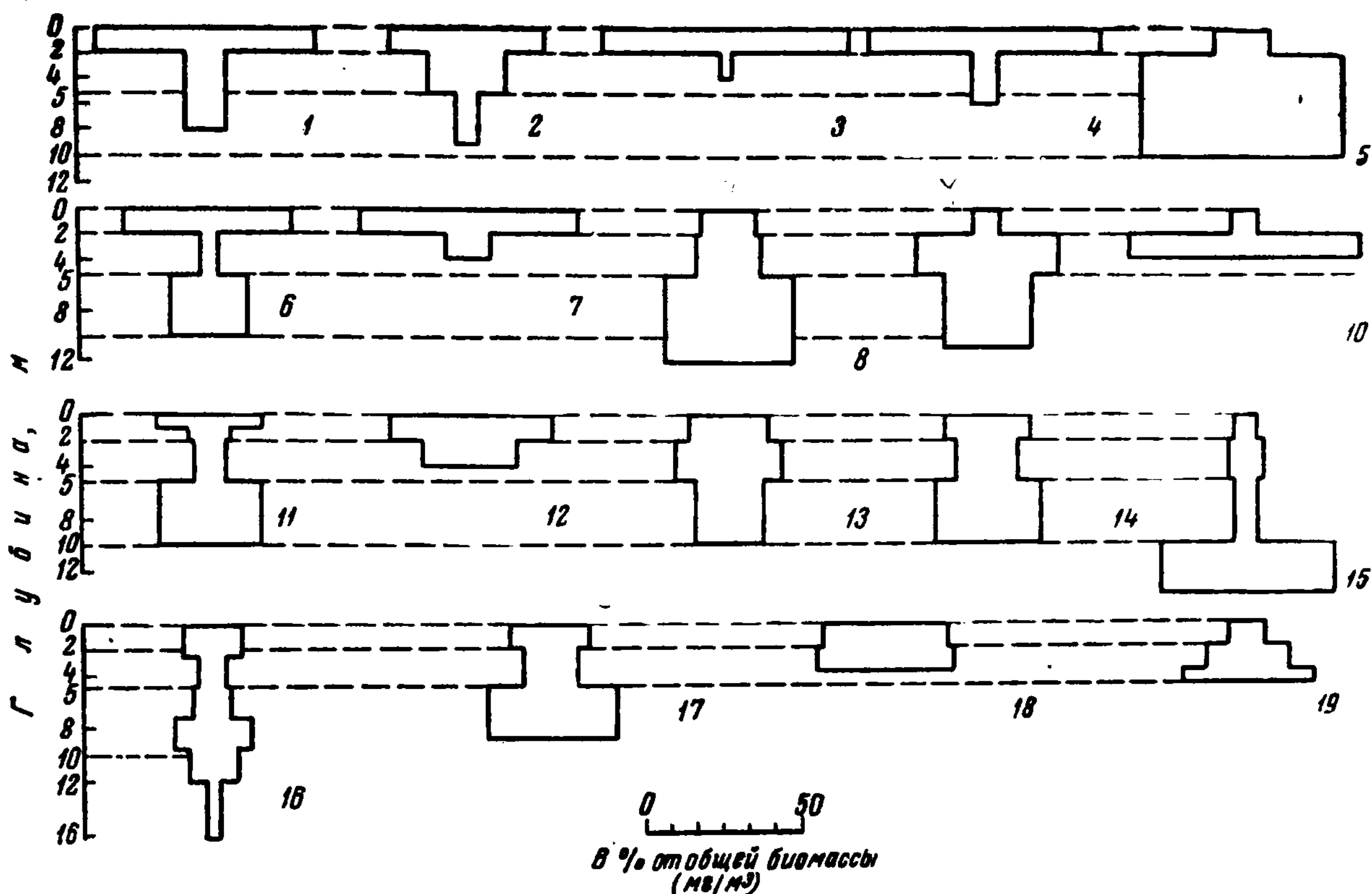
Полученные данные о количестве животных переводили на вес по таблицам Ф. Д. Мордухай-Болтовского (1954).

Наши наблюдения на водохранилище относятся к двенадцатому — четырнадцатому году его существования. В этот период, по данным Н. И. Аничковой (1950, 1951), в этом водоеме отсутствовала значительная химическая стратификация; дефицита кислорода у дна не наблюдалось. Температурный режим характеризовался почти полной гомотермией (максимальная разница между поверхностным и придонным слоем составляла лишь 2° С). В течение всех трех лет работ в летнее время происходило интенсивное цветение синезелеными водорослями с преобладанием *Aphanizomenon*; прозрачность воды на станциях не превышала 1, 5 м.

Основная доля в летний биомассе зоопланктона Рыбинского водохранилища, как уже указывалось в некоторых работах по этому водоему, принадлежит: *Daphnia longispina hyalina*, *Limnoscia frontosa*, *Bosmina coregoni*, *Chydorus sphaericus*, *Leptodora kindti*, *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides*, *Diaptomus gracilis* и *D. graciloides*. Подробные сведения о их распределении по сезонам и районам опубликованы нами ранее (Воронина, 1959). В той же статье дана подробная карта района работ.

Все данные о распределении зоопланктона в процентах от общей биомассы по материалам фракционных ловов представлены на рисунке.

Из рисунка видно, что вертикальное распределение зоопланктона летом чрезвычайно разнообразно. Качественный анализ материала



Вертикальное распределение зоопланктона летом 1952—1954 гг.
в % от биомассы (мг/м³)

1 — русло р. Шексны у дер. Лапоть 25.VII 1952; 2 — русло р. Шексны у дер. Дор 26.VII 1952; 3 — на затопленной левобережной пойме у с. Вычелова, ст. I, 28.VII 1952; 4 — там же, ст. II, 28.VII 1952; 5 — русло р. Шексны на Коротовском разрезе 28.II 1952; 6 — русло р. Шексны против Максы, 30.VII 1952; 7 — залив у Горлова, 30.VII 1952; 8 — русло р. Шексны против дер. Ильинское 2.VIII 1952; 9 — русло р. Мологи у Борка 31.VIII 1953; 10 — затопленная левобережная пойма у Красных Лук 31.VIII 1953; 11 — русло р. Мологи у устья р. Себлы 1.VIII 1953; 12 — у о. Песчаного 1.VIII 1953; 13 — в устье р. Сити 2.VIII 1953; 14 — русло р. Мологи у Прозорова 1.VIII 1953; 15 — русло р. Мологи у Брейтова 2.VIII 1953; 16 — русло р. Мологи у о. Первомайки 19.VIII 1953; 17 — русло р. Мологи у Борка 17.VII 1954; 18 — затопленная левобережная пойма р. Мологи у Борка 17.VII 1954; 19 — русло р. Лоши 24.VII 1954

дает также пеструю картину, причем характер распределения отдельных массовых видов не всегда совпадает с распределением общей биомассы планктона. Так, например, 28.VII 1952 г. у с. Вычелова, где ярко выраженный максимум общей биомассы находился в поверхностном слое, на станции I *D. longispina hyalina* резко преобладала в слое 2—0 м, достигая здесь 1164 мг/м³, тогда как в слое 4—2 м количество ее составляло всего лишь 10 мг/м³, рядом же, на станции II биомасса *D. longispina hyalina* в слоях 2—0 и 6—2 м была довольно сходной (582 и 429 мг/м³), а поверхностный максимум биомассы объясняется концентрацией здесь *L. frontosa*. Распределение *L. kindti* на станциях у с. Ильинского и против дер. Дор имело поверхностный, а на станциях у сел Горлово и Вычелова придонный максимум. *L. frontosa* на станциях у сел Вычелова, Горлово, Коротово преобладала в верхних, а в руслах Лоши и Мологи против Борка — в нижних слоях воды. Столь же неоднородно было распределение и других видов зоопланктона.

Чем может быть вызвано такое разнообразие?

Основными факторами, определяющими вертикальное распределение зоопланктона, являются температура (Воронков, 1913; Ruttner, 1914; Steleanu, 1953 и др.) и свет (Ruttner, 1909; Naber, 1933; Cushing, 1951,

и др.). Дефицит кислорода и растворенные в воде газы могут сильно ограничивать распространение рачков в глубине (Боруцкий, 1951; Карандеева, 1953). В тех водоемах, где существует стратификация пищевых ресурсов (наннопланктона, триптона), они могут иметь большое значение для вертикального распределения их потребителей (Захваткин, 1932; Боруцкий, 1951). Наконец, говоря о вертикальном распределении определенных видов зоопланктона, следует учитывать их возрастной состав: как правило, если половозрелые рачки имеют придонный максимум, их молодь концентрируется в поверхностных слоях воды и наоборот (Cushing, 1951). Наконец, отрицательное влияние на поверхностные скопления планктона могут оказывать ветровые волнения, вызывающие опускание рачков в нижние горизонты (Colditz, 1914; Southern and Gardiner, 1926 и др.). Однако в нашем случае этого не наблюдалось (Воронина, 1959).

Какие же из этих факторов могли вызвать описанные выше различия в вертикальном распределении зоопланктона в Рыбинском водохранилище? Как уже указывалось, метеорологические условия, освещение и температура были на всех станциях сходными. Кислородный дефицит во время работ не наблюдался. Качественный состав планктона был на всех станциях одинаков. Для некоторых видов пестрота в вертикальном распределении была в равной мере присуща и молодым и половозрелым особям. Трудно предположить, чтобы причиной наблюдавшейся неоднородности был и пищевой фактор, так как она была свойственна представителям различных пищевых групп: тонким и грубым фильтраторам, хищникам и седиментаторам.

Таким образом, внешние условия на всех станциях представляются очень сходными, и объяснить ими различия в распределении планктона нам не удалось. Сравнение наших материалов с литературными данными по вертикальному распределению общей биомассы планктона в озерах средних глубин также не способствовало решению вопроса. В большинстве случаев различные авторы для летнего времени описывают поверхностный максимум, обусловленный преобладанием в обследованных ими озерах тепловодно-стенотермных видов, которые сосредоточиваются в эпилимнионе. Это наблюдается в озерах Переславльском, Глубоком (Кастальская-Карзинкина, 1934, 1937), Ладожском (Соколова, 1935), Онежском (Поливанная, 1950), в некоторых Мещерских озерах (Россолимо, 1928) и др. Наряду с этим существуют примеры иного распределения, обусловленные температурным или пищевым факторами (Воронков, 1913; Мануйлова, 1954). Различия в распределении зоопланктона на разных участках одного водоема описаны для Иваньковского водохранилища (Себенцов, Биск, Мейснер, 1940), где наблюдается различная проточность. В Рыбинском водохранилище этот фактор не может иметь существенного значения, так как вне паводка максимальная скорость течения не превышает 0,02—0,06 м/сек и резко падает с глубиной, а на широких участках даже не всегда улавливается приборами (Аничкова, в печати).

При внимательном рассмотрении имеющихся материалов можно свести все наблюдающееся разнообразие к трем типам: I — распределение с поверхностным максимумом; II — распределение с придонным максимумом; III — распределение переходного типа с преобладанием планктона в средних слоях воды, либо с двумя (поверхностным и придонным) максимумами. При таком обобщении результатов обращает на себя внимание изменение характера распределения планктона во времени. Так, в 1946 и 1948 гг., согласно Е. И. Киселевой (1954, стр. 26), «планк-

тон в водохранилище концентрировался главным образом в верхнем слое воды (0—2 м)». Случаи с иным распределением не отмечены, видимо они не наблюдались автором. В 1952 г. поверхностный максимум был свойствен большинству станций, однако, наряду с ним наблюдались случаи с распределением второго и третьего типа. В 1953 и 1954 гг. последние приобрели основное значение. Сведя все материалы воедино, получаем следующую картину вертикального распределения зоопланктона летом по годам (табл. 1).

Таблица 1

Летнее вертикальное распределение зоопланктона Рыбинского водохранилища по годам (в % от числа станций)

Год	Тип распределения		
	поверхностный максимум	переходный	придонный максимум
1946, 1948*	100	—	—
1952	63	12	25
1953	12	63	25
1954	—	33	68

* По Е. И. Киселевой, 1954.

Из табл. 1 видно, что с 1948 по 1952 г. число станций с поверхностным максимумом уменьшилось от 100 до 63, а в 1953 г.— до 12%. Одновременно резко возросло количество станций с иным вертикальным распределением зоопланктона.

Данные за 1953 г. подкрепляются сравнением поверхностных и тотальных ловов на 15 станциях. По этому материалу лишь в 20% случаев поверхностные количества планктона превышали средние концентрации его для всей толщи воды. Кроме того, из 30 поверхностных проб, взятых на разных участках Шекснинского отрога летом 1953 г., лишь в одной обнаружено количество рачков, близкое к среднему количеству их для всего столба воды. На остальных 29 станциях поверхностный слой был населен крайне бедно. Все эти материалы свидетельствуют о том, что характер вертикального распределения планктона за годы наблюдений изменился коренным образом. Статистический анализ результатов подтвердил достоверность смены поверхностного максимума распределением иного типа. Однако данные за 1954 г., по которому имеется всего три станции, недостаточны для вывода о переходе основной массы планктона к придонному максимуму, как это можно было бы заключить из последней графы табл. 1.

Анализ распределения отдельных видов выявляет ту же смену характера распределения по годам: максимумы всех массовых форм проявляют тенденцию к исчезновению из поверхностного слоя. Но скорость этого процесса различна у разных видов. Наиболее ранний уход с поверхности наблюдался у диаптомуса, который уже в 1946—1948 гг., по указанию Е. И. Киселевой, являлся единственным видом, встречающимся иногда в значительных количествах глубже 2 м. Интересно отметить, что у копеподитных стадий этих рачков сохранилось преобладание поверхностного максимума и в 1953 г. Раннее опускание наблюдалось также и для *Bosmina coregoni*, которая в 1952 г. преобладала в горизонте 2—0 м лишь в 29%, а в 1953 г.— в 25% случаев. Уход из верхнего слоя *Daphnia longispina hyalina*, *Chydorus sphaericus* и коловраток (последние учтены здесь суммарно) происходил на наших глазах. Так

дафния характеризовалась поверхностным максимумом в 1952 г. на 63, хидорус — на 83, а коловратки — на 100% станций, а в 1953 — на 12, 34 и 38% станций соответственно. В противоположность им, у *Limnospida frontosa* и *Leptodora kindti* и в 1953 г. преобладал поверхностный максимум.

Сравним полученные результаты с данными по другим среднерусским водохранилищам. На Учинском водохранилище на второй и третий год после его затопления (1937—1938 гг.) работал В. М. Рылов (1941), показавший на большом материале, что основная масса зоопланктона (71—88%) сосредоточивалась в это время в слое 2—0 м. Через семь лет Е. В. Боруцкий (1949) обнаружил существенное изменение характера вертикального распределения зоопланктона в этом водоеме: колебания количества организмов в верхнем горизонте достигали гораздо большего размаха (26—79%), а общее количество их в среднем не превышало 43%.

По другим водохранилищам имеются данные, относящиеся лишь к первым годам их существования. Так, Е. С. Неизвестнова-Жакина (1941), начавшая работать на Иваньковском водохранилище через три месяца после его затопления (1937), указывала, что при отсутствии термической стратификации основная масса зоопланктона концентрировалась в верхнем горизонте толщиной менее 1 м, а в слое 4—2 м количество его снижалось в десятки и сотни раз. Для слабопроточных участков этого же водоема В. М. Себенцов, Д. И. Биск, и Е. В. Мейснер (1940) по летним сборам 1937 и 1938 гг. отмечали преобладание рачков главным образом в верхних слоях воды и четкую приуроченность к этим слоям коловраток. По данным В. М. Рылова (1941), в июне — сентябре 1937 г. в условиях гомотермии в поверхностных горизонтах Пяловского и Пестовского водохранилищ сосредоточивалось соответственно 65,0—73,4 и 76,9—87,9% организмов. К сходным выводам относительно Цимлянского водохранилища пришла Н. М. Лившиц (1954). Видимо, приуроченность подавляющей массы зоопланктона к узкому поверхностному слою толщиной 1—2 м является общей чертой равнинных водохранилищ в летнее время в первые годы после их образования. Причем характерно, что нередко такая картина наблюдается при отсутствии термической стратификации — основного фактора, обуславливающего подобное распределение в озерах.

Без специальных стационарных наблюдений трудно ответить на вопрос о причине этого явления, а главное — о причине смены характера распределения зоопланктона в Рыбинском и, по-видимому, Учинском водохранилище. Наиболее вероятно, что основная роль здесь принадлежит химическим факторам. Известно, что после затопления водохранилища залитые почвы и растительность оказывают очень интенсивное воздействие на химизм главным образом придонных слоев воды. В результате этого происходит насыщение воды марганцем и сероводородом и возникновение кислородного дефицита (Муравейский, 1937; Берзин, 1934; Драчев и др., 1939; и Кудрявцев, 1950). Влияние грунтов наиболее сильно летом и ослабевает с годами. Так, А. В. Францев (Францев, 1939; Францев и Лебедева, 1941) показал для Учинского водохранилища уменьшение мощности бескислородного слоя и слоя, содержащего высокие концентрации марганца, а также сокращение времени их существования между периодами весеннего и осеннего перемешивания от 1936 к 1938 г. Но в Рыбинском водохранилище влияние грунтов и почвенной растительности на газовый режим продолжалось и в 1948 г. — восьмом году существования водохранилища (Н. А. Мосевич, М. В. Мосевич,

1954) и должно было прекратиться лишь после образования изолирующего слоя ила, на что, по расчетам Д. А. Ласточкина (1947), требовалось около десяти лет.

Данные о летнем поверхностном максимуме зоопланктона в Учинском и Рыбинском водохранилищах совпадают с периодом усиленного влияния почв, которое, видимо, и явилось причиной, ограничивающей максимальное количество животных верхним горизонтом. (Иной характер распределения зоопланктона, отмечавшийся в некоторых водохранилищах в другие сезоны, может быть объяснен осенней и весенней циркуляцией и ослаблением взаимодействия между водой и залитой почвой в зимнее время). Мы не имеем никаких данных для суждения о том, какие именно вещества играли основную роль в этом процессе. Возможно это был марганец, ядовитое действие которого на водные организмы неоднократно отмечалось в литературе. После устранения такого «химического неблагополучия» (Жадин, 1950) руководящая роль в распределении зоопланктона переходит к другим факторам. Для Рыбинского водохранилища можно предположить, что опускание из поверхностного слоя основной массы рачков и коловраток, наблюдавшееся после 1948 г., было обусловлено светом, так как все остальные факторы, способные оказывать влияние на вертикальное распределение животных, как было показано выше, не имеют в этом водоеме вертикальной стратификации.

ЛИТЕРАТУРА

- Аничкова Н. И. 1950. Гидрохимический режим Моложского отрога Рыбинского водохранилища за 1948—1950 гг. Дарвинский Госзаповедник. Рукопись.
- Аничкова Н. И. 1951. Некоторые черты гидрологического и гидрохимического режима северной части Рыбинского водохранилища, имеющие значение в жизни рыб. Тр. Дарвинского Госзаповедника, т. 2.
- Берзин А. И. 1934. Водохранилища Донбасса. В сб. «Водохранилища для питьевого и промышленного водоснабжения». ВОДГЕО, М.
- Боруцкий Е. В. 1949. К вопросу о формировании зоопланктона Учинского водохранилища канала им. Москвы. «Зоол. журн.», т. 28, № 1.
- Боруцкий Е. В. 1951. К вопросу о цикличности и сезонных миграциях планктонных ракообразных в озерах. Цикличность и миграции *Diaptomus graciloides* в Белом озере. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. III.
- Воронина Н. М. 1958. О влиянии ветра на горизонтальное распределение зоопланктона. «Зоол. журн.», т. 37, вып. 12.
- Воронина Н. М. 1959. Горизонтальное распределение зоопланктона в северных отрогах Рыбинского водохранилища, Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. IX.
- Воронков Н. В. 1913. Планктон пресных вод. М.
- Драчев С. В., Карельская Г. К., Брук Б. С., 1939. Влияние затопленных почв на гидрохимический режим водохранилищ. Бюлл. МОИП, т. 48, вып. 4.
- Жадин В. И. 1950. Жизнь в искусственных водоемах. «Жизнь пресных вод», т. 3.
- Захваткин А. А. 1932. К познанию суточных вертикальных миграций байкальского зоопланктона. Тр. Байкальск. лимнол. ст., т. 2.
- Карандеева О. Г. 1953. О вертикальном распределении и суточных миграциях ракообразных в пруду Госселекстанции. Сб. «Водоемы гос. лесной полосы...», М.
- Кастальская - Карзинкина М. А. 1934. Количественный и весовой учет планктона Переславльского озера. Тр. Лимнол. станц. в Косине, вып. 17.
- Кастальская - Карзинкина М. А. 1937. Опыт применения метода учета живых и отмерших компонентов в изучении планктона Глубокого озера. Тр. Лимнол. станц. в Косине, вып. 21.
- Киселева Е. И. 1954. Планктон Рыбинского водохранилища. Тр. Проблемн. и тематич. совещаний Зоол. ин-та АН СССР, вып. 2.
- Кудрявцев Д. Д. 1950. Материалы к гидрохимической характеристике Волжского отрога Рыбинского водохранилища. Тр. биол. станц. Борок, вып. 1.
- Ласточкин Д. А. 1947. Рыбинское водохранилище. «Природа», № 5.
- Лившиц Н. М. 1954. Планктон Цимлянского водохранилища по летним сборам 1952 г. Изв. ВНИОРХ, т. 34.

- Мануйлова Е. Ф. 1954. Некоторые данные о динамике численности ветвистоусых рачков в связи с термическим и пищевым факторами. Тр. Проблемн. и тематич. совещаний Зоол. ин-та АН СССР, вып. 2.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д. 1954. Средние веса водных беспозвоночных. Тр. Проблемн. и тематич. совещаний Зоол. ин-та АН СССР, вып. 2.
- Мосевич Н. А. и Мосевич М. В. 1954. Гидрохимический режим Рыбинского водохранилища. Тр. Проблемн. и тематич. совещаний Зоол. ин-та АН СССР, вып. 2.
- Муравейский С. Д. 1937. Материалы по биологической продуктивности водохранилищ. Истринское водохранилище. «Зоол. журн.», т. 16, № 6.
- Неизвестнова-Жакина Е. С. 1941. Планктон Иваньковского водохранилища. Тр. Зоол. ин-та, т. 7, вып. 1.
- Поливанная М. Ф. 1950. Материалы к познанию зоопланктона Онежского озера. Канд. дисс. Петрозаводск.
- Россолимо Л. Л. 1928. Материалы по гидрологии и планктону некоторых водоемов Мещерской низменности. Тр. Лимнол. станц. в Косине, вып. 7—8.
- Рылов В. М. 1941. Зоопланктон Учинского водохранилища. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 7, № 1.
- Себенцов Б. М., Биск Д. И., Мейснер Е. В. 1940. Динамика планктона и бентоса Иваньковского водохранилища в первые годы существования. Тр. Воронежск. отд. ВНИПР, т. 3, вып. 2.
- Соколова М. М. 1935. Планктон Ладожского озера в районе Осиновецкого маяка. Тр. Петергофск. биол. ин-та, № 13-14.
- Францев А. В. 1939. Химические изменения Учинского водохранилища за первые 3 года его существования. Бюлл. МОИП, т. 48, вып. 4.
- Францев А. В., Лебедева С. К. 1941. Химизм воды Учинского водохранилища. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 7, вып. 1.
- Colditz U. 1914. Beiträge zur Biologie des Mansfelder Sees mit besonderer Studien über das Centrifugenplankton und seine Beziehung zum Netzplankton der pelagischen Zone. Ztschr. f. wiss. Zool., Bd. 108.
- Cushing D. H. 1951. The vertical migration of planktonic Crustacea. Biol. Rev., 26, 158.
- Naber H. 1933. Die Schichtung des Zooplanktons in holsteinischen Seen und der Einfluss des Zooplanktons auf Sauerstoffgehalt der bewohnten Schichten. Arch. Hydrob., Bd. 25, 1.
- Ruttner F. 1909. Über täglichen Tiefenwanderungen unter dem Eise und ihre Abhängigkeit vom Lichte. Int. Rev., Bd. 2.
- Ruttner F. 1914. Die Verteilung des Planktons in Süßwasser Seen. Fortschr. der nat. Forschung, Bd. 10.
- Southern R., Gardiner A. 1926. The seasonal distribution of the Crustacea of the plankton in Lough Dery and the river Shannon. Dep. Fisher. scient. investig., N 1.
- Steleanu A. 1953. Zum Problem der Beeinflussung und Begrenzung des Seenplanktons durch physikalische Factoren. Acta Hydrophys., Bd. 1, N 1.

А. А. ПОТАПОВ

О ЗНАЧЕНИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ПРОГНОЗАХ ЗАРАСТАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Данная работа преследует цель выяснить, на каких грунтах поселяются и произрастают те или другие типы водной растительности. Можно ли, основываясь на генезисе донных отложений, строить прогнозы зарастания водохранилищ. Ответы на эти вопросы необходимо иметь при строительстве бассейнов различного хозяйственного назначения (рыбоводство, птицеводство, водоснабжение и т. п.). В этом нуждаются также медицинские работники при составлении долгосрочных прогнозов санитарно-эпидемической обстановки в зоне будущих водохранилищ.

Британские экологи (Pearsall, 1918, 1920; Misra, 1938 и др.) считали главным движущим фактором сукцессии гидрофитов в английских озерах изменение структурного и химического состава донных отложений. При этом особое значение они придавали соотношению скоростей отложения минерального и органического илов. Например, W. H. Pearsall (1920) установил для озер два основных направления последовательных смен растительности:

Литорелла → рдесты → водяные лилии → тростник

Лобелия → уруть → рдест плавающий → хвощи, осоки

Смена сообществ по первому типу происходит в местах с преимущественным отложением минерального ила, а по второму — там, где накапливается главным образом органический ил.

Мы видим, что при том же общем направлении сукцессии имеются существенные различия в видовом составе растений. Авторы не отрицают, что при изменении характера заиления первый путь может привести к осоковым зарослям, а второй наоборот, к тростниковым. Это, однако, не означает, что одно сообщество сменяется любым другим. Без энергичного вмешательства экзотенных факторов изменение условий биотопа и типа зарослей в процессе заболачивания необратимы.

W. H. Pearsall отмечает особую роль минерального заиления для процессов распада органических остатков на дне водоема. В присутствии тонких минеральных частиц разложение органических веществ происходит быстрее и более полно. Образуются отложения, богатые калием и другими азотисто-минеральными солями. Примеси минерального ила, очевидно, благоприятствуют течению аэробных микробиологических процессов.

На поздних стадиях сукцессии донные отложения состоят главным образом из органических продуктов распада. В образовании их, как

правило, участвуют тростники, осоки, хвощи и другие болотные растения, стебли которых содержат много клетчатки и медленно разлагаются в воде. В результате постоянного дефицита кислорода и восстановленных условий формируются кислые, бедные в трофическом отношении донные отложения.

Заращение водохранилищ, если их сравнивать с озерами, происходит в несколько других условиях. Главное отличие заключается в том, что искусственные бассейны часто не имеют постоянного уровня. Если его сезонные и годовые колебания достигают значительных размеров, то это может полностью предотвратить заращение мелководий. Но даже и при постоянном уровне берега, доступные разрушительному действию прибойной волны, почти не заселяются растениями. Растения появляются в первую очередь в защищенных от волнобоя заливах и отмелях за островами. Глухие или непроточные заливы быстрее превращаются в болота, чем промываемые водами притока или самого водохранилища.

Реки, впадающие в залив, несут мутные воды, богатые азотисто-минеральными солями. Донные отложения в верховьях формируются главным образом за счет минеральных продуктов. Органических остатков накапливается мало, так как процессы минерализации в проточных и хорошо аэрируемых водах происходят быстро. Ниже по заливу проточность убывает, и где-то в средней части залива или в верхней трети его имеется участок, менее всего доступный действию реки и ветровым течениям со стороны плёса водохранилища. В результате процесс заболачивания здесь происходит скорее, о чем ярко свидетельствуют растительные сообщества (третья зона заращения см. ниже). Отсюда болотные растения постепенно распространяются и в другие части залива.

Наоборот, в верховьях заливов, не имеющих притоков, вода прозрачная и ее солевой состав значительно беднее. Более застойные и восстановленные условия в придонных слоях воды задерживают процессы минерализации и способствуют накоплению органических веществ на дне.

Закономерные изменения физико-химических свойств донных отложений и воды на протяжении тех и других заливов от верховьев к их устьям вызывают характерное (зональное) распределение гидрофитов, которое мы наблюдали на Иваньковском и Истринском водохранилищах (Потапов, 1954).

Состав доминирующих зарослей был следующим:

В заливах с притоками

1	2	3	4
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Phragmites communis</i>	<i>Heleocharis palustris</i>
<i>Oenanthe aquatica</i>		<i>Equisetum limosum</i>	<i>Polygonum amphibium</i>
		<i>Nymphaea candida</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>
		<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Ranunculus circinatus</i>

В заливах без притоков

1	2	3	4
<i>Carex sp. sp.</i>	<i>Equisetum limosum</i>	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>
<i>Typha latifolia</i>	<i>Menyanthes trifoliata</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>P. pectinatus</i>
		<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Ranunculus circinatus</i>
			<i>Glyceria fluitans</i>
			<i>G. spectabilis</i>

Растительность верховьев заливов без притоков напоминает третью зону проточных заливов. На нижних участках заливов обоих типов условия зарастания и виды гидрофитов по существу не отличаются (зона 4). Решающую роль здесь играет волнобой, под влиянием которого складываются все основные черты биотопа.

Часто наблюдаемое поясное расположение зарослей по профилю у берегов также определяется различным характером заиления дна. Исследователи обычно видят причину образования поясов в возрастающей

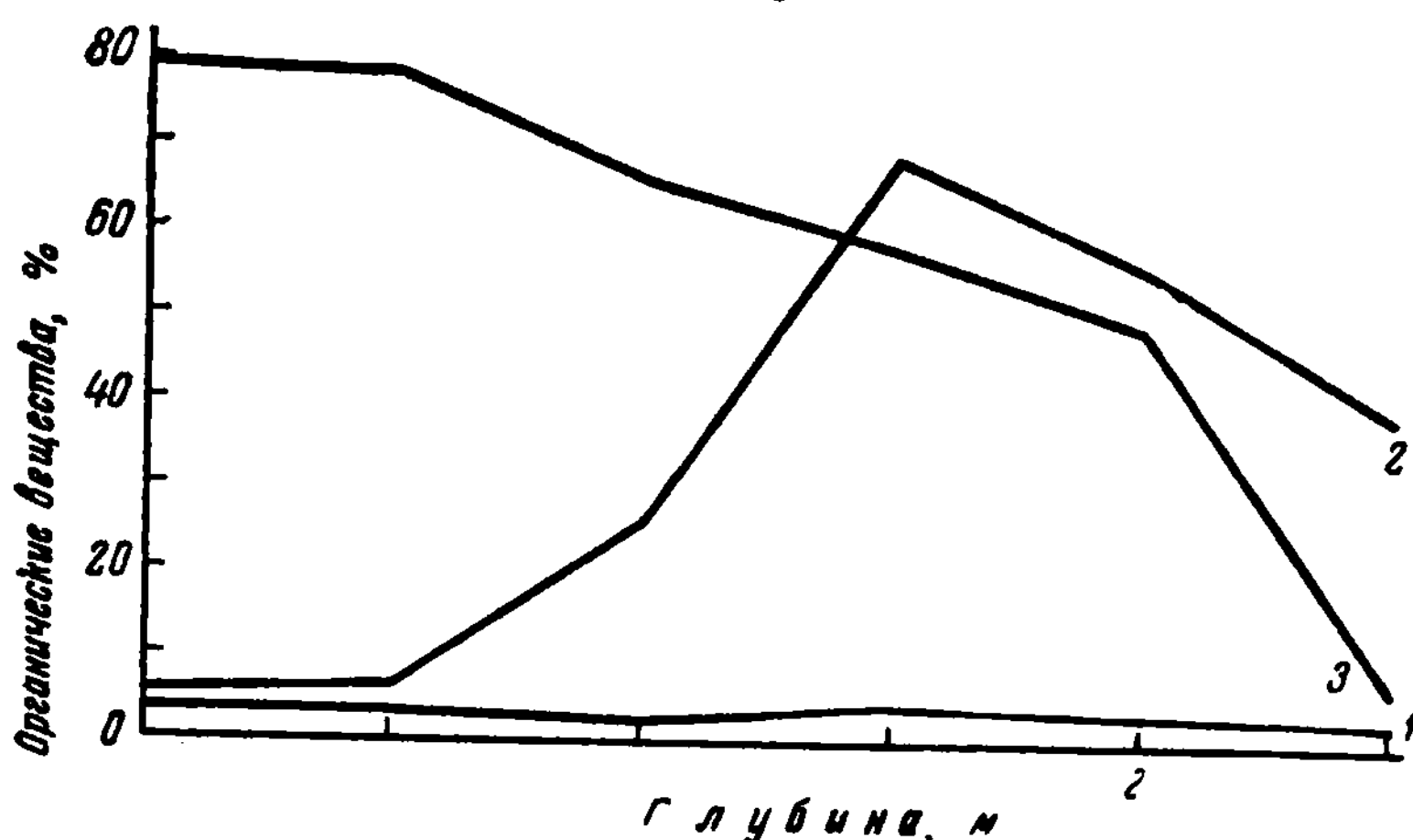


Рис. 1. Изменение содержания органических веществ в донных отложениях Истринского водохранилища по профилям среди зарослей водных растений (до глубины 2—3 м)

1 — профиль 1; 2 — профиль 2; 3 — профиль 3

глубине водоема. Однако это справедливо только отчасти. Таким путем нельзя объяснить, например, появление поясов в водоемах с пологими берегами, где глубина остается почти неизменной. Неизвестно, почему количественный и качественный состав растений профиля бывает столь разнообразным.

Конечно, дифференциация донных отложений мелководий происходила не сразу. В местах, доступных волнобою, прибрежная волна размывала берега, перераспределяла аллювий и в некоторых случаях механически препятствовала первому поселению гидрофитов. Но там, где они способны были укорениться, они сами начинали воздействовать на биотоп. Промывающее действие волн под их защитой ослабевало, а при большом количестве растений и совсем прекращалось. Начинали отлагаться продукты органического распада и изменяться многие другие условия среды, которые обеспечивали появление болотных фитоценозов. Действительно, пробы грунта среди зарослей водных растений Истринского водохранилища показали, что на хорошо промываемых и аэрируемых профилях накопления органики не отмечалось (рис. 1, профиль 1).

В слабо промываемых местах накопление органического вещества происходило на удаленных от берега и более глубоких участках отмели, там, где меньше сказывалось эрозионное действие прибойной волны (профиль 2). Таким путем обычно начинается заиление зарастающих прибрежных мелководий водохранилищ.

При хорошей защите от волнобоя обогащенные органическим веществом участки могут быть и в верхней части профиля, около уреза воды. Почти всегда в таких случаях отмечается высокое выклинивание родниковых вод и заболачивание берега (профиль 3).

Илы каждого растительного пояса отличаются друг от друга как цветом и структурой, так и трофическими свойствами. В этом нетрудно

убедиться, если посадить на них растения. Такой опыт мы провели ранее на одном из Вышневолоцких озер. Образцы были взяты по заболоченному профилю с тростниками и хвощами у берега, к которым примыкали кувшинки и далее погруженные растения.

В аквариумы с почвами были посажены рдесты. Через месяц опыт был прерван и растения из всех аквариумов высушены и взвешены. Вес рдестов, выросших на почвах из пояса погруженных гидрофитов, оказался почти вдвое больше, чем тех, которые росли на почвах из-под хвощей и тростников. Как показали определения общего содержания азота, фосфора и калия, илы пояса погруженных растений были наиболее плодородными.

На Истринском водохранилище мы измеряли окислительно-восстановительный потенциал придонной воды по заболоченному профилю. На участках без растительности E_h и pH , обычно высокие у берега, постепенно понижались к более глубоким участкам. Совершенно другие окислительно-восстановительные условия наблюдались у сильно заросших заболоченных берегов (табл. 1).

Таблица 1

*Изменение окислительно-восстановительного потенциала придонной воды
среди различных поясов растительности
(Истринское водохранилище; 28.VI, 11—13 час. дня)*

Растительность	Глубина, м	Температура воды, °C	E_h (mv)	E_h (v)	pH	rH
Carex + Hydrocharis	0,3	23,5	—112	+0,134	6,81	18,2
Equisetum + Hydrocharis .	0,6	22,5	—171	+0,076	6,51	15,7
Nymphaea + P. lucens	1,2	20,2	—25	+0,223	7,12	21,9
Potamogeton lucens	1,0	20,6	+85	+0,333	7,27	26,0
Ceratophyllum demersum .	1,7	20,0	+45	+0,295	7,40	25,0

У берега, где отлагался осоково-хвощевый торф, вода обладала высокой восстанавливающей способностью. Наоборот, на большом расстоянии от берега, среди погруженной растительности, несмотря на увеличивающуюся глубину, выше была окислительная способность воды (rH).

Зональность или поясность гидрофитов ярко подчеркивает все отмеченные выше стадии перехода от одних условий биотопа к другим и позволяет глубже изучить экологию отдельных типов растений. На основании закономерностей в распределении растений можно предсказать дальнейший ход зарастания водоема.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ЗАРАСТАНИЯ

Основную часть наших наблюдений мы проводили на Иваньковском и Истринском водохранилищах, существующих 20 и более лет. Они расположены в одинаковых почвенно-климатических условиях лесной зоны и отличаются сравнительно небольшими колебаниями уровня.

Для составления прогнозов зарастания и заболачивания водохранилищ необходимо было взять пробы донных отложений по профилю среди уже существующих зарослей и определить в них соотношение минеральной и органической частей.

Пробы брали трубкой (длиной 20 см, диаметром 2 см), в верхней части которой было отверстие для выхода воздуха (рис. 2). Шест с укрепленной на конце трубкой вставляли в грунт среди зарослей. Содержимое трубки выжимали поршнем и брали верхнюю часть монолита

длиной 10 см. Для получения сравнимых результатов это приспособление было вполне приемлемо, так как трубка хорошо забирала грунты различного механического состава, за исключением жидкого торфа. Пробы брали в значительных по площади зарослях. Образцы высушивали при 105°C в течение пяти часов. После этого на аналитических весах брали однограммовые навески каждого образца при двукратной повторности. Содержание органических веществ определяли методом сжигания в муфельной печи. Всего за два сезона (1955—1956 гг.) собрали 307 образцов донных отложений: на Истринском водохранилище — 148, Иваньковском — 76, Учинском — 50, Рыбинском — 18, Икшинском — 11 и Карповском — 4.

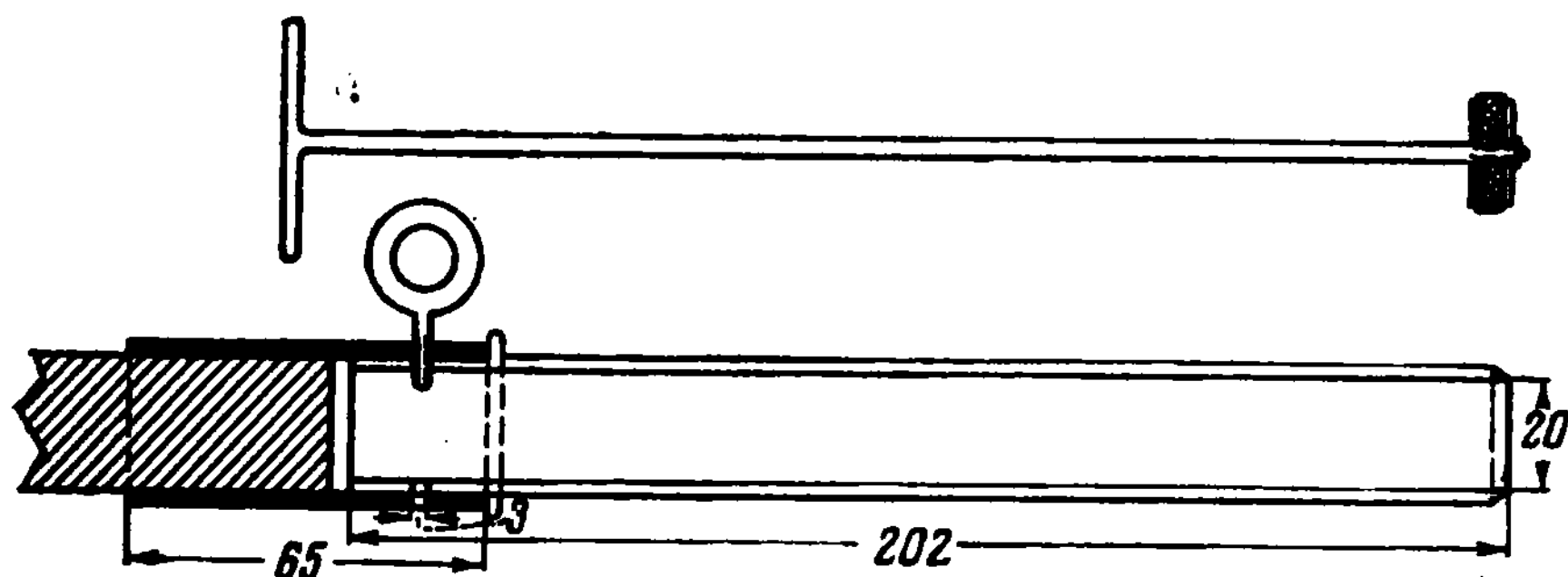


Рис. 2. Трубка для взятия образцов донного ила среди зарослей гидрофитов

По данным табл. 2, количество органических веществ в образцах колебалось от 1,0 до 88,4%. Количество проб, взятых в зарослях некоторых растений, было достаточным для получения достоверных результатов. По другим же сообществам повторностей было мало, так как они редко встречались на водохранилищах.

Все приведенные в списке растения можно разбить на три группы. Первая из них включает настоящие болотные виды, произрастающие, как правило, на торфообразных грунтах (*Menyanthes trifoliata*, *Potamogeton compressus* и др.). Растения второй группы, наоборот, никогда не встречались на грунтах с высоким или даже средним процентом органического вещества (*Glyceria fluitans*, *Heleocharis palustris*, *Butomus umbellatus* и др.). Наконец, растения третьей группы образуют заросли на грунтах, в которых количество органики варьирует в широких пределах (*Alisma plantago*, *Phragmites communis*, *Equisetum limosum* и др.) Располагая растения в ряды в зависимости от грунтов, на которых они произрастают, можно получить представление о направленности сукцессии прибрежных и более глубоководных типов растительности (табл. 2).

Допустим, что в данном заливе водохранилища береговой пояс состоял из тростника (*Phragmites communis*) и камыша (*Scirpus lacustris*), а глубже из гречихи (*Polygonum amphibium*) и рдеста блестящего (*Potamogeton lucens*). По нашим анализам, тростник растет на грунтах с содержанием органических веществ в среднем 15,1%, максимум 61,3%, а камыш, соответственно, 5,3 и 11,5%. В процессе заболачивания из состава зарослей, очевидно, раньше исчезнет камыш, который вытеснится или тем же тростником, или рогозом (*Typha latifolia*). Если тростник рос в смеси с хвощом (*Equisetum limosum*), то будущее принадлежит хвощу. Последний растет на грунтах с содержанием органических веществ в среднем 27,8%, максимум 71,9%. Точно так же гречиха должна уступить место кувшинке (*Nymphaea candida*), а рдест блестящий — урути (*Myriophyllum verticillatum*).

Таблица 2

Содержание органических веществ в илах в зарослях растений с надводными, плавающими и погруженными листьями

Растение	Число взятых об- разцов ила	Процент органического веще- ства		
		минималь- ный	средний	макси- мальный

Надводные

Sparganium simplex	6	1,3	3,3	5,5
Glyceria fluitans	4	3,1	4,0	12,5
Heleocharis palustris	3	2,3	4,4	6,7
Agrostis stolonizans	4	2,1	4,7	9,4
Typha angustifolia	16	2,2	5,0	53,8
Scirpus lacustris	12	1,8	5,3	11,5
Butomus umbellatus	5	3,1	5,7	7,3
Sium latifolium	4	2,0	6,3	11,1
Glyceria spectabilis	9	3,3	7,0	12,5
Sagittaria sagittifolia	13	2,3	7,3	18,9
Sparganium ramosum	4	3,6	9,1	22,0
Typha latifolia	7	3,8	12,8	21,1
Phragmites communis	16	1,6	15,1	61,3
Oenanthe aquatica	8	1,3	18,9	88,4
Alisma plantago	6	1,3	22,4	84,4
Carex sp. sp.	8	2,1	25,1	71,9
Equisetum limosum	18	3,2	27,8	71,9
Menyanthes trifoliata	2	67,7	69,8	71,0
Calla palustris	3	2,8	29,3	79,9

С плавающими листьями

Polygonum amphibium	28	1,4	4,0	14,7
Nymphaea candida	14	3,8	9,5	29,1
Potamogeton natans	10	2,8	13,0	38,6
(Stratiotes aloides)	4	2,5	24,5	88,1
Nuphar luteum	4	7,0	54,1	88,4

Погруженные

Potamogeton pectinatus	10	1,3	2,5	11,5
P. obtusifolius	2	2,3	2,9	3,5
Ranunculus circinatus	3	1,8	3,1	4,0
Potamogeton pusillus	2	3,3	3,7	2,2
P. heterophyllus	5	1,5	3,7	5,7
P. zizzi	2	3,7	4,0	4,3
P. perfoliatus	20	1,0	5,2	15,3
P. lucens	24	1,4	8,4	35,0
Ceratophyllum demersum	4	3,4	25,0	85,5
Elodea canadensis	10	9,3	31,6	88,1
Myriophyllum verticillatum	12	30	31,7	85,5
Potamogeton compressus	4	25,6	61,7	85,5

В водохранилищах далеко не всегда имеются представители всех типов растительности профиля. В зависимости от сроков существования бассейна и степени заиления участков в нем могут находиться одни представители и отсутствовать другие. Поэтому в задачу прогноза должно входить не только предсказывание видовых смен в уже существующих сообществах, но и появление новых сообществ.

Многолетние наблюдения на водохранилищах лесной зоны в общем подтверждают последовательность смен видов, данную нами на основании анализов донных отложений.

За последние десять лет на Истринском водохранилище заметно распространились хвощи, тростники и осоки, которых местами вытесняют (*Heleocharis palustris*), сусак (*Butomus umbellatus*), манник (*Glyceria fluitans*) и др. Аналогичные изменения призошли и среди других типов растительности. Например, ранее обширные заросли рдеста блестящего и гречихи земноводной в заливе около деревень Стегачево и Кривцово теперь состоят главным образом из урути и кувшинки. В Якиманском заливе значительно увеличилась площадь, занятая рдестом плавающим (*Potamogeton natans*). Это растение успешно конкурирует с окружающим его рдестом блестящим. В сильно заросшем Логиновском заливе можно ожидать в скором времени появления телореза (*Stratiotes aloides*) и кубышки желтой (*Nuphar luteum*).

На Иваньковском водохранилище идет быстрыми темпами заболачивание мелких глухих заливов левого берега.

Мощные заросли хвоща и тростника в верховьях этих заливов постепенно отвоевывают пространство у манника пышного (*Glyceria spectabilis*). Ниже по заливам, на более глубоких местах разрастаются уруть, роголистник, элодея, которые заменяют сообщества рдестов, лютика и др. (см. выше зоны зарастания заливов). Огромных размеров за последние годы достигли заросли телореза и кувшинки (в Полозовском и Федоровском заливах).

Мы вполне согласны с R. D. Misra (1938), что для видов, высоко адаптированных к широкому кругу экологических условий и обладающих к тому же способностью быстро размножаться, свойства донных отложений имеют второстепенное значение. В некоторых случаях такие биологические более сильные виды вытесняют своих конкурентов при тех же почвенных условиях. Речь идет главным образом о таких растениях, как тростник, элодея и др.

Нельзя, однако, согласиться с теми авторами, которые склонны недооценивать значение водной толщи. Донные отложения и водный горизонт связаны между собой общим ходом круговорота веществ и носят следы тесного взаимодействия.

Высокая прозрачность воды, например, способствует более быстрому и полному разложению органических остатков на дне, оказывает прямое воздействие на распределение погруженных гидрофитов и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из изложенного мы делаем вывод, что накопление органических веществ на дне водоема сопровождается глубокими изменениями физико-химических свойств всего органо-минерального комплекса донных отложений и прилегающего водного горизонта. Эти факторы в основном решают распределение и видовые смены укореняющейся растительности в защищенных от волнобоя водоемах с постоянным уровнем.

Проведенные наблюдения над зарастанием и заболачиванием водохранилищ лесной полосы (Иваньковском, Истринском и др.), а также анализы донных отложений позволяют наметить основные пути сукцессии.

Смена видов должна происходить по приведенной ниже схеме.

В мелководном поясе надводных растений.

5,4		12,3		27,4
Sparganium simplex		Sparganium ramosum		Carex sp. sp.
Heleocharis palustris	→	Typha latifolia	→	Equisetum limosum
Typha angustifolia		Phragmites communis		Calla palustris
Scirpus lacustris				Menyanthes trifoliata
Glyceria spectabilis				
Sagittaria sagittifolia				

В поясе растений с плавающими листьями

6,7		13,0		39,3
Polygonum amphibium	→	Potamogeton natans	→	(Stratiotes aloides)
Nymphaea candida				Nuphar luteum

С погруженными листьями

3,1		6,8		29,4
Potamogeton pectinatus		P. perfoliatus		Ceratophyllum demersum
Ranunculus circinatus	→	P. lucens	→	Myriophyllum verticillatum
R. pusillus				Elodea canadensis

Примечание. Цифры обозначают среднее содержание органических веществ в грунтах, на которых они произрастают. В ряды включены только доминирующие на водохранилищах виды, встречающиеся крупными зарослями.

Ожидаемое распространение тех или других видов водной растительности затрагивает интересы многих отраслей хозяйства. От видового состава растительности зависят ее кормовые и защитные функции, следовательно, успешное разведение рыбы, водоплавающей птицы, нутрии и ондатры. При широком использовании зарослей как источника кормов для домашних животных также нужно знать, как будет изменяться их видовой состав. Прогнозы зарастания необходимы и для учета санитарно-эпидемической обстановки в зоне будущих водохранилищ.

Институт малярии, медицинской паразитологии и гельминтологии Министерства здравоохранения СССР много лет занимается разработкой методики прогноза зарастания водохранилищ и возможностями распространения малярии (В. Н. Беклемишев, 1954; С. Н. Звягинцев, 1954; Л. В. Тимофеева, 1954; и др.). Главной задачей прогноза было ответить на вопрос — где образуются мелководные зоны и будут ли они зарастать. Однако, для профилактики болезней также важно знать будущий видовой состав гидрофитов и его изменения.

Например, местами выплода малярийного комара (*Anopheles maculipennis*) служат, как известно, заросли погруженных укореняющихся растений (элодеиды) и плавающие скопления нитчатых водорослей и рясок (лемниды) (физиологическую классификацию гидрофитов см. В. Н. Беклемишев, 1944).

Очагами распространения туляремии и лептоспироза являются водоемы, заросшие корневищными многолетниками, которые обеспечивают наилучшие условия для жизни грызунов (водяной крысы, полевки-экономки и др.). Наблюдения показывают, что при отсутствии больших колебаний уровня, заливы водохранилища, особенно непроточные, уже

через 20 лет сильно зарастают хвощем, рогозом, тростником, кувшинками (нимфеидами и линеидами). Растения данных физиономических типов, вытесняя элоидные заросли (рдестов и др.), снижают, а иногда и полностью исключают возможность выплода комара анофелеса. Наоборот, эти виды способствуют заболачиванию и образованию сплавин в заливах и создают угрозу массовых размножений грызунов. В отдельные годы среди них могут возникать эпизоотии, когда инфекция передается домашним животным и человеку.

Без знания процесса зарастания тех или других участков создаваемого водохранилища нельзя планировать перенос и строительство новых населенных пунктов, промышленных предприятий и домов отдыха на его берегах. Если бы при строительстве Московского моря были учтены все отмеченные моменты, то сейчас ряд деревень не оказался бы в окружении обширных заболоченных пространств мало полезных в хозяйственном отношении и безусловно вредных с точки зрения санитарной.

Таким образом, при тщательном изучении экологии гидрофитов и факторов, влияющих на ход зарастания водохранилищ, составление прогнозов на много лет вперед является делом не только возможным, но и очень важным с практической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев В. Н. 1944. Экология малярийного комара. М., Медгиз.
- Беклемишев В. Н. 1954. Строительство больших водохранилищ и борьба с малярией. В сб. «Строительство водохранилищ и проблема малярии». М., Медгиз.
- Звягинцев С. Н. 1954. Методика прогноза анофелогенности водохранилищ, создаваемых в равнинной части СССР. В сб. «Строительство водохранилищ и проблема малярии», М., Медгиз.
- Потапов А. А. 1951. Роль химизма донных илов в распространении и смене типов водной растительности в озерах лесной полосы. Тр. Сапропелевой лаборатории АН СССР, вып. 5.
- Потапов А. А. 1954. Распределение водных растений в заливах Иваньковского и Истринского водохранилищ в зависимости от различий химического состава воды и характера донных отложений. В сб. «Строительство водохранилищ и проблема малярии». М., Медгиз.
- Тимофеева Л. В. 1954. Прогноз анофелогенной обстановки и противомаларийные мероприятия в зоне влияния Цимлянского и Сталинградского водохранилищ (там же).
- Misra R. D. 1938. Edaphic factors in distribution of aquatic plants in the English lakes. The Journal of Ecology, v. 26, N 2.
- Pearsall W. H. 1918. On the classification of aquatic plant communities. The Journal of Ecology, v. 6, N 1.
- Pearsall W. H. 1920. The aquatic vegetation of the English lakes. The Journal of Ecology, v. 8, N 3.

**В. С. КИРПИЧНИКОВ, Н. А. МОСЕВЕЧ, В. И. ПРОТАСОВА
и О. Н. БАУЕР**

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЗИМОВАЛЬНЫХ ПРУДОВ ДЛЯ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА, АМУРСКОГО САЗАНА И ИХ ГИБРИДОВ

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Над проблемой зимовки сеголетков карпа ВНИОРХ работает (применительно к северным районам карповодства) с 1932 г. В статьях И. Н. Арнольда (1933, 1935, 1939), А. П. Маркевича (1933), Н. А. Мосевича (1935) и других авторов содержатся некоторые рекомендации по улучшению условий зимовки. В сводной работе И. Н. Арнольда, Н. А. Мосевича, М. В. Мосевич, А. П. Маркевича и В. И. Савельева (1941) собраны материалы по термическому, газовому и минеральному режиму, а также результаты микробиологического и паразитологического обследования зимовальных прудов Никольского завода и Яжелбицкого прудового хозяйства. Авторы обращают основное внимание на следующие требования. 1) Поддержание температуры воды в придонном слое зимовалов не ниже 2°C путем регулирования водообмена и утепления водоподачи. 2. Регулярное известкование, вспашка и уплотнение ложа зимовальных прудов с подсыпкой песка и укатыванием. Ложе прудов не должно быть заилено. 3. Ограждение зимовальников от попадания в них талых вод. 4. Посадка в зимовальные пруды крупных сеголетков (от 40 г и выше) и переход на выращивание гибридов карпа с сазаном.

Некоторые из перечисленных рекомендаций нуждаются в пересмотре. Мнение И. Н. Арнольда и сотрудников о вредном влиянии низких температур разделяют некоторые советские и зарубежные исследователи. Так, Шеперклаус (Schäperclaus, 1933) считает желательным установление в зимовалах температуры около 4° в сочетании с кормлением сеголетков. И. М. Карпенко, В. М. Ивасик и О. П. Кулаковская (1954) и А. С. Чечина (1957) отмечают опасность снижения температур (по Карпенко и соавторам — ниже $0,3^{\circ}$) в связи с заболеванием сеголетков при очень низких температурах болезнью Штаффа. По наблюдениям белорусских рыбоводов, в холодных зимовальных прудах гибель сеголетков всегда оказывается очень большой. Г. А. Головков и В. Н. Абросов (1952) отмечают то же явление для карпа в Новгородской области.

Наряду с этим многие авторы считают снижение температуры почти до 0° безопасным для сеголетков карпа. Об этом пишут Смолиан (Smolian, 1920), Спичаков (Spiszakov, 1929), Б. М. Себенцов и Т. И. Имерлишвили (1937, 1940), В. А. Сигов (1939, 1940а, б), М. М. Тьедер (1948) и др. По Б. М. Себенцову и Т. И. Имерлишвили (1940), даже мелкие, но упитанные карпы хорошо переносят ровные зимние температуры поряд-

ка $0,2—1,0^{\circ}\text{C}$. В. А. Сигов (1940а, б) приходит к выводу, что низкие придонные температуры ($0,2—0,5^{\circ}\text{C}$) в зимовальных прудах в сочетании с умеренным водообменом полезны, так как уменьшают подвижность сеголетков и тем самым замедляют их исхудание. С целью уменьшения истощения В. А. Сигов рекомендует сооружать в зимовальниках специальные углубления — «места залегания» рыб. Вопрос о значении температурного фактора нельзя считать окончательно разрешенным.

Рекомендации И. Н. Арнольда, касающиеся обработки ложа зимовальных прудов, в целом ошибочны. Как показал многолетний опыт прудовых хозяйств РСФСР и Украины (Тьедер, 1948; Смирнова, 1956; и другие), зимовка нередко проходит хорошо в умеренно и даже сильно заиленных прудах. Вспашка ложа нужна далеко не во всех случаях, иногда благодаря выносу на поверхность торфа, она может принести вред. Укатывание грунта никогда не приносит пользы. Вопрос о методах обработки ложа зимовальных прудов будет подробно освещен после обобщения всех наших опытных данных.

Никто не отрицает сейчас важности рекомендованного И. Н. Арнольдом ограждения зимовальных прудов от проникновения в них талых вод. Много материала, в основном подтверждающего выводы И. Н. Арнольда, было собрано и по вопросу о значении веса и упитанности посадочного материала, а также породной принадлежности сеголетков. В. И. Савельев (1941) указывал на необходимость выращивания на севере очень крупных сеголетков. Значение веса отмечает также Ф. М. Суховерхов (1948), М. М. Тьедер (1948) и многие др. В. А. Сигов (1939, 1940а, б, 1947) разработал методы контроля над зимостойкостью сеголетков карпа по величине коэффициента упитанности. Нормативы, данные В. А. Сиговым, неоднократно проверялись и подтверждались (Юдин, 1948). В. А. Сигов отметил необходимость создания в выростных прудах благоприятных кормовых условий в связи с большой важностью посадки на зиму упитанных сеголетков. Большое значение хорошей упитанности сеголетков подчеркивает также Ф. М. Суховерхов (1948), В. С. Кирпичников (1949) и др. В. С. Кирпичников и Р. Л. Берг (1952) показали, что особенно важным для исхода зимовки является обильное питание сеголетков в осенние месяцы, когда происходит интенсивное увеличение упитанности. П. Н. Бризинова и В. С. Кирпичников (1952) отмечают, что в августе обмен веществ у сеголетков перестраивается и осенью общее количество жира возрастает даже при замедленном росте. П. Н. Бризинова (1956) установила, что в одном и том же пруде крупные сеголетки накапливают к осени больше жира, чем мелкие.

Зимостойкость сеголетков разной породной принадлежности может быть весьма различной. В. И. Савельев (1939) и И. Н. Арнольд (1939) рекомендовали выращивать в северных районах гибридов карпа с тапараванским сазаном, зимующих лучше, чем карпы. В. С. Кирпичников (1941, 1943, 1944, 1949, 1953, 1957) показал, что наибольшей зимостойкостью отличаются амурские сазаны и в несколько меньшей степени их гибриды с карпом. К тому же выводу в отношении гибридов пришли Ф. М. Суховерхов (1952), Г. А. Головков и В. Н. Абросов (1952), Г. А. Головков и Н. Г. Екатеринославская (1955) и другие исследователи. Хорошие рыбохозяйственные качества гибридов обусловили постепенный переход к их выращиванию многими производственными прудовыми хозяйствами центральной, западной, северо-западной и северной зон карповодства. В рыбхозах Ленинградской, Пермской, Новгородской, Псковской, Калининской и Горьковской областей РСФСР проводится промышленная гибридизация и выращиваются в основном гибриды карпа

с амурским сазаном. На выращивание гибридов перешли и некоторые хозяйства Московской, Курской и Рязанской областей (в частности, крупнейший в РСФСР рыбхоз Пара), некоторые рыбхозы Латвии и Белоруссии. В большинстве случаев использование гибридов привело к существенному снижению отходов сеголетков во время зимовки.

Надо сказать несколько слов о проведении зимовки карпа. Некоторые исследователи были склонны придавать первостепенное значение паразитарному фактору. Так, Г. А. Головков и В. Н. Абросов (1952) считают заражение рыб паразитами, в частности хилодоном (инфузория *Chilodonella cyprini*) первичной причиной гибели во время зимовки. На заражение, как на одну из важнейших причин гибели, указывают Н. А. Мосевич и Ф. Л. Пэр (1955), хотя и не ставят его на первое место. Подавляющее большинство авторов, например, И. М. Карпенко, В. М. Ивасик и О. П. Кулаковская (1954) считают заключение Г. А. Головкова и В. Н. Абросова ошибочным. По их мнению, усиленное размножение паразитов зимой является обычно лишь следствием неблагоприятных условий зимовки и истощения рыб. А. С. Чечина (1952), работая в рыбхозах Белоруссии, показала, что на сеголетках с низкой упитанностью хилодон и триходина размножаются особенно интенсивно.

Не вызывает споров необходимость поддержания в зимовалах благоприятного газового режима. Некоторые авторы, начиная с И. Н. Арнольда, подчеркивают значение достаточного щелочного резерва воды, питающей зимовалы, и увеличенного количества в воде кальция (Арнольд, 1939; Суховерхов, 1948 и др.). Вопросы о наилучшей скорости водообмена, о качестве почв зимовалов, об оптимальном солевом составе воды и о плотности посадки рыбы в зимовальники нельзя считать вполне разрешенными. Наконец, рекомендация использовать в качестве зимовалов большие выростные пруды, содержащаяся еще в статье Ф. Спичакова (1929), получила сейчас большую поддержку в некоторых зарубежных странах. В Германии и Чехословакии в последние годы целиком перешли на зимовку сеголетков в выростных прудах. Немецкие и чешские рыбководы оставляют рыб на зиму в тех же прудах, где они выращивались, чтобы уменьшить травматизацию сеголетков при посадке их в зимовалы. В Советском Союзе также имеется пока еще небольшой, но в большинстве случаев успешный, опыт использования для зимовки выростных прудов.

Из сделанного здесь обзора очевидно, что наименее ясным в проблеме зимовки является вопрос об условиях зимовки и о режиме зимовальных прудов. С целью разрешения этих вопросов мы начали в 1950 г. детальные исследования зимовальных прудов некоторых прудовых хозяйств Новгородской области. Работы продолжались в течение нескольких лет. Результаты изучения зимовалов рыбхоза «Соколово», а также краткие общие выводы, были опубликованы в статьях В. С. Кирпичникова (1953); В. С. Кирпичникова, Н. А. Мосевича, О. Н. Бауера, В. И. Протасовой и Н. В. Гусевой (1953, 1955); В. С. Кирпичникова, О. Н. Бауера и Н. А. Мосевича (1956). Пруды рыбхоза «Соколово» мало пригодны для зимовки, большая часть рыб зимою там погибает. Изучение этих прудов позволило установить основные причины гибели сеголетков и дать рекомендацию по улучшению прудов. Совместно с работниками промышленности в 1954—1955 гг. была проведена система мероприятий, обеспечившая удовлетворительный исход зимовки в 1955/56 гг.

Чтобы уточнить требования, предъявляемые к зимовальным прудам и определить, каков должен быть режим эксплуатации этих прудов, были обследованы зимние пруды рыбопитомника «Яжелбицы» и два используе-

мых для зимовки пруда в рыбхозе «Завысочье». Во всех этих прудах, кроме пруда № 1 в Завысочье, в годы проведения нашей работы зимовка проходила благополучно.

В план исследования было включено изучение температуры воды и грунта прудов, скорости водообмена и толщины льда, исследование газового режима и солевого состава воды, а также контроль за весом, упитанностью и заболеваниями зимующих рыб. В настоящей статье мы подводим итоги этих исследований и пытаемся сделать некоторые общие выводы.

Авторы приносят свою глубокую благодарность бывшему директору Яжелбицкого рыбопитомника З. И. Иковой и всему персоналу питомника и рыбхоза «Завысочье» за большую помощь в проведении работ в рыбхозах.

МЕТОДИКА РАБОТЫ

В Яжелбицах в 1950/51 г. исследовали три пруда: производственный зимовал № 2 площадью в 1,6 га, опытный пруд площадью в 0,10 га и маточный пруд площадью в 0,13 га. Осенью 1950 г. в пруд № 2 были пущены сеголетки амурского сазана и карася, в опытный были посажены совместно амурские сазаны, гибриды и карпы; в маточном содержались производители сазана и карпа.

В Завысочье в 1952—1953 гг. под контролем находился зимовальный пруд № 1 площадью в 2 га, куда были пущены сеголетки гибриды второго поколения. В 1953—1954 гг., 1954—1955 гг. и 1955—1956 гг. обследовали выростной пруд № 5 площадью в 12 га. Этот большой пруд заполняли на зиму частично, используемая площадь составляла 4—6 га. В пруд высаживали сеголетков гибридов третьего поколения.

Изучение температуры воды в прудах проводили осенью при помощи обычных водных термометров в металлической оправе, с середины декабря — двумя максимальными термометрами. Одним термометром измерялась температура у самого дна, а вторым — в 5 см от дна. С середины января 1951 г. для более точного определения температуры

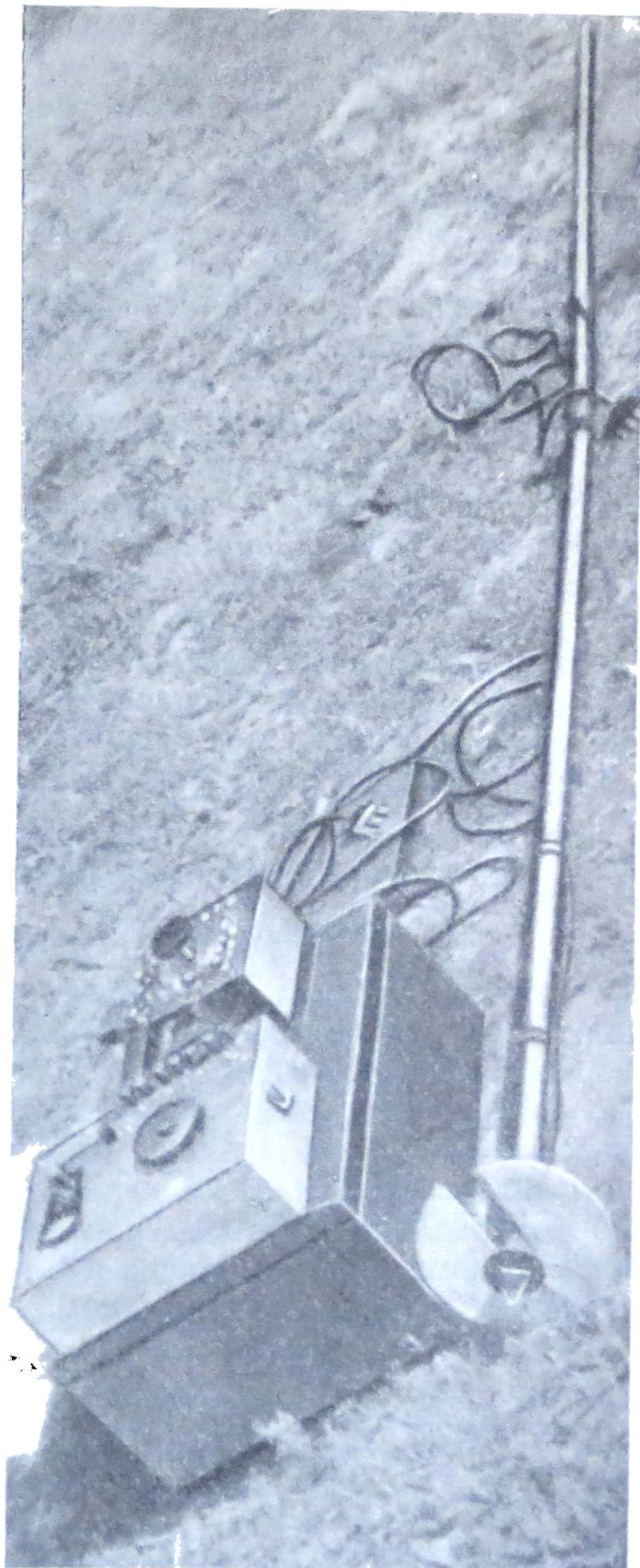


Рис. 1. Штанговый электротермометр для измерения температуры воды и грунта зимовальных прудов

воды и грунта мы использовали штанговый электротермометр, изготовленный государственным гидрологическим институтом. По своей конструкции он представлял собою обычный термометр сопротивления, снабженный складной штангой с двумя передвижными датчиками для воды и одним неподвижным, конусообразным для грунта (рис. 1).

Грунтовой датчик электротермометра позволял нам измерять температуру поверхностного (примыкающего к воде) слоя грунта толщиной в 3—5 см. Передвижные датчики, установленные на определенной высоте, давали представление о температуре воды на разном расстоянии от грунта.

Сбор проб для гидрохимических анализов производился обычно с двух горизонтов: придонного (в 5 см от дна) и среднего (на половине глубины водоема в данной точке).

На зимовалах выбрали по несколько точек для постоянных наблюдений. В Яжелбицах таких точек было от трех до восьми на каждом пруде, в Завысочье — шесть — девять.

Пробы на солевой состав воды брали ежемесячно в опытных зимовалах (у стока и посередине пруда) и в источнике водоснабжения. Пробы на газовый состав воды брали каждые 5—10 дней на всех точках.

На всех зимовальных прудах были организованы регулярные наблюдения за толщиной льда и снега и скоростью водообмена. Поведение рыб в течение зимы изучали при помощи контрольного лова сеголетков сетями. Выловленных сетями рыб измеряли, взвешивали и вскрывали для проведения полного паразитологического анализа. Кроме того, данные по весу и упитанности зимующих рыб собирали осенью, при посадке сеголетков в зимовалы и весной, при облове прудов.

ЗИМНИЙ РЕЖИМ ПРУДОВ ЯЖЕЛБИЦКОГО РЫБОПИТОМНИКА

Общая характеристика зимовальных прудов

Система зимовалов в Яжелбицах состоит из четырех прудов, питающихся из одного небольшого головного водохранилища, образованного плотиной на небольшой речке Пеховка (рис. 2 и 3).

Вода из верхнего холодного горизонта головного пруда поступает по деревянному лотку во все зимовальники. Протяжение лотка до Маточного пруда составляет 25 м, до Опытного — 50 м, до пруда № 2 — 375 м. Лоток утепляется на всем протяжении, но температура воды, протекающей по нему, обычно близка к 0°.

Размеры исследованных нами прудов видны из табл. 1.

Таблица 1

Размеры прудов в Яжелбицах

Пруд	Площадь, га	Глубины, м	Средний объем воды, м³
Маточный	0,13	1,8—2,4	2232
Опытный	0,10	1,5—2,15	1380
№ 2	1,6 (1,1*)	1,8—3,0	37 000 (25 000*)

* По проектным данным.

Маточный и опытный зимовалы отличаются друг от друга глубиной и грунтами. В маточном зимовале — песчаные грунты, в опытном — ложе местами заболочено и закоряжено. Пруд № 2 выделяется прежде всего

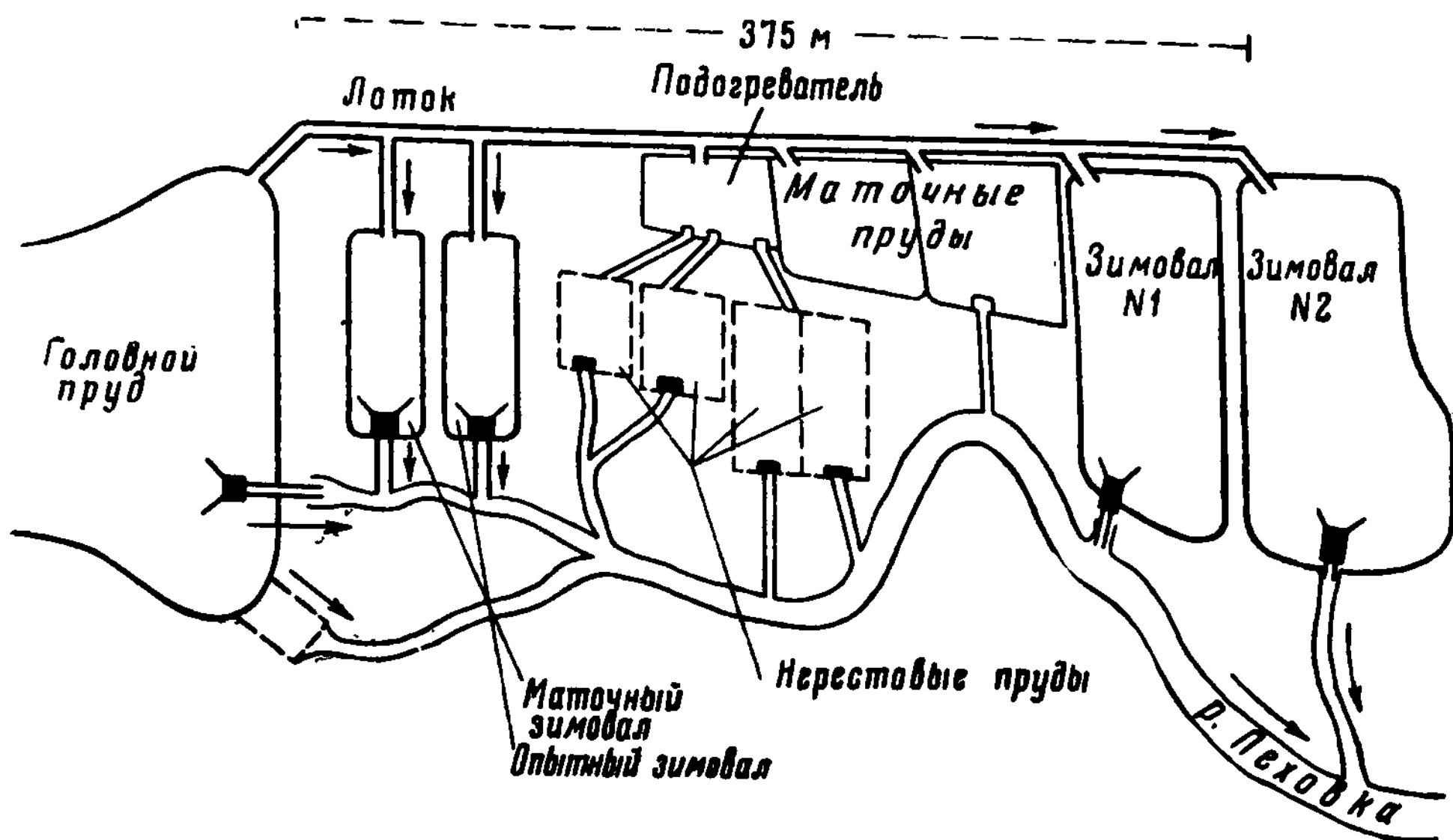


Рис. 2. Расположение и водоснабжение зимовальных прудов в Яжелбицах

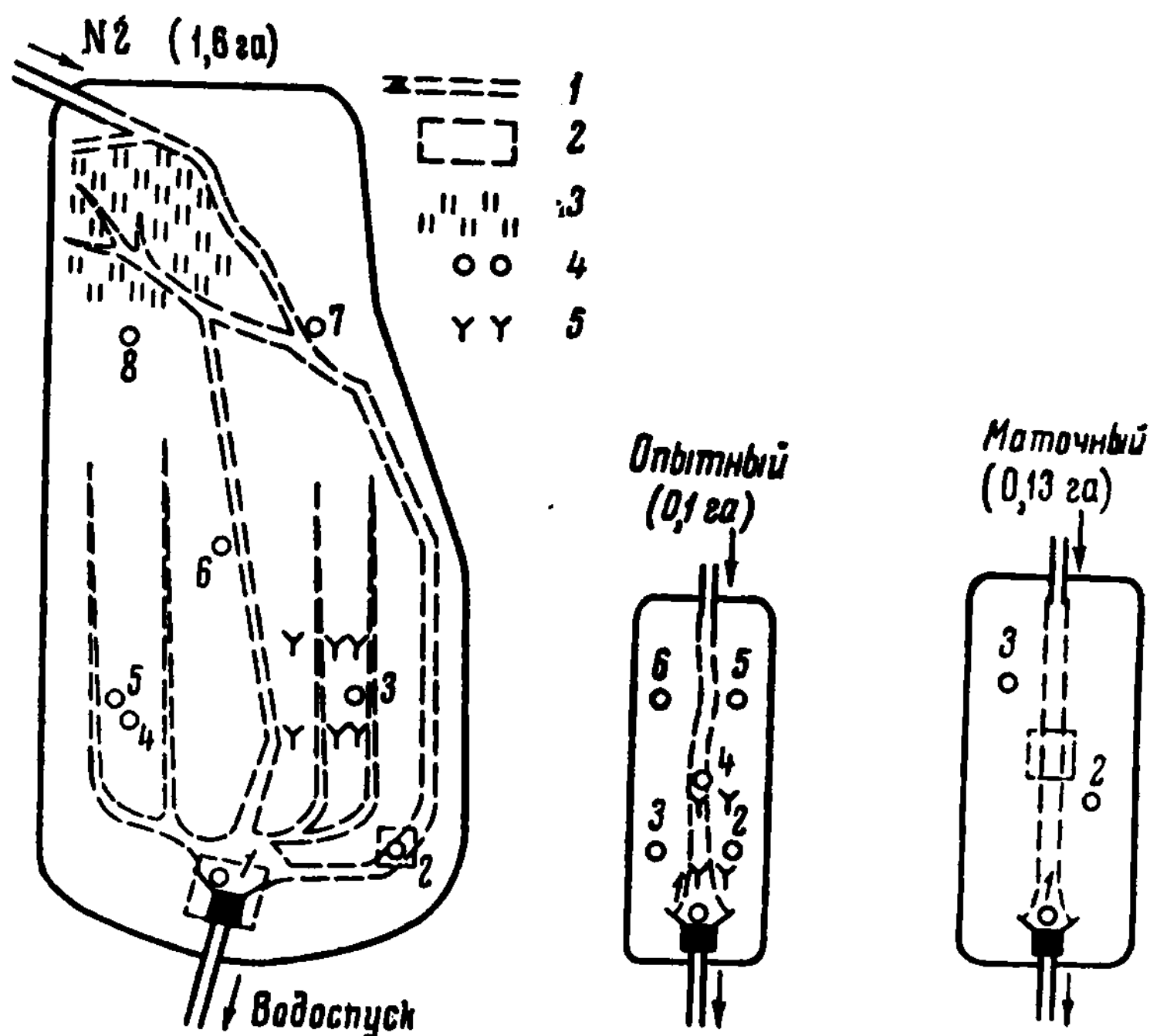


Рис. 3. План Яжелбицких зимовальных прудов. Схема расположения водосбросных канав, мест наблюдательных пунктов и установки мереж.

1 — каналы на ложе пруда; 2 — контрольные проруби; 3 — заболоченный участок; 4 — наблюдательные пункты на льду; 5 — подледные мережи

своей большей площадью и глубиной, кроме того, в нем имеется сеть глубоких канав. Грунты в этом пруде супесчаные, местами глинистые, плотные. Небольшой участок верхней части пруда заболочен. За исключением этого участка, зарастающего летом осокой, все ложе пруда ежегодно в августе вспахивается и лишь в слабой степени зарастает мягкой луговой растительностью.

В 1950 г. зимовал № 2 был залит 1 октября, маточный — 20 октября, а опытный — 4 ноября уже по мерзлому грунту. Позднее залитие могло ухудшить температурные условия опытного пруда.

Климатические условия зимы 1950/51 г. и ледовый режим прудов

Зима 1950/51 г. была умеренно суровой и, начиная с середины декабря до конца марта, ровной, без оттепелей (табл. 2). Зимовал № 2 и маточный зимовал покрылись льдом между 30.X и 2.XI 1951 г., опытный замерз сразу после залития (4.XI). 10—12 ноября лед полностью растаял, вторично (уже на всю зиму) пруды замерзли после 20 ноября.

Таблица 2

Средняя температура воздуха по наблюдениям
Валдайской метеорологической станции (октябрь 1950 г. — апрель 1951 г.)

Декада	Средняя декадная температура, °С						
	X	XI	XII	I	II	III	IV
I	8,27	−1,51	−1,61	−9,36	−10,10	−7,74	4,38
II	5,58	1,10	−1,65	−7,79	−11,66	−7,93	4,10
III	−0,66	−1,99	−10,77	−16,83	−5,56	−4,1	—
Средняя за месяц	4,2	−0,8	−4,5	−11,0	−9,8	−5,1	—

Максимальной толщины лед достиг к середине марта (по отдельным точкам до 69 см), с 25 марта толщина льда стала уменьшаться (табл. 3).

Таблица 3

Средний прирост льда по месяцам (Яжелбицы, 1950/51 г.)

Зимовал	Прирост по месяцам, см					Максимальная толщина льда, (на 25.III), см
	XI	XII	I	II	III (до 25.III)	
№ 2	6,0	12,0	22,1	10,1	7,4	57,6
Маточный	8,5	11,8	22,3	6,7	8,0	57,3
Опытный	5,0	14,5	21,7	11,1	9,1	61,3
В среднем по трем зимова- лам	6,5	12,8	22,0	9,3	8,2	58,7

В пруде № 2 лед был наиболее толстым в точках, близких к водоподающему лотку (№№ 7 и 8). В опытном и маточном зимовалах, наоборот, толщина льда возрастала по направлению к водоспуску, что легко объяснить, так как прогрева воды грунтом здесь не было.

Между 10 и 15 апреля лед полностью растаял. Продолжительность подледного периода, не считая временного замерзания в начале ноября, составила в эту зиму 140—145 дней (меньше средних величин за ряд лет). Снега выпадало немного, максимальная толщина снегового покрова не превышала 22—24 см; тоньше всего снеговой покров был на льду пруда № 2, не защищенного от ветров. Толщина уплотненного снега здесь составляла не более 12—14 см.

Водообмен

Во время больших морозов подача воды в пруды усиливалась, чтобы не допустить промерзания воды в лотке и в водоспуске. При оттепелях, наоборот, подача воды несколько уменьшалась.

В зимовале № 2 поддерживался относительно слабый водообмен (от 24-суточного в сильные морозы до 102-суточного во время весеннего таяния льда и снега). В опытном и маточном зимовалах скорость водообмена была значительно большей (табл. 4), так как при уменьшении

Таблица 4

Водообмен в зимовальных прудах (Яжелбицы)

Дата	Пруд № 2		Опытный пруд		Маточный пруд	
	л/сек	сутки	л/сек	сутки	л/сек	сутки
18. XII	11,3	38,2	1,64	9,7	3,3	6,8
15. II	16,0	25,3	5,35	3,9	12,5	2,1
16. II	18,0		2,90		12,5	
23. II	17,5	24,5	3,50	4,6	13,0	2,0
10. III	18,2	23,7	2,62	6,1	14,9	1,7
15. III	18,2	23,7	2,53	6,3	6,6	3,9
25. III	4,2	102,5	1,63	9,8	3,25	7,9
5. IV	4,5	96,0	1,5	10,6	5,0	5,2

водоподачи приток воды не покрывал потери за счет фильтрации через тело дамбы.

Различие в водообмене, как мы увидим дальше, отразилось и на термическом режиме прудов.

Термический режим

Как известно, в зимнее время рыбы при нормальных условиях зимовки держатся у дна зимовальников. Основное внимание было обращено поэтому на температуру придонных горизонтов воды (в 0,5—5 см от дна) и верхнего слоя грунта.

Среднемесячная температура воды у водоспусков всех прудов (точка № 1) оказалась при измерении электротермометром несколько более высокой, чем при измерении ртутным термометром (табл. 5—8).

Таблица 5

Среднемесячная температура воды, полученная при помощи максимальных термометров и термометров в оправе (Яжелбицы, 1950/51 г.)

Дата	Пруд № 2		Опытный пруд		Маточный пруд		Приток на поверхности	Термометр
	а	б	а	б	а	б		
16—31. X	4,98	—	—	—	—	—	—	} В оправе
XI	2,12	—	0,90	—	0,86	—	—	
XII	1,87	2,07	0,33	0,09	0,27	0,08	0,10	} Максимальный
I	1,16	1,05	0,11	0,00	0,12	0,00	0,12	
II	1,11	1,00	0,10	0,02	0,11	0,01	0,00	
III	1,16	1,08	0,11	0,04	0,11	0,02	0,06	
Средние за подледный период (XII—III)	1,35	1,16	0,17	0,03	0,16	0,02	0,07	—
1—23. IV	4,11	—	3,75	—	3,61	—	—	В оправе

Примечание. а — температура на глубине 0,5 см от грунта, б — на глубине 5 см от грунта.

Таблица 6

Температура воды и грунта в пруду № 2 (Яжелбицы, 1950/51 гг.)

Месяц	Термометр	Точка 1			Точка 2			Точка 3			Точка 4			Точка 5			Точка 6			Точка 7			Точка 8		
		а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в
XII I II	Максимальный	—	2,30	—	—	1,80	—	—	1,70	—	—	1,70	—	—	1,60	—	—	1,30	—	—	0,40	—	—	0,40	—
	»	—	1,00	—	—	0,63	—	—	0,73	—	—	0,75	—	—	0,68	—	—	0,41	—	—	0,08	—	—	0,04	—
	Электрический	1,31	1,15	0,17	0,83	0,80	0,20	0,84	0,75	0,20	0,80	0,85	0,15	0,80	0,85	0,15	0,49	0,38	0,20	0,20	0,10	0,42	0,30	0,10	0,10
III 1—15/IV	»	1,74	1,55	0,52	1,00	0,93	0,26	1,35	1,15	0,35	1,32	1,12	0,22	1,35	1,15	0,22	0,77	0,65	0,13	0,40	0,27	0,15	0,60	0,38	0,13
	Максимальный	—	1,80	—	—	1,7	—	—	1,60	—	—	1,60	—	—	1,60	—	—	1,50	—	—	1,35	—	—	1,55	—
	Электрический	—	1,56	—	—	1,17	—	—	1,16	—	—	0,96	—	—	0,90	—	—	0,57	—	—	0,22	—	—	0,14	—
Средние за XII—IV		1,52	1,35	0,35	0,92	0,86	0,23	1,09	0,95	0,28	1,06	0,98	0,18	1,21	1,07	0,20	0,61	0,49	0,17	0,35	0,25	0,14	0,53	0,35	0,12

Примечание. Условные обозначения для табл. 6, 7, 8: а — грунт; б — 5 см от грунта; в — 1 м от грунта.

Таблица 7

Температура воды и грунта в опытном зимовале (Яжелбицы, 1950/51 г.)

Месяц	Термометр	Точка 1			Точка 2			Точка 3			Точка 4			Точка 5			Точка 6		
		а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в
XII I II III 1—15/IV	Максимальный	—	0,16	—	—	0,23	—	—	0,18	—	—	0,20	—	—	0,18	—	—	0,16	—
	»	—	0,01	—	—	0,01	—	—	0,01	—	—	0,01	—	—	0,01	—	—	0,01	—
	Электрический	0,15	0,13	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,18	0,10	0,10
III 1—15/IV	»	0,15	0,12	0,08	0,18	0,12	0,10	0,10	0,18	0,12	0,13	0,12	0,10	0,22	0,17	0,10	0,23	0,17	0,12
	Максимальный	—	1,35	—	—	1,30	—	—	1,35	—	—	1,15	—	—	1,15	—	—	1,10	—
	Электрический	0,15	0,12	0,10	0,16	0,11	0,10	0,10	0,17	0,11	0,12	0,11	0,16	0,19	0,15	0,10	0,21	0,14	0,11

Таблица 8

Температура воды и грунта в маточном зимовале
(Яжелбицы, 1950/1951 г.)

Месяц	Термометр	Точка 1			Точка 2			Точка 3		
		а	б	в	а	б	в	а	б	в
XII	Максимальный	—	0,03	—	—	0,06	—	—	0,10	—
I	То же	—	0,01	—	—	0,00	—	—	0,00	—
II	Электрический	0,18	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,18	0,10	0,10
III	То же	0,15	0,10	0,08	0,13	0,08	0,08	0,17	0,08	0,06
1—15/IV	Максимальный	—	0,80	—	—	0,67	—	—	0,90	—
Средние за II—III	Электрический	0,16	0,10	0,09	0,14	0,09	0,09	0,17	0,09	0,08

Различие составляло 0,1—0,3°. Причиной несовпадения данных надсчитать несовершенство методики использования ртутных термометров в зимнее время. При опускании в воду термометров в оправе вода, попавшая в стаканчик в верхних холодных подледных горизонтах, уноси-лась на глубину.

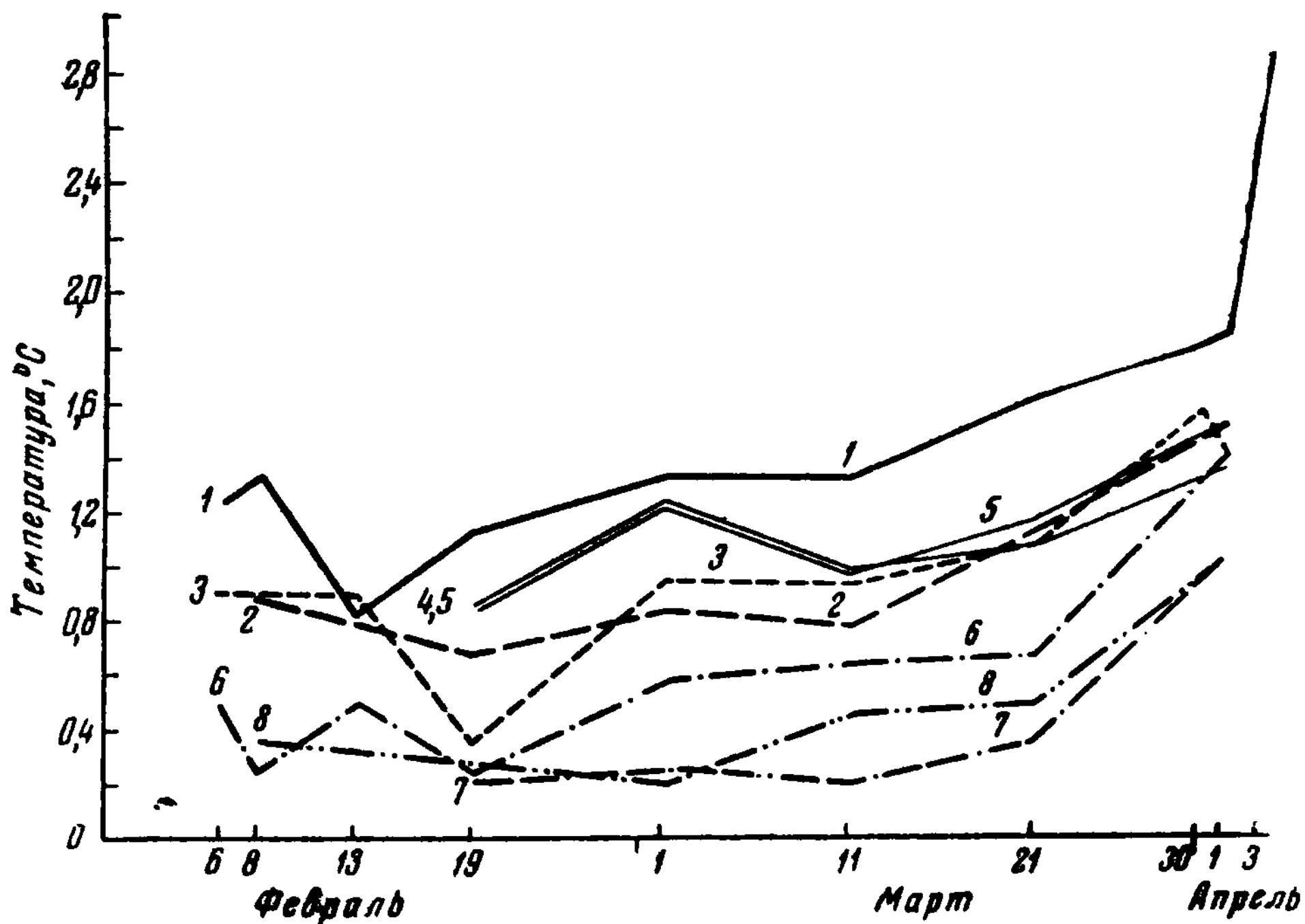


Рис. 4. Изменение температуры воды в восьми разных точках пруда № 2 в Яжелбицах (в 5 см от дна) методом электростермин
1—8 — точки наблюдения

Вода, поступающая во все пруды, была холодной (0,1°С и меньше), в особенности во второй половине февраля. Во втором пруду вода у водоспуска оказывалась прогретой более чем на 1° (до 1,3—2°), температурные данные по этому пруду близки к данным, полученным при обследовании пруда зимой 1934/35 г. (Арнольд и сотрудники, 1941). В маточном и опытном зимовальных прудах вода практически почти не

прогревалась. Начиная с середины декабря в них на всем протяжении устанавливались очень низкие придонные температуры.

Пруд № 2 по температурному режиму представляет наибольший интерес. Измерения, произведенные максимальными и электротермометрами во всех точках в течение февраля и марта, дали сходные результаты (табл. 6). По направлению от места притока воды к водостоку температура грунта и всех слоев воды, как правило, повышалась, что видно на рис. 4. Единственным объяснением отчетливо наблюдавшегося

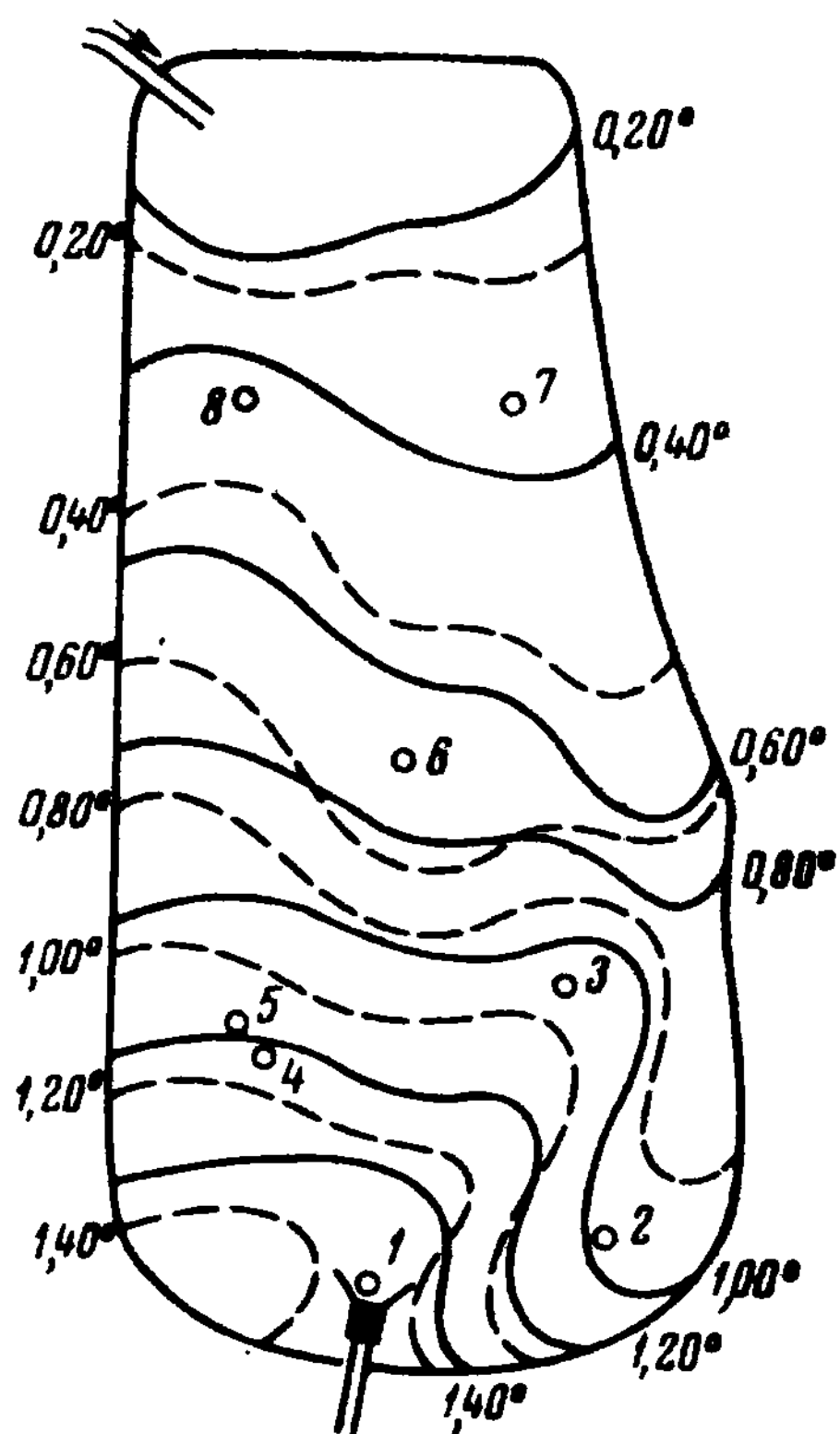


Рис. 5. Предполагаемые изотермы придонного слоя воды (сплошная линия) и грунта (пунктирная линия) пруда № 2 в феврале и марте 1951 г. (Яжелбицы)

1—8 — точки наблюдения

горизонтального градиента температур является нагрев воды грунтом по мере ее продвижения из верховины пруда к водоспуску. Грунт отдает воде тепло; причиной этого может быть либо нагрев грунта за счет происходящих в нем экзотермических биохимических процессов (разложение органического вещества), либо длительная отдача тепла, накопленного грунтом в летнее время. Как нами было показано (Кирпичников, Мосевич, Бауер, Протасова и Гусева, 1955), роль экзотермических процессов в повышении температуры грунта, богатого органическим веществом, крайне незначительна. Основной причиной теплоотдачи грунта следует считать его летний прогрев. Это явление было ранее отмечено Арнольдом и сотрудниками (1941).

На рис. 5 даны средние зимние изотермы для придонного слоя воды и грунта. Закономерное изменение температуры на этом рисунке прослеживается отчетливо. Как мы видим, только в нижней половине пруда в феврале и марте у дна сохраняются температуры выше $0,5^{\circ}\text{C}$. Изгиб изотерм в правой части рис. 5 объясняется наличием здесь глубокой канавы, по которой проходит значительная часть поступающей в пруд воды.

Температура воды и грунта опытного пруда была ниже, чем в пруду № 2, и не поднималась зимой выше $0,2\text{--}0,3^{\circ}\text{C}$ (табл. 7). Слабый прогрев воды связан с усиленным водообменом. Его нельзя объяснить тем, что пруд был залит по мерзлому грунту, так как такая же картина была и в маточном зимовале, залитом при положительной температуре воздуха. В точках, близких к водопадающему лотку, но расположенных несколько в стороне от него на заиленных участках пруда (точки 5 и 6) температура грунта оказалась более высокой (рис. 6, табл. 7).

В апреле при потеплении на четырех нижних точках прогрев придонных горизонтов воды отставал от прогрева остальной водной массы. На пятой и шестой точках, ближайших к притоку, наблюдалась весенняя гомотермия.

Маточный зимовал по температурному режиму близок к опытному (табл. 8). Грунт во всех точках в феврале и марте был немного теплее, чем придонные горизонты водной толщи. Температура одинакова на

всех участках пруда, прогрева воды не происходило в связи с большой скоростью водообмена и песчаными грунтами. Термические условия здесь были еще более суровыми, чем в опытном пруде. В апреле наблюдалась полная гомотермия воды и грунта.

Газовый режим

Газовый режим во всех трех зимовальных прудах был в течение всей зимы благоприятным (табл. 9). В зимовале № 2 некоторое снижение количества кислорода и увеличение пределов колебания его, в особенности в придонном слое, наблюдалось в начале зимы. Позднее, с усилением водообмена, насыщение воды кислородом возросло. Во всех случаях в придонных слоях было меньше кислорода и больше углекислоты, чем в средних. В основном эта разница была следстви-

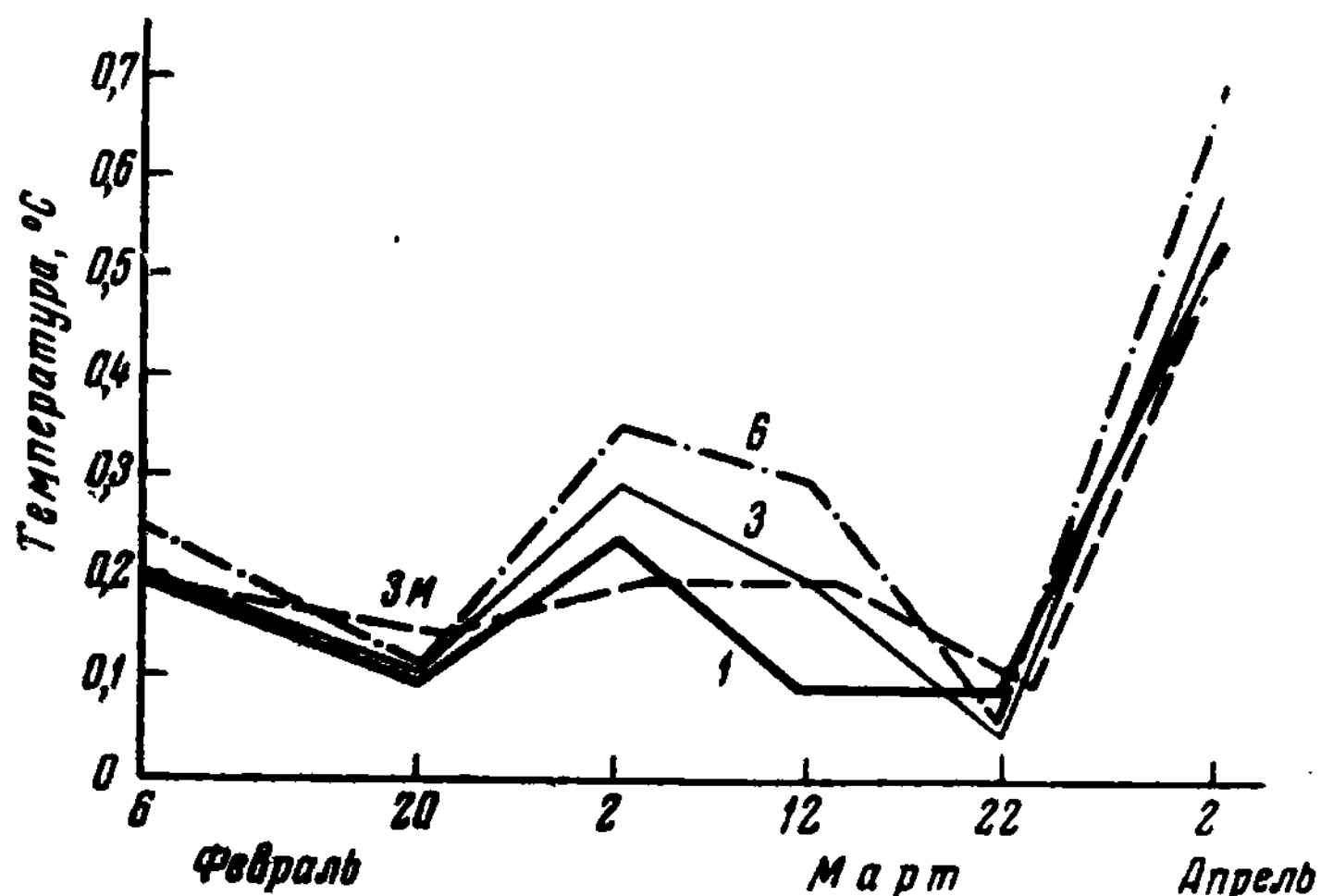


Рис. 6. Изменение температуры грунта в разных точках опытного и маточного прудов (Яжелбицы)

1, 3 и 6 — точки опытного пруда; 3 м — точка маточного пруда

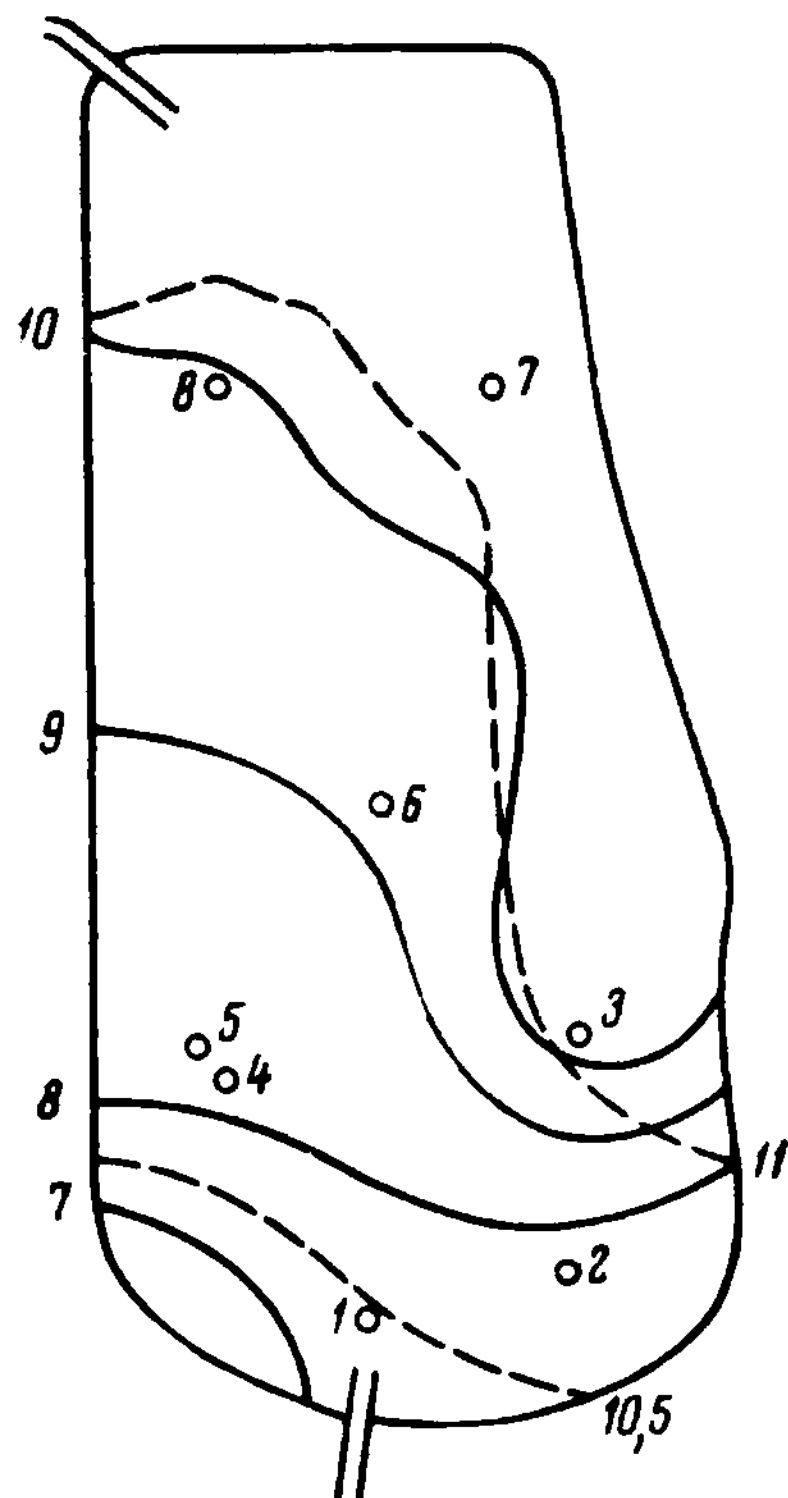


Рис. 7. Предполагаемые изоксигены воды (мг/л) пруда № 2 (Яжелбицы) за февраль и март 1951 г.

1—8 — точки наблюдения; сплошная линия — изоксигены придонного слоя; пунктирная линия — изоксигены среднего горизонта

ем дыхания сеголетков, некоторое значение могло иметь и поглощение кислорода при разложении органических веществ грунта. Снижение количества углекислоты во второй половине марта вероятно связано с начинающимся к этому времени фотосинтезом.

В опытном и маточном прудах содержание кислорода обычно превышало 80% насыщения, различия между придонными и средними горизонтами практически не было. В начале апреля количество углекислоты сильно уменьшилось, очевидно за счет поступления талых вод.

Вода во всех зимовалах, так же как и в водоемнике, имела щелочную реакцию. Слабый сдвиг в кислую сторону (7,80—7,85 вместо 7,85—7,95) был обнаружен в пробах воды, взятых у самого дна, а также в опытном и маточном прудах в конце марта — начале апреля.

Анализ данных по отдельным точкам второго пруда позволил установить по содержанию кислорода четкий горизонтальный градиент. Как и в отношении температурного градиента, мы попытались на чертеже провести линии одинаковых концентраций кислорода у дна (рис. 7).

Таблица 9

Газовый режим зимовальных прудов (Яжелбицы, 1950/51 г.)

Пруд	Определение	Горизонт	Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель	
			колебания	среднее	колебания	среднее	колебания	среднее	колебания	среднее	колебания	среднее
Опыт- ный	О ₂ , мг/л Свобод. СО ₂ , мг/л рН	5 см от грунта	11,3—11,91	11,60	—	—	10,80—12,29	11,56	10,36—12,56	12,11	9,18—12,23	11,06
		Средний	11,3—12,15	11,78	—	—	10,90—12,42	11,63	10,88—12,69	11,98	11,55—13,2	12,04
		5 см от грунта	—	—	—	—	7,55—15,08	11,97	3,3—13,32	7,86	2,2—4,4	3,39
		Средний	—	—	—	—	7,55—12,40	10,08	3,3—13,32	7,47	1,65—3,3	2,38
Ма- точ- ный	О ₂ , мг/л Свобод. СО ₂ , мг/л рН	5 см от грунта	7,5—7,7	7,6	—	—	6,8—8,0	7,87	7,80—8,02	7,91	7,61—7,80	7,73
		Средний	7,3—7,7	7,56	—	—	7,5—8,0	7,91	7,80—8,03	7,92	7,61—7,70	7,64
		5 см от грунта	11,54—12,39	11,24	—	—	10,88—12,47	11,66	11,48—13,44	12,57	11,68—12,44	12,01
		Средний	11,54—12,51	12,02	—	—	10,98—12,41	11,62	12,22—13,18	12,64	11,68—12,38	12,01
№ 2	О ₂ , мг/л Свобод. СО ₂ , мг/л рН	5 см от грунта	—	—	—	—	7,01—12,0	9,41	5,5—11,0	8,17	2,2—3,3	2,75
		Средний	—	—	—	—	8,62—12,94	10,57	3,3—11,0	7,54	2,2—2,75	2,31
		5 см от грунта	7,8	7,8	—	—	7,85—7,95	7,92	6,02—8,00	7,65	7,61—7,8	7,66
		Средний	7,8	7,8	—	—	7,90—8,02	7,93	7,90—8,00	7,94	7,61—7,8	7,66
№ 2	О ₂ , мг/л Свобод. СО ₂ , мг/л рН	5 см от грунта	4,86—11,18	7,99	5,38—10,75	8,57	7,54—12,48	10,05	5,72—12,48	8,91	6,22—13,86	8,67
		Средний	9,96—11,79	11,17	10,13—10,75	10,36	8,60—12,00	10,61	9,32—12,61	10,89	8,32—13,58	11,95
		5 см от грунта	—	—	7,55—14,01	10,78	6,47—15,09	10,64	5,5—11,0	6,82	2,2—11,22	6,71
		Средний	—	—	7,55—10,78	9,16	7,55—14,01	10,28	4,4—7,15	5,50	2,2—6,05	4,18
№ 2	О ₂ , мг/л Свобод. СО ₂ , мг/л рН	5 см от грунта	7,3—7,5	7,45	7,6—7,9	7,76	7,6—7,95	7,84	7,70—7,90	7,81	7,61—8,20	7,84
		Средний	7,5—7,6	7,54	7,8—7,9	7,86	7,65—7,95	7,91	7,82—8,00	7,90	7,70—8,20	7,92

Хорошо заметен изгиб линий по левому берегу пруда (на чертеже справа), который объясняется увеличенной проточностью. Сближение изоксиген между второй и третьей точками мы объясняем тем, что именно в этой части пруда концентрировались зимой большие массы сеголетков (см. ниже).

По содержанию кислорода в средних горизонтах воды пруд № 2 более однороден. Даже у водоспуска количество кислорода превышает 10 мг/л.

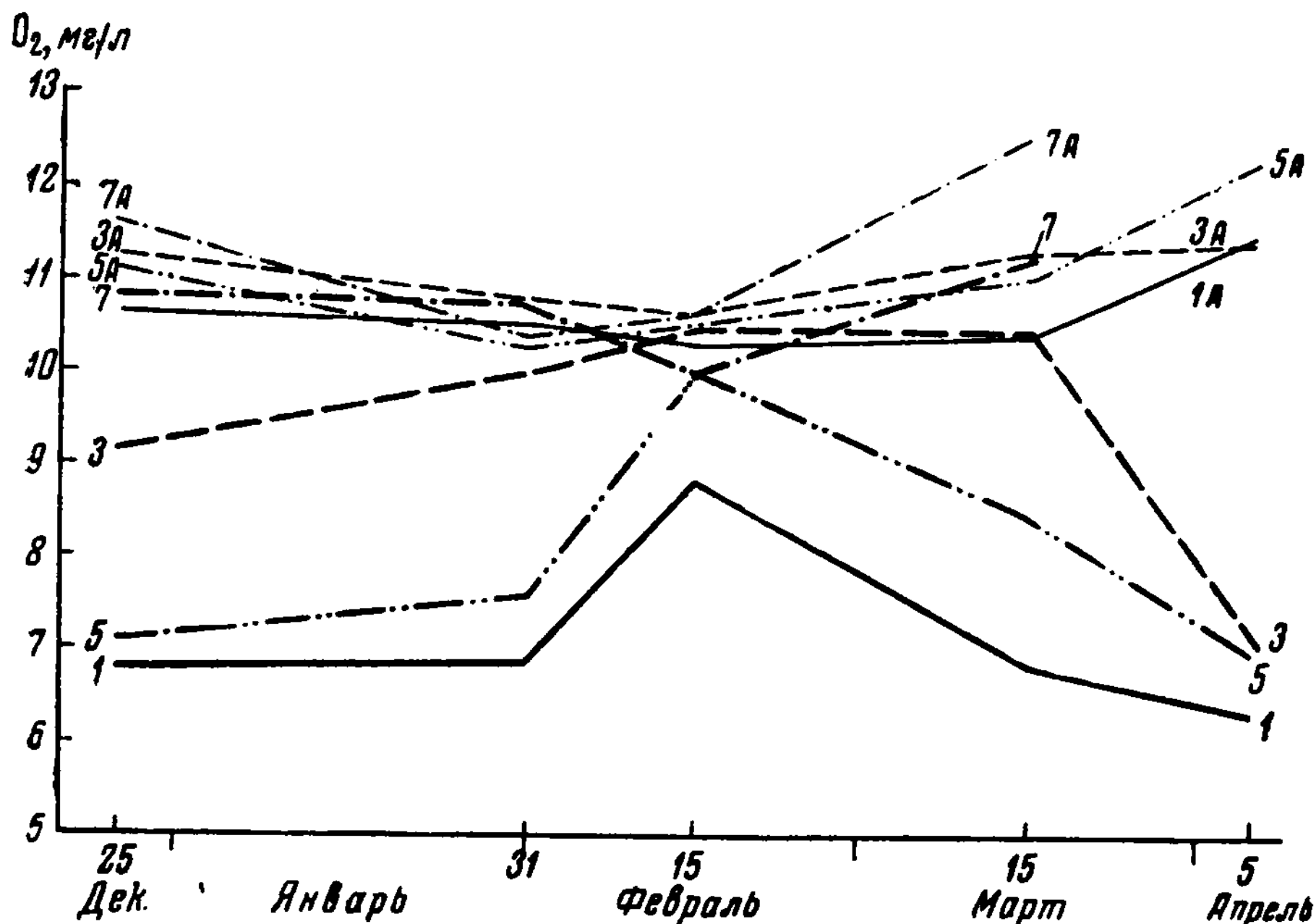


Рис. 8. Изменение количества кислорода в разных точках пруда № 2 (Яжелбицы)

1, 3, 5, 7 — данные для придонного слоя; 1а; 3а; 5а и 7а — то же для среднего горизонта

В течение всех зимних месяцев различие в содержании кислорода в разных точках сохраняется довольно строго (рис. 8). Февральский «пик» в количестве растворенного кислорода остался для нас не совсем понятным, хотя частично он объясним увеличением водообмена в это время. Содержание углекислоты на отдельных участках второго пруда изменялось обратно пропорционально содержанию кислорода, но не поднималось выше 14—15 мг/л. В опытном и маточном зимовалах различия между точками по количеству углекислоты незначительны.

Солевой состав воды

Во все зимовалы Яжелбицкого питомника поступала вода из одного головного пруда. Вода этого пруда довольно сильно минерализована, отличается большим содержанием углекислых солей (количество гидрокарбонатов составляло 250—300 мг/л). Количество сульфатов и хлоридов в воде невелико.

Надо отметить, кроме того, относительно большое содержание в декабре в воде всех прудов железа и небольшое повышение его концентрации в головном пруде в феврале, в зимовалах — в марте (табл. 10). В апреле количество железа снизилось до 0,1—0,2 мг/л. В это же время в связи с поступлением талых вод резко упало содержание гидрокарбонатов. В водоисточнике было найдено всего 36 мг/л HCO_3' ; большое падение обнаружено было у водоспуска маточного пруда в связи с наибольшей скоростью водообмена, несколько меньшее — в опытном.

Таблица 10

Химический состав воды головного сооружения и опытных прудов (Яжелбицы, 1950/51 г.)

Пруд и место взятия пробы	Дата	Горизонт	HCO_3' , мг/л	Cl' , мг/л	SO_4'' , мг/л	Железо сум- марное Fe, мг/л	Окисляе- мость, O_2 мг/л
Головной (во- доподающий лоток)	27. XII	—	263,64	1,72	4,0	0,58	6,23
	1. II	—	291,10	1,26	4,0	0,83	2,80
	14. III	—	302,09	—	—	—	2,91
	6. IV	—	36,62	2,4	1,0	0,10	—
№ 2 (Точка 1)	28. XII	{ Средний	183,39	1,21	2,0	1,28	13,44
		{ Придонный	189,49	1,72	3,0	1,35	14,75
	31. I	{ Средний	277,37	1,79	2,0	0,50	5,36
		{ Придонный	274,63	1,26	3,0	0,88	5,92
	14. III	{ Средний	304,83	2,93	1,0	0,30	2,83
		{ Придонный	304,83	4,49	4,0	1,07	6,39
	6. IV	{ Средний	268,52	1,89	1,0	0,04	—
		{ Придонный	311,24	2,40	1,0	0,16	—
Опытный (Точка 1)	28. XII	{ Средний	183,39	1,21	3,0	1,28	13,08
		{ Придонный	183,39	1,21	2,0	1,28	12,99
	1. II	{ Средний	293,85	1,79	3,5	0,40	3,52
		{ Придонный	291,10	—	—	0,40	5,92
	14. III	{ Средний	302,09	2,40	1,0	0,39	3,68
		{ Придонный	299,34	1,37	1,0	0,47	5,54
	6. IV	{ Средний	122,06	1,89	1,0	0,10	—
		{ Придонный	195,29	2,40	1,0	0,08	—
Маточный (Точка 1)	27. XII	{ Средний	211,46	1,72	3,0	1,35	11,75
		{ Придонный	208,72	3,74	6,0	1,75	10,73
	4. II	{ Средний	209,88	1,79	4,0	—	3,52
		{ Придонный	211,86	1,79	3,5	—	3,52
	14. III	{ Средний	302,09	3,45	1,0	0,39	3,37
		{ Придонный	299,34	2,93	1,0	0,63	4,07
	6. IV	{ Средний	91,54	1,89	1,0	0,15	—
		{ Придонный	97,64	1,37	1,0	0,15	—

В пруду № 2 уменьшение содержания HCO_3' у водоспуска, благодаря замедленному водообмену, в начале апреля еще не было заметно.

Жесткость воды в зимнее время составляла 11—13° Н, весной упала (в подающем лотке) до 1,68° Н.

У водоспуска и посередине пруда количество сульфатов, хлоридов и железа было почти одинаковым. Только во втором пруду у водоспуска железа было несколько больше. В этом же пруду, а отчасти и в маточном наблюдалась вертикальная стратификация количества суммарного железа; в придонном слое его было больше.

Органические вещества поступали в зимовальные пруды в очень небольшом количестве. В прудах, по сравнению с водоемисточником, показатели окисляемости в зимнее время немного повышены. Особенно сильно вода прудов обогащалась органическими веществами в декабре.

В этот период окисляемость воды в прудах составляла 11—15 O_2 мг/л вместо 6,2 O_2 мг/л в источнике водоснабжения. Вероятно такое повышение окисляемости, как и повышение количества железа, связано с разложением оставшихся с осени на ложе прудов органических остатков. Между разными участками прудов различий в этом отношении обнаружено не было. У дна второго и опытного прудов окисляемость несколько выше, чем в средних горизонтах.

В целом зимовалы в Яжелбицах снабжаются доброкачественной, сравнительно жесткой щелочной водой с преобладанием в ней углекислых солей кальция и с весьма незначительным количеством сульфатов и хлоридов. Вода содержит очень мало органических веществ и может быть признана вполне пригодной для зимовки карпа. Влияния грунта на солевой состав воды почти не заметно (кроме декабря), что связано с тем, что грунт здесь беден гумусом. Единственным неблагоприятным фактором может быть только повышенное (сверх 1 мг/л) количество суммарного железа в начале зимовки.

Проверочные химические анализы воды, произведенные в 1952 г., дали в общем такие же результаты, что и анализы 1950 и 1951 гг.

УСЛОВИЯ ЗИМОВКИ В ПРУДУ № 5 РЫБХОЗА «ЗАВЫСОЧЬЕ»

Общая характеристика пруда, водообмен

Пруд № 5 имеет проектную площадь в 12 га и обычно используется в качестве нагульного. На зиму он заливается частично, зеркало воды составляет 4—6 га. Пруд имеет неправильную форму (рис. 9). Зимой его глубина у водоспуска около 2 м. Дно почти по всей залитой зимой площади покрыто толстым слоем (до 0,5—1,0 м) ила, но ил сильно минерализован и не имеет запаха. Вода зимой 1953/54 г. поступала из ручья с лесным водосбором и частично из ключей, выходящих в заливе в северо-восточной части пруда. В этом же заливе находится большая сплавина, поросшая кустарником. Зимой 1954/55 и 1955/56 гг. дополнительным источником водоснабжения служила канава, по которой шла вода из головного пруда рыбхоза. В эти зимы по канаве в пруд поступало в четыре-пять раз больше воды, чем по ручью.

Таблица 11

Температура, водообмен, толщина льда и газовый режим у водоспуска пруда № 5 рыбхоза «Завысочье» (1953/54 г.)

Дата	$t, ^\circ C$	O_2 , мг/л	CO_2 , мг/л	Толщина льда, см	Водообмен в сутки
1. XII	—	3,92	11,0	10	—
10. XII	3,0	4,50	12,5	27	—
20. XII	—	4,50	—	30	39
30. XII	2,5	2,54	—	35	39
10. I	2,6	2,03	11,0	40	30
20. I	2,5	2,32	11,0	40	30
31. I	2,2	2,18	13,0	45	30
10. II	2,1	4,64	11,0	50	27
1. III	1,4	5,80	8,8	54	27
10. III	1,5	4,35	15,0	55	27
20. III	1,4	3,92	13,2	55	27
24. III	1,4	3,52	8,8	—	—

Имея большую площадь и замедленный водообмен, пруд промерзает не очень сильно толщина льда не превышает 50—60 см (табл. 11).

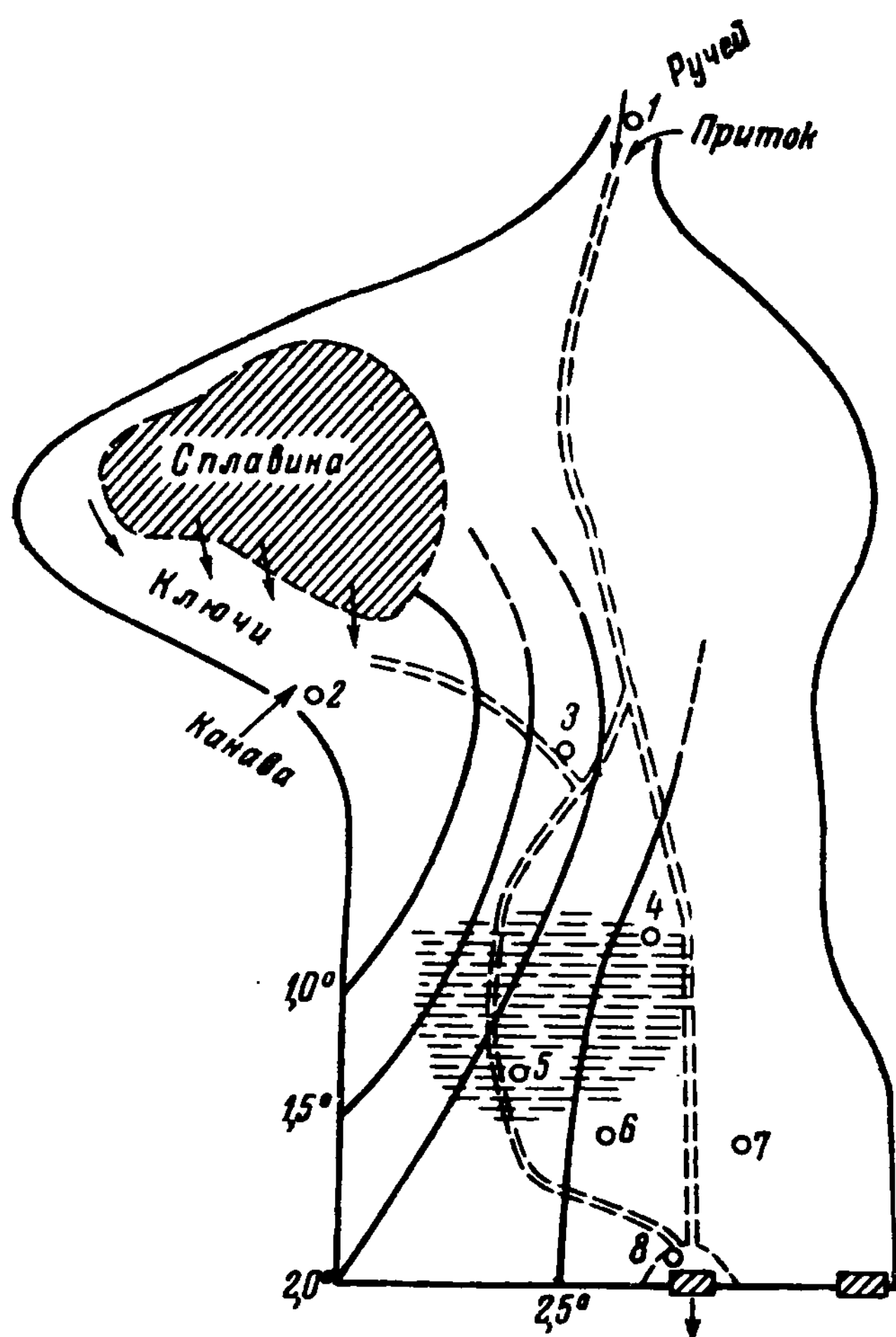


Рис. 9. План пруда № 5 в Завысочье. Расположение точек наблюдения и предполагаемые изотермы придонного слоя воды в январе 1956 г.

Пунктирная линия — расположение канав на ложе пруда. Заштрихованы основные места концентрации рыб (по данным мережного лова)

Это объясняется сильной отдачей тепла грунтом в течение всей зимы, благодаря чему в придонном горизонте сохраняется сравнительно высокая температура (1,5—3,0°).

Термический и газовый режим

Холодная вода, поступающая в пруд, быстро прогревается у дна. Разница между температурой грунта и температурой придонного слоя воды невелика (табл. 12), очевидно в связи с разжиженным состоянием поверхностного слоя ила. Во всей нижней половине пруда (точки 4—8) зимой температура у дна выше 2° С, только в марте вода несколько охлаждается. Горизонтальный градиент температуры выражен достаточно отчетливо.

Оба притока доставляют в пруд воду, богатую кислородом. На середине пруда количество растворенного в воде кислорода оказывается уже резко сниженным (табл. 13); здесь иногда так же, как и у водоспуска, количество кислорода падает до 1—2 мг/л. Параллельно с этим по мере продвижения к водоспуску нарастает количество углекислоты. Тот факт, что нарастание углекислоты и уменьшение кислорода происходят в основном в верхней части пруда, а в нижней изменения в газовом режиме незначительны (табл. 13), говорит об усиленно идущих в

Таблица 12

Термический режим пруда № 5 рыбхоза «Завысочье»

Дата	Горизонт	Температура, С°							Максимальная глубина, см
		Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 7	Точка 8	
		приток (ручей)	приток (канавы)	устье залива	середина	правый угол	левый угол	водоспуск	
12.II 1954	Грунт	—	—	—	2,44*	2,11*	2,93*	2,93*	194
	Вода { 5 см	0,4	—	—	2,23*	2,04*	2,76*	2,76*	
	50 см	—	—	—	1,39*	1,73*	1,97*	2,45*	
	100 см	—	—	—	0,38*	1,09*	0,97*	1,85*	
9.XII 1955	Вода у дна	0,4	—	—	2,0	2,0	—	3,0	213
18.I 1956	» »	2,3	0,1	1,7	2,9	2,4	—	2,7	
42.III 1956	» »	2,2	0,5	—	1,3	1,4	—	1,4	

Примечание. Знаком * отмечены данные электротермии; остальные определения сделаны ртутным термометром.

Таблица 13

Газовый режим и активная реакция воды пруда № 5 рыбхоза «Завысочье»

Дата	Приток (ручей), т. 1			Приток (канавы), т. 2		
	О ₂ , мг/л	СО ₂ , мг/л	pH	О ₂ , мг/л	СО ₂ , мг/л	pH
12.II 1954	12,64	—	7,60	—	—	—
9.XII 1955	13,63	7,7	7,99	—	—	—
18.I 1956	9,54	8,8	7,60	12,16	4,4	7,15
24.III 1956	12,48	3,3	7,40	14,08	5,5	7,20

Дата	Середина пруда, т. 4			Правый угол, т. 5 и 6*			Водоспуск, т. 8		
	О ₂ , мг/л	СО ₂ , мг/л	pH	О ₂ , мг/л	СО ₂ , мг/л	pH	О ₂ , мг/л	СО ₂ , мг/л	pH
12.II 1954	4,32	—	7,00	3,52	—	7,05	6,72	6,6	7,20
9.XII 1955	4,76	13,2	6,82	6,02	11,5	6,41	4,45	12,5	6,82
18.I 1956	0,90	13,2	7,00	2,88	—	7,20	1,95	9,9	7,10
24.III 1956	6,40	6,6	—	4,48	7,2	—	3,52	8,8	6,99

* Данные для точки 6 даются только на 12. II 1954. Остальные данные — для точки 5.

верхней половине пруда окислительных процессах. Об этом же можно судить и по активной реакции воды. В 1954 г., когда дополнительный источник воды (канавы) еще не использовался, вода в ручье имела щелочную реакцию (7,6), а уже в середине пруда активная реакция снижалась до 7. В 1956 г. наиболее низкие значения pH также наблюдались в середине пруда. Несмотря на весьма значительное снижение количества кислорода, накопление углекислоты и сдвиг активной реакции воды в сторону нейтральной и слабокислой, газовый режим пруда оставался в общем удовлетворительным, заморных явлений не наблюдалось ни в одну из трех зим.

Солевой состав воды

Ручей, питающий пруд № 5, характеризуется значительной минерализацией (табл. 14), большим количеством гидрокарбонатов кальция и магния, низкой окисляемостью и умеренным содержанием железа. По канаве поступает слабо минерализованная вода с невысоким содержанием кальция и повышенной окисляемостью. Даже в 1956 г., когда по канаве воды поступало много, вода в пруду оставалась богатой гидрокарбонатами кальция. Это объясняется наличием дополнительных источников снабжения — ключей, а может быть, и выщелачиванием солей из грунта. Щелочной резерв воды пруда, даже в его средней части, остается в течение всей зимы достаточно высоким.

Таблица 14

Солевой состав воды (мг/л) пруда № 5 рыбхоза «Завысочье»

Дата	Место взятия пробы	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼⁼	Cl [']	HCO ₃ [']	Fe общее	Окисляемость перманганатная, O ₂ мг/л
30.III 1953	Приток (канавы)	46,8	1,3	10,9	3,25	109,9	0,6	11,7
12.II 1954	Приток (ручей)	70,0	15,7	10,7	1,0	280,6	0,3	4,9
	точка 3	54,0	8,7	4,1	0,75	213,5	1,0	14,1
	Водоспуск	58,0	10,9	4,1	0,75	250,1	0,75	9,5
9.XII 1955	Приток (ручей)	70,2	15,8	4,8	1,84	278,3	0,98	—
	Водоспуск	65,6	13,4	5,2	2,4	251,5	0,64	—
24.III 1956	Водоспуск	58,1	9,7	6,0	2,6	244,0	0,96	4,1

Падение количества гидрокарбонатов наряду с нарастанием количества железа и увеличением окисляемости в придонных горизонтах средней части пруда надо сопоставить с наблюдающимся здесь же наибольшим снижением количества кислорода и наиболее отчетливым сдвигом в активной реакции воды. Это еще раз говорит о том, что именно здесь с наибольшей активностью протекают окислительные процессы.

В целом пруд № 5 рыбхоза «Завысочье» может быть признан вполне пригодным для зимовки карпа, сходным по солевому составу воды и по наличию горизонтального градиента температуры и кислорода с зимовалом № 2 рыбопитомника «Яжелбицы». От Яжелбицких прудов пруд № 5 отличается размерами и илистыми грунтами. В связи с этим для него характерны бо́льший прогрев воды у дна и более заметное влияние грунтов на минеральный состав, газовый режим и окисляемость воды.

УСЛОВИЯ ЗИМОВКИ В ЗИМОВАЛЕ № 1 РЫБХОЗА «ЗАВЫСОЧЬЕ»

Общая характеристика пруда

Пруд площадью около 2 га имеет форму вытянутого прямоугольника (рис. 10) и глубины 2—2,5 м (одинаковые почти по всей площади). Грунты суглинистые, местами имеются торфяные участки. Вода поступает по канаве из головного пруда. Часть канав на ложе пруда летом не осушается и они сильно заилены. Левая канава проходит через заболоченный участок.

На девяти точках дважды за зиму проводилось измерение температуры электротермометром и взятие проб для анализов воды. Скорость

водообмена колебалась в пределах 12—20 суток. Лед достигал к концу зимы толщины около 70 см. Зима 1952/53 г. была довольно суровой, но неровной, в начале марта наблюдалось значительное потепление, затем снова наступила морозная погода. Подледный период продолжался около 160 дней.

Термический и газовый режимы

Как и в других прудах, исследованных ранее, в пруду № 1 резко выражен горизонтальный градиент придонных и грунтовых температур (рис. 10, табл. 15). Особенностью температурного режима этого пруда является наличие двух зон низкой температуры — зоны, примыкающей к водоемному источнику, и зоны, расположенной в нижней части пруда у правого берега. Наличие последней объясняется, вероятно, прохождением притекающей в пруд воды вдоль правого берега, в то время как центральная и левая канавы остаются вне главного течения. Наиболее прогретыми являются участок, примыкающий к водоспуску, и узкая полоска у центральной канавы посередине пруда. В целом пруд надо считать холодным. Только в немногих местах температура у дна поднимается выше 1°.

Между температурой грунта и температурой воды имеется существенное различие, особенно большое в точке 5 (центральная канава) и, отчасти, в точках 3 и 1. Несомненно корреляция между степенью заиленности грунта и разницей температур «грунт — вода».

Содержание кислорода в связи со значительным водообменом мало снижается по мере продвижения к водоспуску. Значительное снижение наблюдается в точке 8, лежащей на торфянистом участке в стороне от главного тока воды и особенно в точке 5 в глубокой канаве. В марте резко упало количество кислорода и у водоспуска, в связи с чем 28 марта водообмен в пруду был усилен.

Активная реакция воды притока, рН, равнялась в январе 7,4. По данным последующих анализов (1955 и 1956 гг.), чаще всего активная реакция водоемного источника зимой равнялась 7,15—7,20. В пруду реакция становится нейтральной, слегка сдвигаясь в кислую сторону. Количество углекислоты ни в одном случае не поднималось более, чем до 5 мг/л.

Солевой состав воды

Вода, поступающая в пруд, отличается слабой минерализацией (табл. 17). Она содержит небольшое количество кальция и магния, в ней мало гидрокарбонатов и сульфатов, совсем немного хлоридов и железа. За исключением железа солевой состав воды, поступающей в

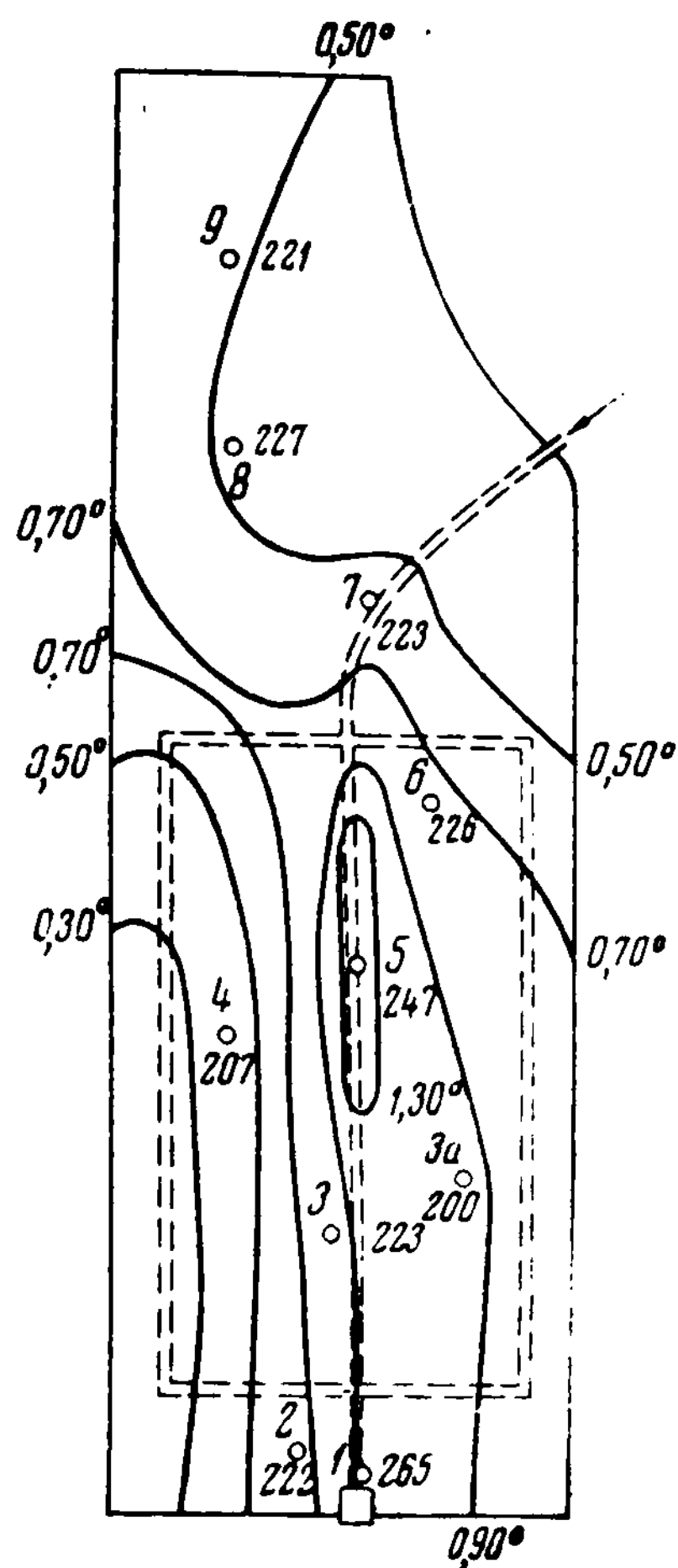


Рис. 10. План пруда № 1 в Завысочье. Расположение точек наблюдения и предполагаемые изотермы придонного слоя воды в январе 1953 г.

Пунктирная линия — расположение канав на ложе пруда, цифры около точек — глубины в см

Таблица 15

Термический режим, содержание кислорода и активная реакция воды
пруда № 1 рыбхоза «Завысочье»

Дата и место взятия пробы	Исследованные точки									
	1 (водо- спуск)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (водо- подаю- щий ло- ток)
Температура, °С										
1—3.II 1953										
Грунт	1,55	0,82	1,03	0,51	2,04	1,12	0,80	0,59	0,72	—
Вода { 5 см от грунта	1,04	0,64	0,75	0,37	1,41	0,87	0,65	0,49	0,52	0,23
{ 1 м »	0,18	0,18	0,23	0,23	0,35	0,45	0,47	0,45	0,20	—
28—29.III 1958										
Грунт	1,55	—	0,92	0,29	1,60	0,59	—	0,44	0,49	—
Вода { 5 см от грунта	1,36	—	0,76	0,38	1,27	0,63	—	0,45	0,43	0,38
{ 1 м »	0,49	—	0,51	0,28	0,52	0,44	—	0,36	0,26	—
Содержание кислорода, O ₂ мг/л										
30.I 1953										
Вода, 5 см от грунта	8,53	11,06	11,69	11,95	5,04	10,08	10,71	7,56	10,71	12,91
28.III 1953										
Вода, 5 см от грунта	1,92 6,08*	9,92	9,60	9,76	6,08	8,16	—	6,72	8,96	8,96
Активная реакция воды (pH)										
30.I 1953										
Вода, 5 см от грунта	7,0	7,0	7,15	7,0	7,0	7,2	7,0	7,2	7,2	7,4

* Второе определение кислорода провели 29.III, через сутки после усиления притока воды.

пруд, в самом пруду почти не меняется. Количество железа оказалось на некоторых участках очень высоким. При взятии воды в точке 3а на расстоянии 1 см от грунта в ней оказалось до 11 мг железа, после фильтрования — свыше 5 мг. Еще больше железа в точке 5 (центральная канава), но здесь из-за наличия разжиженного ила в пробу неизбежно попадает и осажденное железо; в фильтрованных пробах количество железа снижается до 4 мг. У водоспуска, как и у водисточника, вода имеет совсем немного солей железа. Накопление железа несомненно происходит в самом пруду, за счет железистых соединений, содержащихся в грунте.

Повышенное содержание органических веществ в воде пруда № 1 заставило нас попытаться провести их более детальный анализ. Фульвокислоты были найдены в значительно больших количествах, чем гуминовые кислоты. Особенно возрастает количество фульвокислот в придонных горизонтах. Если перманганатная окисляемость воды доходит до 18 O₂ мг/л (табл. 16), то бихроматная колеблется в пределах от 30 до 69 O₂ мг/л. Эти цифры для зимних условий весьма большие.

Таким образом условия зимовки сеголетков в пруду № 1 надо считать крайне неблагоприятными и гибель в нем большей части рыбы в течение многих лет не представляет ничего удивительного. Термический режим пруда явно неудовлетворителен. Как раз на наиболее теплых участках имеются заболоченные грунты с торфом, содержащим много

Таблица 16

Солевой состав воды (мг/л) пруда № 1 рыбхоза «Завысочье»

Дата и место взятия пробы	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼⁼	Cl [']	Fe ⁺⁺ +Fe ⁺⁺⁺		HCO ₃ [']	Окисляе- мость перман- ганатная, O ₂ , мг/л
					в есте- ственной воде	в фильтро- ванной воде		
30.I 1953								
Точка 10 (водоисточник)	34,3	0	10,9	2,24	—	—	103,7	11,7
Точка 1, водоспуск	37,2	1,3	10,9	2,76	—	—	97,6	18,3
30.III 1953								
Точка 10 (водоисточник)	46,8	1,3	10,9	3,27	0,6	0,6	109,9	—
Точка 5; 5 см от грунта	—	—	—	—	15,0	3,98	—	—
Точка 3а; 5 см от грунта	45,6	1,3	14,2	2,76	3,2	1,34	115,9	—
1 см от грунта	—	—	—	—	11,1	5,38	—	—
Точка 2; 5 см от грунта	—	—	—	—	1,0	0,8	—	—
Точка 1 (водоспуск)	54,3	1,3	13,8	2,76	0,75	0,67	122,1	—

железа. Грунты на этих участках богаты гумусом. Избыток органических веществ, в частности фульвокислот, препятствует выпадению железа в виде нерастворимых солей, в результате у самого дна, т. е. там, где концентрируется рыба, накапливается много железа, главным образом в виде органических соединений. Снижается здесь и содержание кислорода. Рыбы, несомненно, стремятся уйти на другие участки пруда и попадают в условия резко сниженных температур. Отрицательное значение имеет и низкий щелочной резерв воды этого пруда, способствующий накоплению железа и неблагоприятному действию его соединений на зимующих рыб.

ПОВЕДЕНИЕ СЕГОЛЕТКОВ ВО ВРЕМЯ ЗИМОВКИ

В Яжелбицких прудах зимой 1950/51 г. проводили контрольные обловы зимующих рыб при помощи мереж. В пруду № 2 в начале января на дне было установлено шесть мереж (места их расположения указаны на рис. 3), в феврале, марте и апреле их периодически просматривали. При всех просмотрах в мережах были найдены рыбы. Рыбы попадали во все мережи, но главным образом в три мережи, поставленные ближе к середине пруда. В опытном зимовале в четырех установленных в нем мережах только в январе обнаружили значительное количество рыбы, затем мережи вынимали пустыми (за исключением поимки двух рыб в марте и апреле).

В Яжелбицах, в зимовале № 2, в мережах было обнаружено: 3—4 февраля 12 сазанов и 3 карася (главным образом в мережах № 4—6); 13 февраля — 10 сазанов и 3 карася (в мережах № 2, 3, 4 и 5 по три рыбы и в № 6 — четыре рыбы); 3—4 марта — 6 сазанов и 9 карасей (в мережах № 2 и 6 по три рыбы и в № 3 и 4 — по две); 3—4 апреля было выловлено всего 50 сазанов и карасей (много рыб в мереже № 4, одна — в мереже № 5 и более семи рыб в мереже № 7).

В то же время в опытном зимовале, соответственно, было выловлено: 3—4 февраля во всех мережах шесть сазанов и гибридов, а также семь карпов; 13 февраля во всех мережах ничего не обнаружено; 3—4 марта выловлен только один сазан; 3—4 апреля — только один карп.

Таким образом, в зимовале № 2 было выловлено более 93 рыб, а в опытном — 15 рыб.

Из данных мережного лова следует, что в пруду № 2 на участках, близких к водоспуску, сеголетки зимою находились в небольшом количестве. Основным местом концентрации сеголетков была средняя часть пруда, в которой, по-видимому, обеспечивается сочетание относительно теплой воды, и благоприятного кислородного режима. При придонной

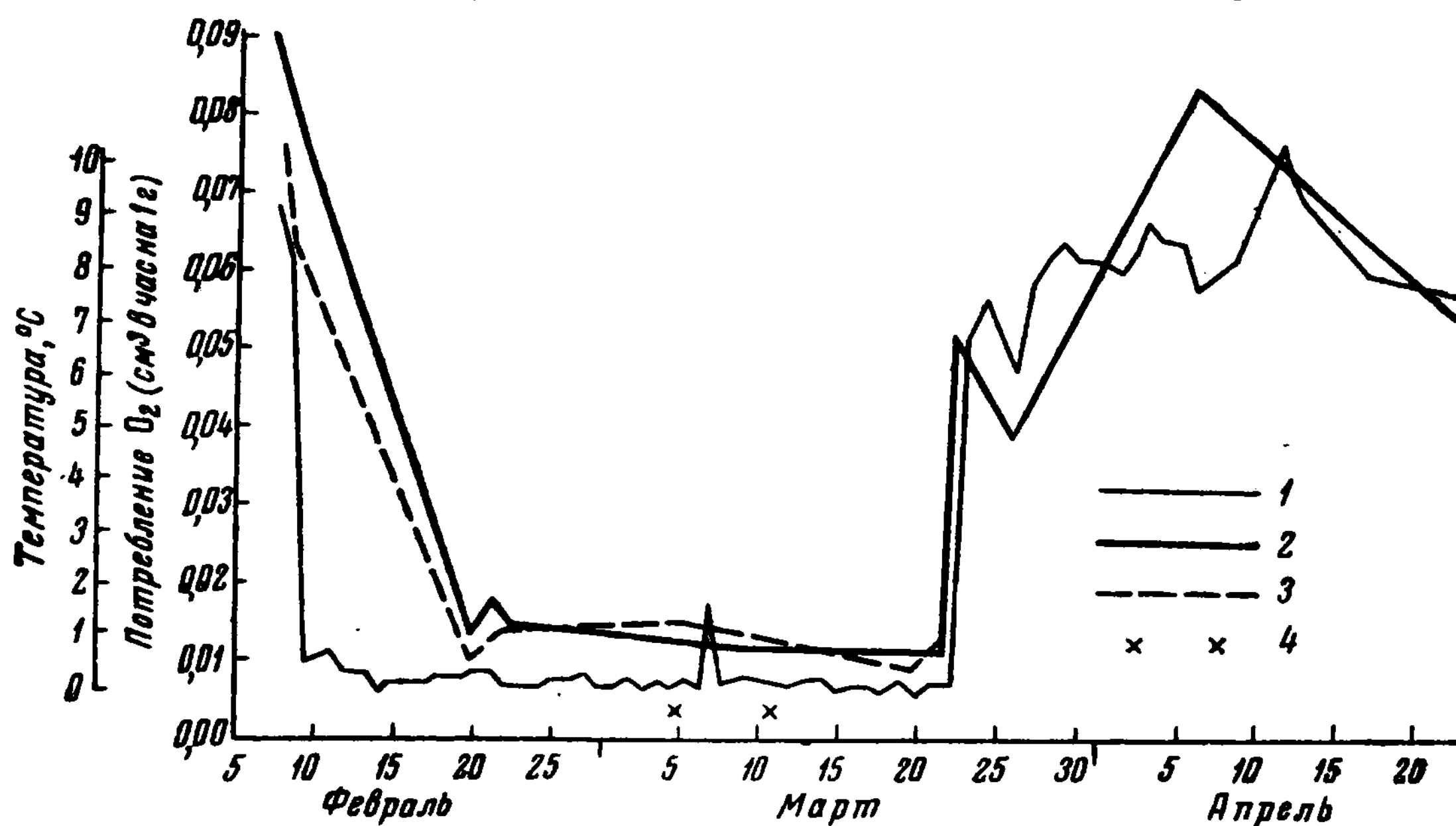


Рис. 11. Потребление кислорода сеголетками сазана и гибридами в охлажденной до 0° воде

1 — температура воды; 2 — потребление O_2 амурскими сазанами;
3 — потребление O_2 гибридами; 4 — время гибели гибридов

температуре 1—1,5° подвижность сеголетков амурского сазана сохраняется, хотя их передвижение у дна пруда совершается, очевидно, медленно. Передвигаются здоровые сеголетки, а не только больные, как это считалось ранее. В этом отношении наши данные полностью согласуются с выводами В. А. Сигова (1940а). В опытном пруду при температуре ниже 0,2° наблюдается почти полная неподвижность сеголетков, начиная с февраля. Передвижение происходит только в первые месяцы зимы, пока влияние низкой температуры не оказало еще сильного угнетающего действия. Это согласуется с результатами опыта, проведенного в Ленинграде с сеголетками сазана и гибридами, взятыми из Яжелбиц осенью. До 16 февраля они содержались при 6—12° С, затем шесть рыб были на 40 дней посажены в аквариумы с температурой в 0—0,1° С. В течение опыта рыбы оставались совершенно неподвижными (при отсутствии какого-либо источника беспокойства). Уровень потребления кислорода у всех рыб во время опыта постепенно снижался (рис. 11). Все три сазана благополучно перенесли этот опыт, из трех гибридов два погибли на 25 и на 30 день опыта, но они имели низкую упитанность и это могло понизить их холодостойкость.

Опытный лов мережами в прудах рыбхоза «Завысочье» дал следующие результаты. В пруду № 5, благополучном по исходу зимовки, рыбы попадали в мережи, поставленные недалеко от середины пруда; очевидно и здесь рыбы предпочитали участки со средними значениями температуры и кислорода. В зимовале № 1, при постановке мереж в средней части пруда (ближе к левому берегу, где температура воды была выше),

опытный лов в январе дал здоровых сеголетков с хорошей упитанностью. В марте на этих же участках было выловлено до 15 сеголетков, но из них многие были очень слабыми, а несколько штук оказались мертвыми. Причина гибели была ясна, так как и мережи и сами рыбы (особенно их жабры) были покрыты ржавым железистым налетом. Попавшие в мережи сеголетки не могли выбраться на более чистые участки и погибали. Большая часть сеголетков в это время очевидно двигалась в толще воды и погибала, не находя благоприятных условий для зимовки.

Таким образом, при благоприятном гидрохимическом режиме рыбы выбирают в больших прудах, где имеется градиент температуры и кислорода, участки в средней части пруда с наилучшим сочетанием этих факторов. Сеголетки находятся в таких прудах при температуре выше 1°C в слабо активном состоянии и очень медленно передвигаются по дну пруда. В небольших прудах с очень холодной водой хорошего качества рыбы, находясь также на дне, почти неподвижны, все их функции, вероятно, сильно подавлены. При неблагоприятных гидрохимических условиях или недостатке кислорода неизбежно начинается подъем рыб в верхние горизонты. Такое движение мы наблюдали в пруду № 1 рыбхоза «Завысочье», а также в Школьном и Балдышевом прудах рыбхоза «Соколово» (Кирпичников, Мосевич, Протасов, Бауер и Гусева, 1955). Массовое движение и подъем рыб приводят к их быстрому истощению, попаданию в верхние холодные слои и к гибели от нарушения дыхательных функций и от заболеваний.

ПАЗИТАРНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЗИМУЮЩИХ РЫБ

Тщательное исследование зимующих сеголетков амурского сазана методом полного паразитологического исследования мы провели в Яжелбицах. В зимние месяцы для просмотра были использованы рыбы, выловленные мережами, т. е. сеголетки, нормально держащиеся у дна пруда.

Состав паразитофауны, за немногими исключениями, оставался на протяжении зимы постоянным (табл. 17). Падение зараженности триходиной и мелкими сосальщиками является вероятно следствием пропуска осенью всего посадочного материала через солевые ванны.

В отношении отдельных видов паразитов надо сделать несколько замечаний.

Хилодон (*Chilodonella cyprini*) осенью на сеголетках сазана не был обнаружен. В феврале в зимовале № 2 было установлено слабое заражение, которое затем усиливалось, вплоть до весеннего облова. Весной хилодон найден у всех рыб в довольно значительном (до 18 шт. в поле зрения), но далеком от летального, количестве. В опытном зимовале в феврале хилодона не было, весной заражение оказалось таким же, как и в пруду № 2.

Благополучное положение с хилодоном объясняется снабжением зимовалов водой из головного пруда, слабо заселенного рыбами (форелью, гольцом и верховкой), а также низкой температурой воды в прудах и тщательным соблюдением профилактических мероприятий. Могла иметь значение и хорошая упитанность сеголетков.

Заражение **амурским сосальщиком** (*Dactylogyrus solidus*) сохраняется на протяжении всей зимы примерно на одном уровне. При всех просмотрах были найдены и крупные и мелкие (молодые) экземпляры, а изредка и личинки, лишенные копулятивного аппарата. Количество личинок увеличилось в апреле. Нет сомнения, что этот крупный сосальщик,

Таблица 17

Паразитофауна сеголетков и годовиков амурского сазана
во время зимовки 1950/51 г.

Вид	Выростной пруд		Зимовал № 2			Опытный зимовал	
	осенний облов 20. X	3. II	3. III	4. IV	весенний облов 24. IV	3. II	весенний облов 27. IV
Chilodonella cypri- ni	—	40/0—1	5 из 6/0—2	100/2—17	100/2—18	—	100/1—24
Ichthyophthirius multifiliis	—	7/0,07	4 из 6/1,8	13/0,3	—	—	—
Trichodina domer- guei megamicronuc- leata	93	13/0—1	2 из 6/0—1	27/0—1	20/0—1	—	47/0—1
Dactylogyrus vasta- tor	13/0,13	—	—	—	—	—	—
D. anchoratus . .	47/1,4	—	1 из 6/1,7	—	7/0,07	—	—
D. solidus	87/4,5	53/1,2	4 из 6/2,7	53/1,3	47/1,4	4 из 6/1,1	53/1,4
D. achmerovi . . .	60/1,2	—	4 из 6/1,8	7/0,07	13/0,13	—	—
Gyrodactylus sp. .	7/0,07	—	—	—	—	—	—
Caryophyllaeus fi- mabriceps	13/0,13	13/0,4	2 из 6/0,5	—	27/0,3	1 из 6/0,17	13/0,13
Число исследо- ванных рыб	15	15	6	15	15	6	15

Примечание. В числителе — процент зараженных рыб, в знаменателе — среднее число паразитов в поле зрения микроскопа (хилодон и триходина) или среднее количество паразитов на одну рыбу (остальные виды).

отличающийся своим приспособлением к более низким температурам, чем другие виды Dactylogyrus (Бауер, 1951), размножался в Яжелбицах в течение всего зимнего периода. Размножение при низкой температуре воды в прудах шло медленно, поэтому не происходило накопления паразитов на рыбах во время зимовки.

Гвоздичник (Caryophyllaeus) также был найден при всех обловах, кроме апрельского, что, вероятно, объясняется случайностью. По Дубининой (1949), гвоздичники, оставшиеся с осени в желудках сазана, отмирают к середине зимы. В яжелбицких прудах заражение этим паразитом происходило в течение всей зимы. Об этом можно судить по тому, что нами в отдельных случаях были обнаружены молодые паразиты (3—5 мм длиной), а также по наличию при всех вскрытиях половозрелых червей с вполне зрелыми яйцами. Таким образом зимой, даже при очень низкой температуре воды, полного освобождения рыб от этого паразита не происходит.

Заражение гвоздичником наблюдается, как известно, при заглатывании рыбами промежуточных хозяев паразита — Tubifex, Limnodrilus и др. Очевидно, годовики сазана способны питаться зимой при температуре 1°С и ниже. С этим согласуется обнаружение нами 3 марта

1951 г. в кишечнике одного из вскрытых сазанов полупереваренных остатков олигохет, личинки жука и четырех циклопов.

Из всех паразитов, обнаруженных на зимующих рыбах, известную опасность в условиях изученных нами зимовалов представляет только хилодон.

В качестве профилактических мер против его массового размножения можно рекомендовать следующие мероприятия:

1. Устройство родникового водоснабжения или сооружение фильтров на канавах или лотках, питающих зимовалы (для уменьшения опасности заноса инвазионного начала извне).

2. Дезинфекция ложа зимовальных прудов с целью уничтожения цист паразита.

3. Тщательное проведение солевых ванн.

В Завысочье, как и в Яжелбицах, основным паразитом в весеннее время являлся хилодон; но и там его количество было сравнительно небольшим, только у ослабленных истощенных рыб заражение иногда оказывалось довольно интенсивным.

В заключение надо отметить, что в опытном зимовале, несмотря на температуру воды, близкую к 0°, сазаны, гибриды и даже карпы не заболели болезнью Штаффа. При хорошем качестве воды и грунтов и при удовлетворительной упитанности эта болезнь не поражает зимующих сеголетков даже при крайне низких температурах.

ВЫЖИВАЕМОСТЬ, ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСА И УПИТАННОСТИ СЕГОЛЕТКОВ ЗА ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В пруду № 2 Яжелбицкого питомника рыбы перезимовали в 1951 г. (как и в предыдущие годы) хорошо (табл. 18). Еще лучше прошла зимовка в 1952 г., хотя на этот раз плотность посадки рыб на зиму была значительно большей. В опытном зимовале, несмотря на посадку сеголетков в морозную погоду (в первых числах ноября), все три породные группы перенесли зиму также хорошо. Наибольший отход дали карпы (26,6%), хотя они имели наибольший средний вес при посадке и высокую упитанность.

Не так благополучно проходила зимовка в Завысочье. В пруду № 1, и раньше всегда дававшем отход не менее 50%, удовлетворительно перезимовали только очень крупные гибриды. Сеголетки с весом, близким к стандартному, погибли почти целиком. В пруду № 5 (выростном) гибели зимой не наблюдалось. В этом пруду в течение обеих зимовок отход происходил только осенью за счет травмированных при облове сеголетков и в незначительных размерах — весной. Трудность вылова в этом пруду рыб из-за сплавнины и подъема годовиков весной вверх по ручью приводила к большому недолову: фактически отходы здесь вряд ли превышали 10—15%. Особенно много рыб осталось в пруду в 1955 г.

В маточном пруду в Яжелбицах зимовали карпы и сазаны старших возрастов. Отход за зиму составил всего 2—3 экземпляра. В предыдущие годы в маточный зимовал подсаживали в небольшом количестве сеголетков сазана, гибридов и карпов, из них только мелкие (до 30 г весом) или слабо упитанные карпы погибали в значительном количестве.

Изменения в весе и упитанности во всех благополучных по исходу зимовки прудах были в пределах нормы (табл. 19). Сазаны и гибриды потеряли в весе от 6,6 до 11,6%, карпы — 17,4%. Нормальным было и

Таблица 18

Результаты зимовки сеголетков в опытных прудах

Рыбхоз	Пруд	Площадь, га	Год зимовки	Породная принадлежность рыб	Выживаемость		Средний вес при посадке, г	Плотность посадки рыб, экз/га
					посажено, шт.	отход, %		
«Яжелбицы»	№ 2	1,6	1950/51	Амурские сазаны	64 700	11,8	11,6	73 700
				Серебряные караси	53 200 *	29,5 *	12,9	
	Опытный	0,10	1951/52	Рипусы	672	4,2	ок. 50	—
				Амурские сазаны	267 000	4,5	24,0	166 900
			1950/51	Амурские сазаны	2 800	10,0	16,7	60 000
				Гибриды второго поколения .	162	9,3	13,4	
«Завысочье»	№ 1	2,0	1952/53	Разбросанные карпы	3 040	26,6	32,7	24 860
				Гибриды третьего поколения .	25 500	23,5	59,3	
				Гибриды третьего поколения .	24 200	92,3	24,3	
	№ 5	4—5	1953/54	Производители и ремонт	85	2,3	1615	—
				Гибриды третьего поколения .	200 000	37,0**	26,9	73 000
				Серебряные караси	93 000	32,0**	10,5	
			1954/55	Производители и ремонт	415	5,5	1170	—
				Гибриды третьего поколения .	247 000	50,0**	20,7	62 000

* Подсчет карася при посадке был не точен, отход фактически был меньше.

** Значительная часть рыб не была выловлена, действительный отход не превышал 15—20%.

Таблица 19

Изменение веса и упитанности сеголетков за зимний период

Рыбхоз	Пруд	Год зимовки	Породная принадлежность рыб	Уменьшение веса		Коэффициент упитанности К		Жирность, %	
				г	%	при посадке	при вылове	при посадке	при вылове
«Яжелбицы»	Опытный	1950/51	Амурские сазаны	1,1	9,5	2,56	2,26	5,50	2,70
		1950/51	Амурские сазаны	1,1	6,6	2,59	2,32	—	2,15
			Гибриды второго поколения . .	1,5	11,6	2,75	2,33	—	—
			Разбросанные карпы	5,7	17,4	3,09	2,69	—	—
			Гибриды третьего поколения . .	2,7	10,0	2,55	2,40	2,5	—
«Завысочье»	№ 5	1953/54	Гибриды третьего поколения . .	2,7	10,0	2,55	2,40	2,5	—

уменьшение коэффициента упитанности. Только в пятом пруду у гибридов отмечена неожиданно малая потеря веса. Небольшое уменьшение упитанности в этом случае объясняется питанием сеголетков в весенний период. В большом пятом выростном пруду были участки (около сплавины), богатые весной личинками хирономид.

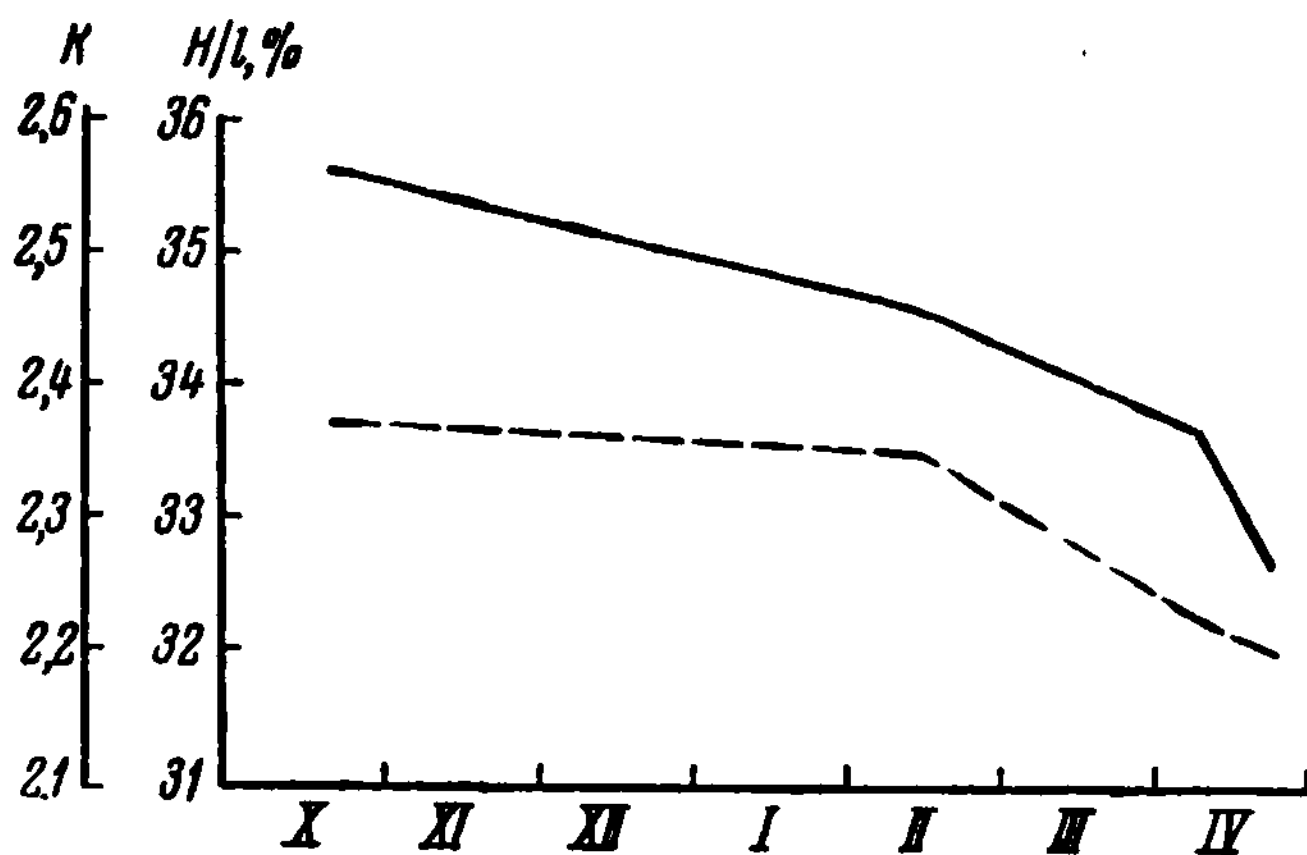


Рис. 12. Изменение показателей упитанности сеголетков амурского сазана в течение зимы 1950/51 г. (Яжелбицы, пруд № 2).

Сплошная линия — коэффициент упитанности (K),
пунктирная линия — индекс высокоспинности (H/I, %)

Для неблагоприятного по результатам зимовки первого пруда рыбхоза «Завысочье» цифры потерь в упитанности и весе не могли быть вычислены, так как здесь погибли преимущественно мелкие экземпляры.

Потери в жирности оказались в Яжелбицах весьма значительными.

Особенно низкой была жирность годовиков, выловленных из опытного пруда. Надо только отметить, что рыбы, предназначенные для этого зимовала, жили осенью более трех недель в маленьком прудике и могли быть сильно истощены. Исходное определение жирности произведено было до отсадки сеголетков в этот пруд. В обоих прудах большая потеря жира несомненно связана с длительным голоданием сеголетков в осенний и весенний периоды. По данным П. Н. Бризиновой (1958), чаще всего жирность сеголетков падает за зиму на 1,5—2%.

В течение зимы упитанность сеголетков изменялась неравномерно (рис. 12). До середины февраля изменение коэффициента упитанности (K) и индекса высокоспинности (H/I %) незначительно. В феврале, марте и апреле оба эти показателя снижаются; чем ближе к весне, тем это снижение идет быстрее. Ускорение исхудания в весенние месяцы является в основном результатом увеличения в это время активности рыб.

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ДЛЯ ЗИМОВКИ СЕГОЛЕТКОВ КАРПОВ, АМУРСКИХ САЗАНОВ И ИХ ГИБРИДОВ

Результаты исследования зимовальных прудов в рыбхозах «Яжелбицы» и «Завысочье», а также детальное изучение прудов рыбхоза «Соколово» (Кирпичников, Мосевич, Бауер, Протасова и Гусева, 1955) позволяют сделать попытку сформулировать требования, которым должны удовлетворять зимовальные пруды для сеголетков карпа, амурских сазанов и их гибридов.

Эти требования относятся в основном к прудам северных и северо-западных районов, но можно считать, что они приложимы и к прудовым хозяйствам центральных и восточных районов РСФСР, Латвии и Белоруссии.

Устройство и водоснабжение зимовальных прудов

Одним из важнейших требований при строительстве зимовальников является хорошее качество грунтов. Зимовка проходит благополучно в прудах со слабозаиленным плотным грунтом лугового типа (суглинистым или супесчаным). Ложе прудов не должно быть заболоченным. Можно использовать как зимовальники пруды со значительными отложениями ила, но только в том случае, если этот ил хорошо минерализован. Примером может служить пятый пруд рыбхоза «Завысочье». Торфянистые, богатые гумусом и железом грунты резко ухудшают условия зимовки (пруд № 1 в «Завысочье», Балдышев пруд в «Соколово»). Косвенный показатель плохого состояния грунтов — большая разница между температурой грунта и температурой прилегающего к нему слоя воды.

Размеры прудов могут быть различными. Предпочтительнее строить пруды больших размеров, площадью в 0,5—1 га и больше; в них создаются, благодаря отдаче тепла грунтом, горизонтальные градиенты температуры воды и содержания в воде кислорода. В таких прудах рыба имеет возможность выбрать участки с наиболее благоприятным сочетанием термического и газового режимов. Хорошо может проходить зимовка и в выростных прудах площадью в несколько га, но при условии обеспеченного водоснабжения, достаточных глубин и доброкачественных грунтов.

Использование маленьких прудов (площадью до 0,5 га) при холодном водоисточнике допустимо, если в хозяйстве разводятся холодоустойчивые формы рыб (сазаны и гибриды). При разведении карпа эксплуатация маленьких обычно очень холодных прудов возможна только в том случае, если посадочный материал имеет большой вес (30—40 г и больше) и высокую упитанность («К» более 3). В небольших зимовальниках особую важность приобретает хорошее качество водоисточника и ложа прудов.

Глубина зимовальников во всех районах с суровыми зимами должна быть не менее 2,5 м у водоспуска. Большие глубины на значительной части пруда способствуют поддержанию в прудах не слишком резкого вертикального градиента температуры в подледном слое и тем самым обеспечению лучших условий зимовки. По форме зимовальные пруды могут быть различными. Для ликвидации «мертвых» пространств лучше делать пруды вытянутыми, с длиной, превышающей ширину в два-три раза. Очень важным требованием является устройство на ложе пруда сети широких канав с равной шириной и глубиной (для поддержания равномерного водообмена на всей площади пруда).

Решающее значение для благополучного исхода зимовки имеет качество воды в водоисточнике. Вода должна иметь слабо щелочную реакцию (7,2—8,6) и содержать довольно значительное количество кальция (Ca^{++} более 60 мг/л) и иона HCO_3^- (250 мг/л и более). Умеренно минерализованные карбонатно-кальциевые воды со значительным щелочным резервом следует считать наиболее желательными для снабжения зимовальных прудов. Количество суммарного железа в водоисточнике не должно превышать 0,8—1,0 мг/л. Необходимо обеспечить снабжение прудов водой, обогащенной кислородом (O_2 не менее 8—9 мг/л).

Желательно, чтобы количество органических соединений в питающей воде было небольшим: перманганатная окисляемость не должна превышать 5,0 мг/л кислорода.

В целях предотвращения заноса в пруды паразитов лучше всего пользоваться в качестве водоисточников ручьевой и ключевой водой. При подаче воды из прудов, озер и рек, богатых рыбой, крайне желательно устройство специальных фильтров.

В большинстве случаев зимовальные пруды питаются холодной водой с температурой у впадения в пруд, близкой к 0°. Такое питание надо признать вполне допустимым для больших прудов, в которых за счет отдачи тепла грунтом вода у дна прогревается до 1—2° С, а также для маленьких прудов с хорошими грунтами при посадке в них холодоустойчивых сеголетков. При теплых водоисточниках (с температурой 4—6° С) обязательным условием является правильно организованное кормление сеголетков в зимний период.

Эксплуатация зимовальных прудов

В больших по площади прудах с холодным притоком следует устанавливать умеренный водообмен. Если грунты не содержат большой примеси гумуса, наилучшим надо считать водообмен в пределах от 15 до 30 суток, при сильно гумифицированных грунтах — от 10 до 20 суток. Количество посаженных в пруд рыб имеет меньшее значение, так как кислород в зимовальных прудах расходуется в основном не на дыхание рыб, а на биохимические процессы, ведущие к минерализации органических веществ.

В маленьких прудах водообмен по необходимости приходится делать более сильным (5—15 суток), иначе водоподающая система может промерзнуть. По нашим данным, а также по наблюдениям Б. М. Себенцова и Т. И. Имерлишвили (1937), В. А. Сигова (1940 б) и других хороший результат в таких прудах дает 10—12-суточная смена воды.

В течение всей зимы необходимо ежедекадно (или чаще) контролировать газовый режим воды в придонных горизонтах всех прудов. Наибольшее значение имеет определение кислорода, а также определение активной реакции. Полные солевые анализы достаточно провести три раза за зимний период. Очень важны ежедневные измерения температуры воды. В случае ухудшения гидрохимических показателей водообмен в прудах должен быть увеличен.

Контроль за поведением рыб, за динамикой их заболеваний и за упитанностью может быть осуществлен при помощи устройства постоянных прорубей (в количестве четырех-пяти на пруд площадью 1 га) и постановки мереж. Проруби необходимо ежедневно просматривать и очищать от льда, закрывая затем деревянными щитами. Мережный контрольный лов надо начинать в январе и проводить затем ежемесячно; особенно важна проверка состояния сеголетков в марте и в апреле.

Учитывая быстрое истощение сеголетков в весенние месяцы, облов зимовальных прудов надо проводить как можно раньше, принимая все меры для ускорения таяния льда и организовав подледный лов сеголетков. Большую пользу может принести весенняя подкормка сеголетков в зимовалах.

Рекомендации И. Н. Арнольда (1939) в отношении ограждения зимовалов от поступления в них талых вод безусловно справедливы. Во время паводка водообмен должен быть максимально сокращен.

В летнее время зимовальные пруды должны быть хорошо высушены. За исключением тех случаев, когда в грунте имеется очень много солей

кальция, зимовалы надо летом известковать либо известняками, либо негашеной известью (для дезинфекции). Вспашка и боронование зимовальных прудов не обязательны, если грунты в них хорошо минерализованы, и вредны, если под тонким слоем доброкачественного грунта лежат торфянистые или засоленные почвы. Для ускорения минерализации кислых, богатых гумусом грунтов обработка ложа имеет решающее значение. При любом грунте ложе зимовалов не должно зарастать, двух-трехкратное выкашивание растительности должно проводиться во всех прудах.

РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ ПРУДАМИ

Для различных породных групп сеголетков

Как показал опыт зимовки сеголетков в холодных прудах Яжелбицкого питомника, даже карпы при прочих благоприятных условиях выдерживают длительное содержание в воде с температурой в пределах $0,1—0,3^{\circ}$. Правда, это относится только к крупным сеголеткам с хорошей упитанностью. В опытном и маточном прудах Яжелбицкого питомника, несмотря на низкую температуру, мы никогда не наблюдали болезни Штаффа. Следует предположить, что ее возникновение связано не только с охлаждением воды, но и с неблагоприятным гидрохимическим режимом (в частности с нейтральными и кислыми водами) и сильно гумифицированными грунтами. Такие условия характерны для многих зимовальных прудов Белоруссии и именно там болезнь Штаффа — очень частое явление.

В основном для зимовки карпа надо все же считать пригодными более теплые, а следовательно и большие по площади зимовальные или выростные пруды с температурой у дна порядка $0,5—2^{\circ}\text{C}$. В маленьких холодных зимовалах карпы будут благополучно зимовать только при соблюдении определенных условий и прежде всего при отличном качестве посадочного материала и оптимальном водном и грунтовом режиме.

Для амурских сазанов и для гибридных форм пригодны как сравнительно теплые, так и холодные зимовальники. Опыт показывает, однако, что и для них легче создать благоприятные условия зимования в больших прудах. Особенно важное значение имеет в них горизонтальный температурный и кислородный градиент.

При использовании зимовальных прудов можно руководствоваться общим правилом: чем менее зимоустойчивой является порода карпов, разводимая в данном рыбхозе, тем более оптимальным должен быть режим зимовальных прудов, тем выше должно быть качество воды и грунтов.

В больших выростных прудах, кроме хорошо выраженных градиентов по термическому и газовому режиму в зимнее время и большого разнообразия условий, всегда имеются некоторые запасы кормовых организмов. В таких прудах карпы легко находят зимой участки с наилучшим водным режимом, а осенью и весной питаются, уменьшая тем самым зимнее истощение. Учитывая опыт немецких, чехословацких и советских рыбководов, можно смело рекомендовать проводить зимовку всех породных групп карпа в выростных прудах, пригодных для этой цели. Далеко не везде можно их использовать для зимовки, но там, где это возможно, отходы сеголетков в зимнее время будут уменьшены. Наши рекомендации в отношении режима зимовальных прудов целиком приложимы и к выростным прудам.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ ЗИМОУСТОЙЧИВОСТИ СЕГОЛЕТКОВ КАРПОВ, САЗАНОВ И ГИБРИДОВ

Успешный исход зимовки зависит от многих факторов, которые могут быть объединены в несколько групп.

А. Улучшение условий выращивания посадочного материала.

Б. Выращивание наиболее зимостойчивых пород карпа.

В. Соблюдение санитарно-профилактических мероприятий.

Г. Наилучшее устройство и водоснабжение зимовалов.

Д. Создание оптимального режима в зимовальных прудах и правильная организация ухода за зимующей рыбой.

Условия выращивания сеголетков как показал ряд наших работ (Кирпичников и Берг, 1952; Бризинова и Кирпичников, 1952; Кирпичников и Лебедева, 1953; Кирпичников, 1953 и др.) и работы многих других исследователей, имеют огромное значение. Важнейшую роль играет упитанность сеголетков, в частности накопление ими запасов жира к осени. Обеспечить достаточное накопление запасных веществ можно при помощи правильно организованного кормления и прежде всего обеспечения усиленного питания в осенние месяцы. Большой вес сеголетков также способствует их зимостойкости. В особенности это важно для карпов.

Нормативы по весу и упитанности для карпов были даны В. А. Сиговым (1939), для сазанов и гибридов — В. С. Кирпичниковым, О. Н. Бауером и Н. А. Мосевичем (1956).

Породная принадлежность сильно влияет на исход зимовки. Наиболее зимостойчивыми являются амурские сазаны (Кирпичников, 1941, 1944 и др.) и возвратные гибриды карпа с амурским сазаном (Кирпичников, 1957), а также курские гибриды (Суховерхов, 1952). Повышенной зимостойкостью обладают и другие гибридные комбинации, в частности гибриды первого поколения. Зимостойкость карпов невысока.

Санитарнопрофилактические мероприятия должны обеспечивать сведение до минимума заболеваний сеголетков в зимних прудах. К ним следует отнести предохранение сеголетков от травматизации при облогах, дезинфекцию лежа зимовальников в летнее время, тщательное проведение профилактических солевых или аммиачных ванн перед посадкой рыб в пруды и устройство фильтров на водоподающих канавах и лотках. При опасности массовых паразитарных и инфекционных заболеваний необходимо воздерживаться от совместного выращивания в выростных прудах сеголетков и старших возрастов карпа и от их совместной посадки в зимовальные пруды, а также от чрезмерно плотных посадок.

Правильное устройство зимовальных прудов и высокое качество воды, питающей их, имеет большое, часто решающее значение. В настоящей статье мы подробно проанализировали этот вопрос. Можно отметить еще раз, что для карповых зимовалов предпочтительны водосточники с умеренно-минерализованной водой с достаточно большим щелочным резервом, водой, имеющей слабо щелочную реакцию и бедной железом. Лучше проходит зимовка в больших глубоких прудах с луговыми суглинистыми и супесчаными грунтами. Наличие ила допустимо при большой степени его минерализации.

Режим эксплуатации зимовальников сводится прежде всего к установлению определенной скорости водообмена, в пределах от 5 до 30 суток для разных категорий прудов, в том числе для больших прудов с хорошими грунтами — от 15 до 30 суток. Сюда же надо отнести

регулярное наблюдение за газовыми, термическими и солевыми условиями и за зимующими рыбами, аэрацию водоисточника и ускорение водообмена в случае заморных явлений или другого резкого ухудшения гидрохимического режима, ранний облов зимовалов. Большое значение имеет правильно организованный летний уход за прудами.

Внимание рыбоводов должно быть обращено на все факторы, обеспечивающие нормальную зимовку карпов. Только добиваясь создания оптимального режима в зимовальных прудах и одновременно повышая породную зимостойкость сеголетков и улучшая условия их выращивания, можно добиться успешного разрешения проблемы зимовки. Сейчас есть все основания надеяться, что эта трудная проблема будет в ближайшем будущем решена для всех районов СССР, в том числе и для районов, лежащих вблизи северной границы карповодства.

ЛИТЕРАТУРА

- Арнольд И. Н. 1933. Почему в Ленинградской области иногда плохо зимуют карпы. «За рыбн. инд. Севера», № 5.
- Арнольд И. Н. 1935. Проблема зимовки карпа в Ленингр. области. «За рыбн. инд. Севера», № 9.
- Арнольд И. Н. 1939. Продвижение карповой культуры на север. Изв. ВНИОРХ, т. 21.
- Арнольд И. Н., Мосевич Н. А., Мосевич М. В., Маркевич А. П. и Савельев В. И. 1941. Проблема зимовки карпа в северных районах СССР. Изв. ВНИОРХ, т. 24.
- Бауер О. Н., 1951. К вопросу о патогенности *Dactylogyrus solidus* Achm. «Докл. АН СССР», т. 78, № 4.
- Бризинова П. Н. 1958. Изменение жирности в онтогенезе карпа. Тр. совещ. по физиологии рыб, М.
- Бризинова П. Н. и Кирпичников В. С. 1952. К проблеме повышения зимостойкости сеголетков карпа, амурского сазана и их гибридов, 2. «Зоол. журн.», т. 31, вып. 6.
- Головков Г. А. и Абросов В. Н. 1952. Новые исследования причин гибели однолетних карпов во время зимовки в северных районах. «Зоол. журн.», т. 31, вып. 1.
- Головков Г. А. и Екатеринославская Н. Г. 1955. Опыт производственного выращивания зимостойких сеголеток — гибридов (карп × амурский сазан) в прудах Латвийской ССР. Рыбн. хоз. внутр. вод. Латв. ССР, т. 1.
- Дубинина М. Н. 1949. Влияние на паразитофауну рыб их зимовки в зимовальных ямах дельты Волги. Паразитол. сб. АН СССР, т. 11.
- Карпенко И. М., Ивасик В. М. и Кулаковская О. П., 1954. О влиянии низкой температуры воды на зимовку сеголетков карпа. «Рыбн. хоз-во», № 2.
- Кирпичников В. С. 1941. О зимовке карпа и сазана в северных областях СССР. «Рыбн. хоз-во», № 4.
- Кирпичников В. С. 1943. Экспериментальная систематика сазана, 1. «Изв. АН СССР, сер. биол.», 4.
- Кирпичников В. С. 1944. Зимостойкость амурского сазана в условиях средней и северной полосы Европейской части СССР. «Докл. АН СССР», т. 43, № 1.
- Кирпичников В. С. 1949. Амурский сазан на севере СССР. «Рыбн. хоз-во», № 8.
- Кирпичников В. С. 1953. Проблема зимовки карпа. Тр. Совещ. по вопр. пруд. рыбов. 1952 г.
- Кирпичников В. С. 1957. Создание новой северной гибридной породы карпа. Тр. Совещ. по рыбоводству 1954 г.
- Кирпичников В. С., Бауер О. Н., Мосевич Н. А. 1956. Методические указания по проведению зимовки сеголетков карпов, гибридов и сазанов в рыбхозах северных и северо-западных районов СССР. Л.
- Кирпичников В. С., Берг Р. Л., 1952. К проблеме повышения зимостойкости сеголетков карпа, амурского сазана и их гибридов, 1. «Зоол. журн.», т. 31, № 4.
- Кирпичников В. С. и Лебедева Л. И., 1953. К проблеме повышения зимостойкости сеголетков карпа, амурского сазана и их гибридов, 3. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. V.
- Кирпичников В. С., Мосевич Н. А., Бауер О. Н. и Протасова В. И. 1953. Наилучшее устройство и водоснабжение карповых зимовальных прудов. «Рыбн. хоз-во», № 6.

- Кирпичников В. С., Мосевич Н. А., Бауер О. Н., Протасова В. И. и Гусева Н. В. 1955. Улучшение условий зимовки сеголетков карпа, амурского сазана и их гибридов. Изв. ВНИОРХ, т. 36.
- Маркевич А. П. 1933. Причины гибели карповой молоди в зимовальных прудах. «За рыбн. инд. Севера», № 6.
- Мосевич Н. А. 1935. Гидрологические и гидрохимические условия зимовки карпа-сеголетки в прудах Лен. области. «За рыбн. инд. Севера», № 2.
- Мосевич Н. А. и Пэр Ф. Л. 1955. К вопросу об условиях зимовки карпов-сеголетков в прудовых хозяйствах Латвийской ССР. Рыбн. хоз. внутр. вод. Латв. ССР, 1.
- Савельев В. И. 1939. О гибридизации тапаванского сазана и культурного карпа. Изв. ВНИОРХ, т. 22.
- Савельев В. И. 1941. Выращивание стандартного сеголетка в северных районах СССР. Изв. ВНИОРХ, т. 24.
- Себенцов Б. М. и Имерлишвили Т. И., 1937, 1940. Нормы посадки сеголетков карпа в зимовальники в зависимости от режима воды. «Рыбн. хоз-во», № 8. Тр. Воронежск. отд. Всерос. н.-и. ин-та пруд. рыбн. хоз., т. 3, № 1.
- Сигов В. А. 1939. О методах определения зимоустойчивости сеголетков карпа. «Рыбн. хоз-во», № 2.
- Сигов В. А. 1940а. К материалам по экологии зимования карпов-сеголетков. Тр. Воронежск. отд. Всерос. н.-и. ин-та пруд. рыбн. хоз., т. 3, № 1.
- Сигов В. А. 1940б. Опыт полуторной и двойной плотности посадки карпов-сеголетков в зимовальные пруды. Тр. Воронежск. отд. Всерос. н.-и. ин-та пруд. рыбн. хоз., т. 3, № 1.
- Сигов В. А. 1947. Биометрические критерии жизнеспособности первозимующих карпов. Тр. Всерос. н.-и. ин-та пруд. рыбн. хоз., т. 4.
- Смирнова М. П. 1956. Опыт зимования сеголетков карпа в государственных прудовых хозяйствах. М.
- Суховерхов Ф. М. 1948. Влияние условий выращивания и содержания сеголетков на их зимоустойчивость. «Рыбн. хоз-во», № 2.
- Суховерхов Ф. М. 1952. Гибридные популяции карпа для прудов и водоемов в степных и лесостепных районах СССР. «Агробиология», 1.
- Тьедер М. М. 1948. Качество зимовальных прудов и садков в карповых прудовых хозяйствах. «Рыбн. хоз-во», № 5.
- Чечина А. С. 1952. Влияние упитанности карпа на динамику его паразитофауны. «Докл. АН СССР», т. 86, № 1.
- Чечина А. С. 1957. Заболевания рыб и меры борьбы с ними в прудовых хозяйствах БССР. Автореф. канд. дисс., Л.
- Юдин А. Г. 1948. Практическое замечание определения упитанности первозимующего карпа. «Рыбн. хоз-во», № 1.
- Schäperclaus W. 1933. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Berlin.
- Smolian K. 1920. Merkbuch der Binnenfischerei. Bd. 2, Berlin.
- Spiszakov F. 1929. Zur Überwinterung der Fische. Allgem. Fischer. Zeit., Bd. 23.

А. Л. З Е Л И К М А Н

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООПЛАНКТОНА ВОДОЕМОВ ВОЛЖСКО-КОСТРОМСКОЙ ПОЙМЫ

(Костромской государственный педагогический институт)

Водоемы Костромской поймы имеют некоторое рыбохозяйственное значение, возросшее в связи с сооружением плотины у г. Городец и образованием Горьковского водохранилища. Важно также, что фауна и флора водоемов Костромской низины послужат той основой, за счет которой в значительной мере будут формироваться фауна и флора ближайшего участка водохранилища в первые годы его существования. И, наконец, планктон и бентос, их количество, состав, количественные соотношения отдельных видов и сезонные колебания их численности могут дать известное представление о возможном характере фауны и флоры указанного участка водохранилища в ближайшем будущем. Изучение водохранилища с первого года существования позволяет проследить его формирование (Боруцкий, 1949), а данные о водоемах, впоследствии поглощаемых водохранилищем, дают возможность решить вопрос о влиянии водоемов поймы реки на биологический режим водохранилища (Рылов, 1941).

ВОДОЕМЫ ВОЛЖСКО-КОСТРОМСКОЙ ПОЙМЫ

В физико-географическом отношении район этот резко отличен от всего верхнего Поволжья (Грачев, 1902; Красюк и Юницкий, 1925; Сметлов, 1927; Грезе, 1929; Еремин, 1950). Междуречье Волги и Костромы занято обширной Костромской низменностью, шириною, превышающей 20 км и длиной около 30—35 км. Здесь сливается луговая пойма нижнего течения р. Костромы с долиной Волги; от с. Некрасовского и до впадения р. Костромы левобережье Волги пологое, низменное. В пойме расположено множество озер, речек, протоков, стариц, бочажков и заболоченных ложбин, особенно в районе сел. Кунниково, Спасс, Вежи и др. Весной воды р. Костромы, задержанные волжским паводком, а отчасти и весенние волжские воды непосредственно наводняют всю территорию, и разнообразные водоемы сливаются в общий полый.

После весеннего половодья водоемы вновь обособляются. В центре района лежит наиболее крупное оз. Великое, которое на севере принимает воды рек Соты и западнее от нее Касти. Озеро Першино, лежащее в долине р. Касти, также связано через эту реку с оз. Великим. К северо-востоку от Великого лежит Идоломское озеро, связанное с р. Сотью узким, нередко очень мелководным протоком, идущим по руслу бывшей ранее речки Идоломки. Из оз. Великого на юго-востоке вытекает р. Узокса, впадающая в р. Кострому неподалеку от с. Шунги. Реки

Соть, Касть и Узокса имеют в общем направление с северо-запада на юго-восток. К востоку от верховьев р. Узоксы расположено оз. Слоинское, из которого вытекает на северо-запад небольшая речка (проток) Каменка, впадающая в р. Узоксу в самом ее истоке. Общая покатость территории, а также падение р. Костромы в нижнем течении незначительны.

Озеро Великое имеет правильную овальную форму и в связи с резкими колебаниями уровня меняющиеся размеры, приблизительно равные 300—400 га; дно плоское, блюдцеобразное; глубина незначительная, в межень она редко превышает 1 м. Озеро подвергается ежегодному сильному зарастанию макрофитами, занимающими к концу лета не менее половины поверхности озера: камыш (*Scirpus*), осока (*Carex*), гречиха земноводная (*Polygonum*), кубышка (*Nuphar*), телорез (*Stratiotes*) и некоторые др. Озеро Слоинское, глубиной не менее 2 м, отличается расчлененностью берегов, вытянутой формой и меньшим зарастанием макрофитами; дно также плоское, блюдцеобразное. Река Узокса имеет крутые высокие берега и почти неменяющуюся ширину в 70—90 м; общая протяженность ее не превышает 6—7 км, а глубина на стрежне около 5 м; дно реки ровное, с незначительным уклоном, течение медленное; зарастание незначительное. Правый берег перерезан двумя глубокими оврагами, по которым при подъеме горизонта Волги вода устремляется из Волги в р. Узоксу и другие водоемы.

Все пойменные водоемы исследуемого района связаны между собой; включаясь в местный сток, они оказывают постоянное влияние на Волгу в районе Костромы; с другой стороны, волжские воды непосредственно воздействуют на пойму при повышении уровня воды в реке. В связи с полным зарегулированием Волги выше Костромы влияние на пойму приняло более сложный характер: общее падение уровня воды в реке, начинающееся спадом весеннего половодья, в течение лета и осени сменяется время от времени повышением уровня, иногда весьма значительным.

За пределами Костромской низменности (ниже г. Костромы и выше с. Некрасовского) берега Волги высокие, так что водохранилище по своим береговым очертаниям сохранит в основном речной характер. Только в районе Костромы оно разольется на десятки километров и покроет почти всю Костромскую низменность, за исключением части, защищенной сооружающимся валом. Площадь, ныне покрытую водой в меженьный период, Костромской разлив превзойдет раз в десять и составит значительную часть площади зеркала всего водохранилища.

Этот участок, в отличие от остальной части водохранилища, останется мелководным и будет привлекать волжскую рыбу благоприятными условиями нереста и нагула ее молоди. Можно с полным основанием ожидать, что Костромской разлив, являясь нерестилищем и обширным кормовым полем для молоди рыб, будет существенно влиять на воспроизводство рыбных запасов в Горьковском водохранилище.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Так как в данном случае речь идет о водоемах, служащих местом нагула молоди рыб, исследования были направлены на всестороннее изучение планктона как ее основного источника питания.

Водоемы Костромской поймы почти не привлекали внимания гидробиологов, если не считать некоторых чисто фаунистических работ (Дексбах, 1921; Смирнов, 1926; Смирнов, 1929). И только Б. С. Грезе

(1929) собрал и обработал значительный и интересный материал за период с 1920 по 1927 гг. Не ограничиваясь характеристикой качественного состава зоопланктона, Грезе пытался подойти, хотя и весьма приближенно, к его количественной оценке.

Наш материал собран в течение 1951—1952 гг. Орудием лова служил экскурсионный планктоночерпатель системы Вовка (Киселев, 1950) из шелкового сита № 65. В конструкцию прибора были внесены незначительные изменения.

Станции намечали с таким расчетом, чтобы охватить по возможности все различающиеся по своим гидрологическим и иным свойствам участки водоема (глубина, удаленность от берега, степень зарастания макрофитами, проточность воды, верхнее и нижнее течение). На каждой станции пробы брали как в поверхностном, так и в придонном слоях воды, если глубина превышала 1 м. Всего было собрано около 130 проб планктона.

Пробы фиксировали 3-процентным формалином и обрабатывали в лаборатории как с качественной, так и с количественной стороны. Сначала во всей пробе подсчитывали наиболее крупные формы, а также формы средней величины, но встречающиеся в пробе единично. К первым относятся *Leptodora*, *Syda crystallina*, *Eurycercus lamellatus*, *Acroporus*, *Camptocercus*, *Cyclops* и др.; вторую группу составляют *Bosmina*, *Groptoleberis*, *Alona*, *Alonella*, *Chydorus* и др. Затем при помощи насосной пипетки (3 порции) и счетной камеры под бинокулярной лупой подсчитывали весь массовый материал.

Среднюю биомассу видов или родов вычисляли на основании количественной обработки проб по индивидуальным весам. Более или менее точное определение биомассы планктона пока затруднительно; накопленных данных об индивидуальном весе планктеров на разных этапах развития особи еще недостаточно. Все же, пользуясь определениями, сделанными разными авторами (Некрасов, по Дексбаху, 1939; Грезе, 1948; Уломский, 1951; Макковеева, 1952; Кошкина, 1953), можно приблизительно установить биомассу ведущих форм зоопланктона. Можно пренебречь группой Protozoa, удельный вес которой в зоопланктоне крайне невелик. Точно так же можно пренебречь и Chironomidae, Nematoda, Hydracarinae, Oligochaeta, Ostracoda, Hydra и другими, которые не только слабо представлены в сборах (около 1% или меньше), но и относятся к факультативному планктону и псевдопланктону (Жадин, 1950). Обработка материала по обоим названным группам ограничилась подсчетом количества экземпляров, а биомассу их не определяли.

Весенний период

Наиболее ранние в году сборы материала относятся ко времени обособления водоемов после спада весеннего половодья, т. е. к концу мая и к первым дням июня. Сбор материала производили в оз. Слоинском 27 мая 1951 г.; в оз. Великом 1—3 июня 1952 г. и в р. Мелгаши 28 мая 1951 г. и 1 июня 1952 г. Состояние весеннего зоопланктона представлено на рис. 1 (по количеству экземпляров) и на рис. 2 (по биомассе). Первое место по общему развитию зоопланктона весной занимает оз. Слоинское. Если наименьшую плотность (в р. Мелгаши) принять за единицу, то соотношения водоемов по плотности зоопланктона расположатся в ряд: р. Мелгаши, оз. Великое и оз. Слоинское, как $1 : 1\frac{1}{5} : 3$. Относительно высокий уровень развития планктона в оз. Слоинском (около $100\,000$ экз/м³) определяют коловратки, которые по своей численности

(включая и яйца) почти в пять раз превышают все прочие группы вместе взятые. Два вида — *Asplanchna priodonta* и *Keratella quadrata* — представляют группу руководящих форм во всем весеннем комплексе планктона, составляя около $\frac{2}{3}$ всего зоопланктона. Ракообразные, наоборот, в это время малочисленны, особенно *Cladocera*, представленные

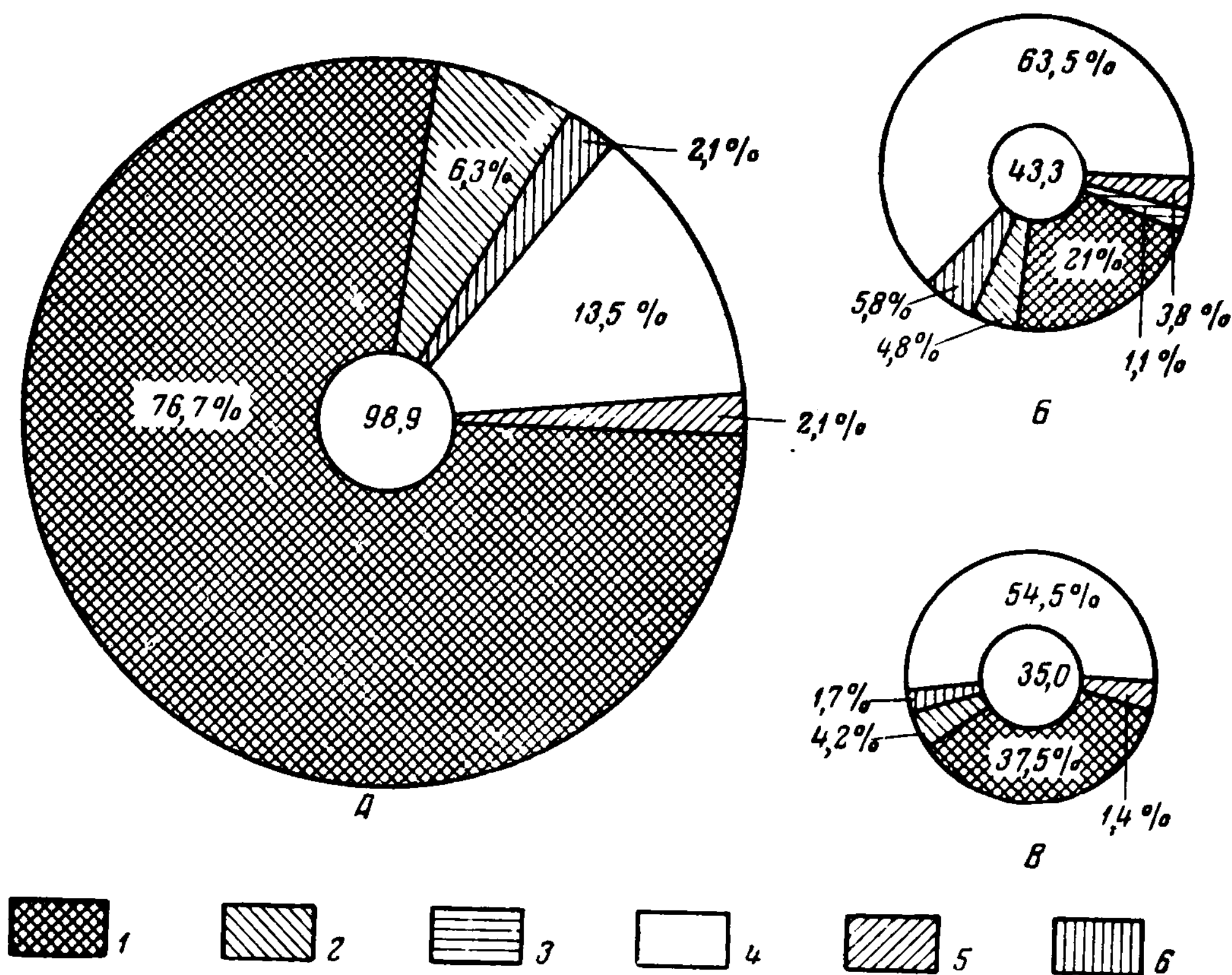


Рис. 1. Состав зоопланктона в весенний период в водоемах Костромской поймы.

А — оз. Слоинское; Б — оз. Великое; В — р. Мелгаши; Диаметры кругов пропорциональны плотности зоопланктона (тыс. экз/м³), обозначенной в центральных кружках; 1 — *Rotatoria*; 2 — яйца *Rotatoria*; 3 — *Cladocera*; 4 — *Copepoda*; 5 — *Protozoa*; 6 — прочие группы

главным образом родом *Bosmina*; из копепод многочисленны личиночные стадии циклопов. В целом зоопланктон оз. Слоинского в весеннее время носит ярко выраженный коловраточный характер. При сопоставлении биомассы основных групп зоопланктона отмеченное выше соотношение сохраняется (рис. 2).

Озеро Великое значительно уступает оз. Слоинскому по плотности зоопланктона, а по составу его эти озера принципиально различаются друг от друга. Господствующая группа в оз. Великом представлена копеподами — личинками и взрослыми (63,5% от общего количества, рис. 1). Кладоцеры и здесь немногочисленны; главным образом встречаются *Chydorus*, *Ceriodaphnia*, *Bosmina* и некоторые другие. Коловратки (вместе с яйцами) составляют около $\frac{1}{4}$ общего числа зоопланктеров, и среди них преобладают *Asplanchna priodonta* и *Pompholyx* sp. Таким образом, по общему характеру весенний зоопланктон оз. Великого вполне можно считать копеподным. Копеподный характер планктона выступает еще резче, если группы сравнить по биомассе (см. рис. 2). Тогда копеподы составят 81%, а коловратки 9,6%, так как в оз. Великом встречаются в значительном числе половозрелые циклопы и их копепоditные стадии.

Река Мелгаши, отличающаяся наименьшей плотностью и биомассой зоопланктона, по составу последнего занимает промежуточное положение между обоими озерами; зоопланктон здесь копеподно-коловраточный: коловратки — 37,5% и копеподы — 54,4% от общего числа.

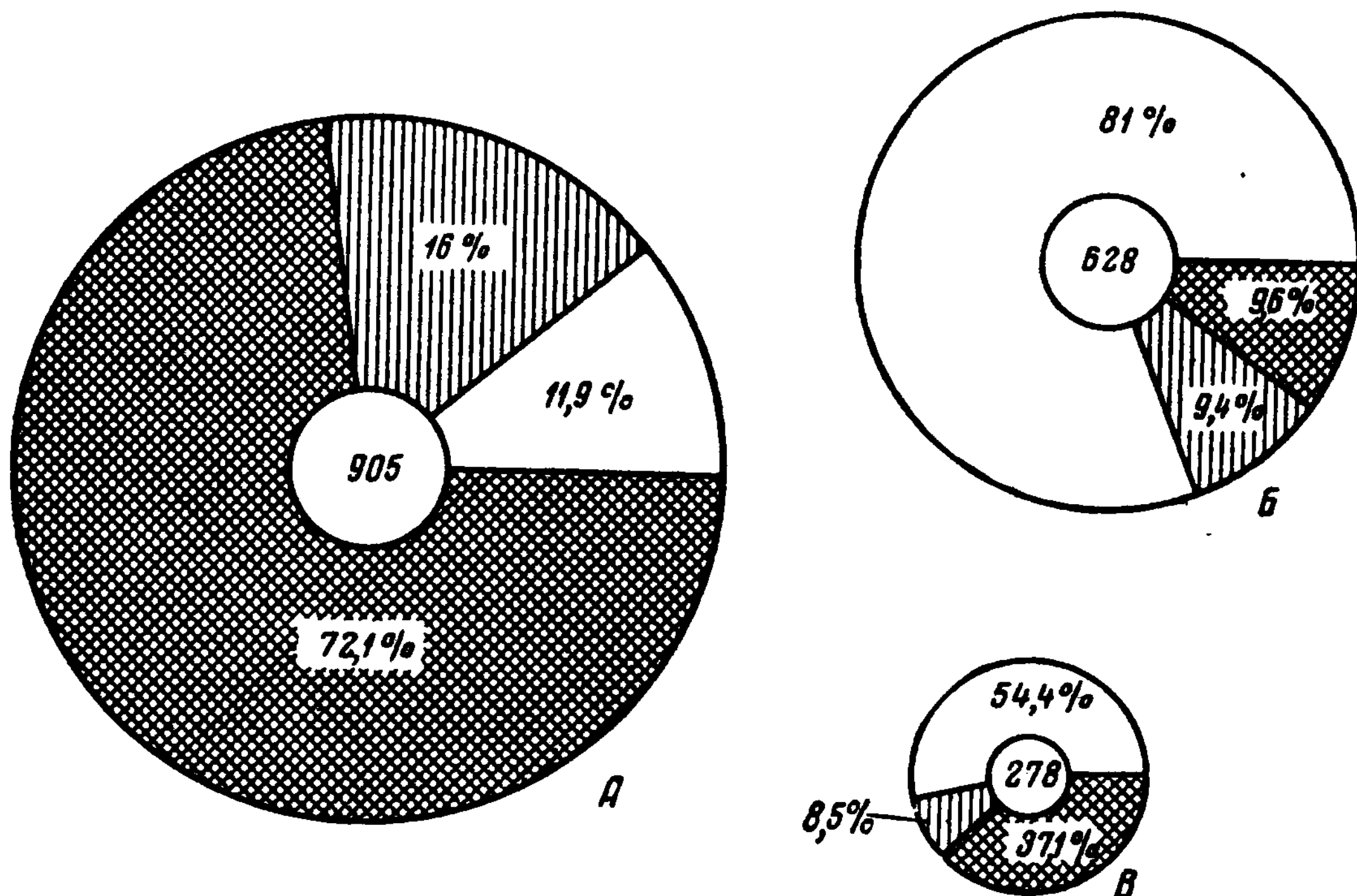


Рис. 2. Биомасса зоопланктона в весенний период в водоемах Костромской поймы.

А — оз. Слоинское; Б — оз. Великое; В — р. Мелгаши. Диаметры кругов пропорциональны биомассе зоопланктона (мг/м³), обозначенной в центральных кружках.

Условные обозначения те же, что и на рис. 1

Отношение биомассы зоопланктона в р. Мелгаши, оз. Великом, оз. Слоинском равно $1 : 2\frac{1}{4} : 3\frac{1}{4}$. Зоопланктон оз. Великого по плотности лишь в $1\frac{1}{2}$ раз превышает таковой в речке, а по биомассе — в $2\frac{1}{4}$ раза, уступая оз. Слоинскому более чем вдвое по плотности. По средней биомассе оз. Великое уступает оз. Слоинскому менее, чем в $1\frac{1}{2}$ раза, что связано с относительно большим количеством крупных форм зоопланктона в оз. Великом.

Раннелетний период

Сюда относятся сборы конца июня и первых дней июля. Кроме озер Слоинского и Великого, исследованием были охвачены р. Соть, речки Каменка и Мелгаши, а также р. Узокса. Все сборы в оз. Слоинском и вытекающей из него речке Каменке проведены 23—24 июня 1951 г., в р. Узоксе — 22 июня 1951 г. и 8 июля 1951 г., в оз. Великом — 22 июня 1951 г. и 28 июня 1952 г., в р. Мелгаши — 6 июня 1951 г. и в р. Соть — 28 июня 1952 г.

Наибольшей плотностью зоопланктона по-прежнему отличалось оз. Слоинское (137.5 тыс. экз/м³); в р. Соти, наоборот, планктон обнаружен в совершенно ничтожном количестве (6.6 тыс. экз/м³) и не идет ни в какое сравнение со всеми остальными исследованными водоемами. Принимая наименьшую плотность (не считая р. Соти) за единицу, мы получим следующий ряд: р. Мелгаши: оз. Великое: р. Узокса: р. Каменка: оз. Слоинское ($1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 2\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$). Отмеченное выше для весеннего периода соотношение между водоемами по плотности их зоопланктона

приблизительно сохраняется и в раннелетнее время, несмотря на то, что за протекший месяц во всех водоемах количество зоопланктона возросло на 40—77%.

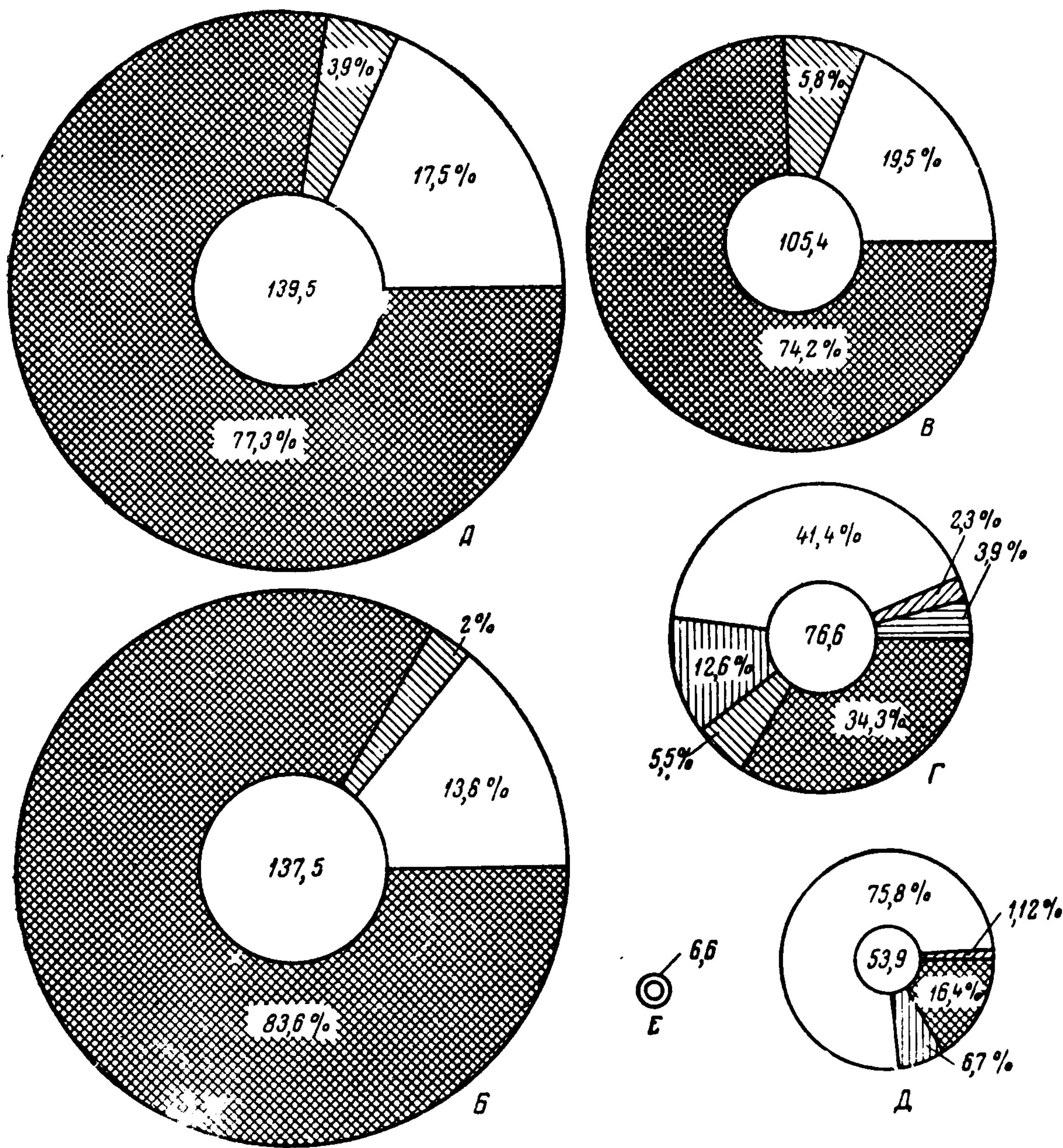


Рис. 3. Состав зоопланктона в раннелетний период в водоемах Костромской поймы (тыс. экз/м³).

А — р. Каменка; Б — оз. Слоинское; В — истоки р. Узоксы; Г — оз. Великое; Д — р. Мелгаши; Е — р. Соть. Условные обозначения те же, что и на рис. 1

В количественном отношении зоопланктон оз. Слоинского возрос на 40% (137 000 экз/м³) и полностью сохранил прежнюю структуру, оставаясь типично коловраточным. Коловратки более чем в пять раз превышают по численности все прочие группы, вместе взятые. Среди руководящих форм первое место сохраняет *Asplanchna priodonta*, за которой далее следует *Polyarthra trigla*. Кладоцеры, как и взрослые стадии циклопов, почти полностью отсутствуют, а копеподы представлены личиночными стадиями циклопов. Совершенно тот же характер зоопланктона имелся в р. Каменке (рис. 3). В этом отношении р. Каменку мож-

но считать одним из участков оз. Слоинского, обладающим небольшим течением воды.

В оз. Великом плотность планктона возросла на 77% (77 000 экз/м³) и приблизилась к плотности в оз. Слоинском. Особенно резко возросло

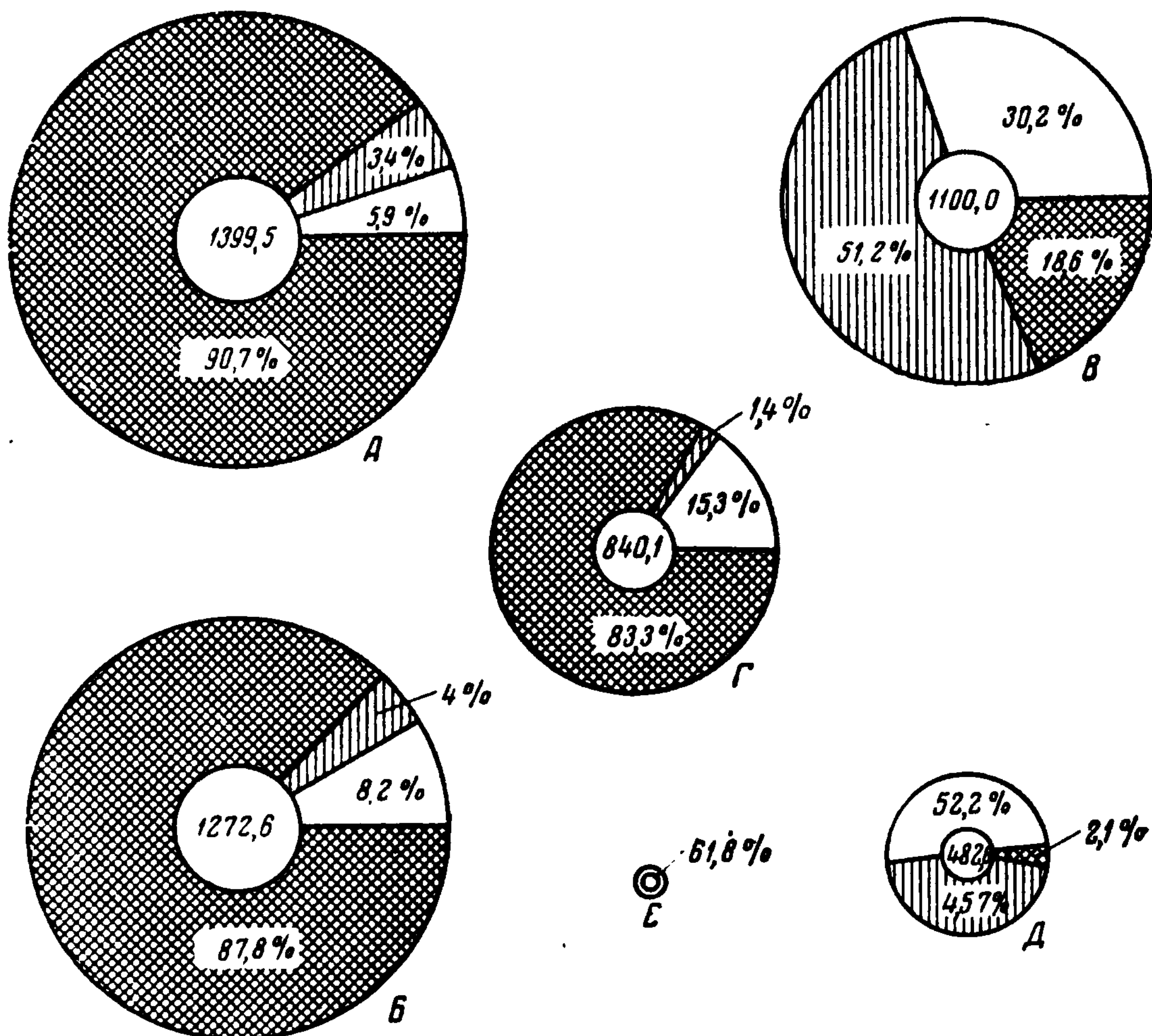


Рис. 4. Биомасса зоопланктона в раннелетний период в водоемах Костромской поймы (тыс. экз/м³).

А — р. Каменка; Б — оз. Слоинское; В — истоки р. Узоксы; Г — оз. Великое; Д — р. Мелгаши; Е — р. Соть. Условные обозначения те же, что и на рис. 1

число коловраток (рост более чем в $2\frac{1}{2}$ раза), что вызвало некоторое изменение структуры всего комплекса планктона, который из копеподного преобразовался в копеподно-коловраточный (рис. 3).

Еще резче подвергся перестройке зоопланктон р. Мелгаши. При увеличении средней плотности в $1\frac{1}{2}$ раза число циклопов возросло более чем в два раза. Численность коловраток, напротив, значительно сократилась. В результате этого планктон сделался типично копеподным, в котором циклопы составляют более $\frac{3}{4}$ всего числа зоопланктеров (рис. 3).

Истоки р. Узоксы более всего сходны с р. Каменкой, особенно по структуре зоопланктона. Сходны у них и группы руководящих форм среди коловраток — *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra trigla*, *Pompholyx* sp.

По биомассе раннелетнего зоопланктона водоемы располагаются в ряд — р. Мелгаши: р. Узокса: оз. Великое: р. Каменка: оз. Слоинское — $1:1\frac{3}{4}:2\frac{1}{4}:2\frac{3}{4}:3$ (рис. 4).

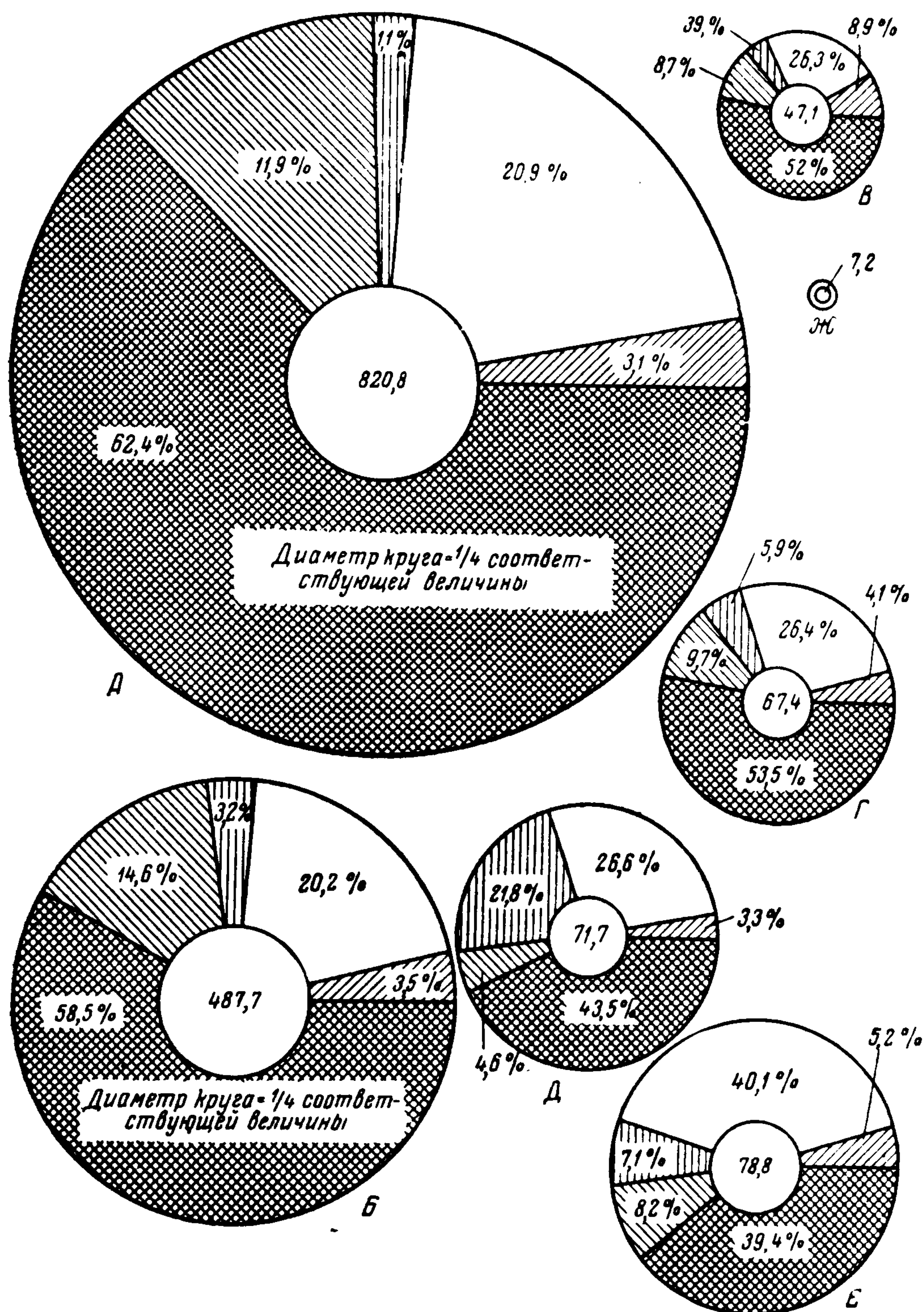


Рис. 5. Состав зоопланктона в летний период в водоемах Костромской поймы (тыс. экз./м³).

А — р. Каменка; Б — оз. Слопское; В — истоки р. Узоксы; Г — нижнее течение р. Узоксы; Д — р. Касть; Е — оз. Великое; Ж — р. Соть
Условные обозначения те же, что и на рис. 1

Летний зоопланктон

Летние пробы во всех водоемах собраны в течение двух дней — 21 и 22 июля 1952 г. Этот период, естественно, отличается наибольшим развитием зоопланктона. Если в весенние и раннелетние месяцы максимальная плотность его не превышала соответственно 100 и 137 тыс. экз./м³.

то в конце июля она достигла 488 тыс. экз./м³ в оз. Слоинском и даже 821 тыс. экз./м³ в р. Каменке. Наряду с этим водоемы резко дифференцировались: наиболее богатый зоопланктоном водоем превосходит беднейший из них (не считая р. Соты) в 17,5 раза против трех в предшествующие периоды. По плотности зоопланктона водоемы располагаются в последовательный ряд: р. Узокса (истоки): р. Узокса (нижнее течение): р. Касть: оз. Великое: оз. Слоинское: р. Каменка ($1:1\frac{1}{2}:1\frac{1}{2}:1\frac{3}{4}:10\frac{1}{2}:17\frac{1}{2}$). В оз. Слоинском и р. Каменке коловраточный характер планктона сохранился (рис. 5). На фоне большого количества почти всех коловраток заметно выделяются *Polyarthra trigla* *Brachionus angularis*; наоборот, *Asplanchna priodonta* отходит на задний план. Зоопланктон оз. Великого из копеподно-коловраточного к середине лета сделался коловраточно-копеподным. Состояние зоопланктона в нижнем течении р. Касти в летнее время почти не отличается от состояния в оз. Великом как по средней плотности, так и по структуре планктонного комплекса (рис. 5). В р. Узоксе истоки оказались беднее нижнего течения; в целом зоопланктон, численно возрастая, сохраняет свою структуру неизменной (рис. 5). Река Соть и в летнее время почти лишена планктона.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Относительная оценка водоемов Волжско-Костромской поймы, основанная на количественном учете их зоопланктона, важна по некоторым соображениям. Не все эти водоемы будут поглощены водохранилищем, часть из них останется за валом (оз. Слоинское, реки Каменка и Узокса). Преимущественный интерес приобретают в таком случае те водоемы, которые будут так или иначе влиять на Костромской разлив водохранилища. Но и с этой стороны они также неоднородны, и наряду с водоемами, характеризующимися благоприятными условиями, некоторые будут оказывать в какой-то мере отрицательное влияние на формирование фауны и флоры.

К числу последних относится р. Соть. На всем обследованном участке, не исключая устья, зоопланктон ее исключительно беден и уступает другим водоемам в 10—20 и даже в 100 раз; число коловраток и ракообразных в 1 м³ воды на протяжении всего летнего времени не превышает 5000 экз. По всей вероятности, здесь сказывается влияние двух факторов: 1) большое количество минеральной взвеси, которая, как во всех аргиллотрофных водоемах, отрицательно сказывается на развитии планктона (Рылов, 1940; Кошкин, 1953); 2) разложение затопленных во время сплава лесоматериалов.

Уровень развития зоопланктона в остальных водоемах Костромской поймы можно оценить, сравнив их с другими, лучше изученными сходными водоемами. В оз. Слоинском и р. Каменке плотность ракообразных превышает, а в других водоемах (оз. Великое, р. Касть, р. Узокса) близко подходит к уровню, предполагаемому для Куйбышевского водохранилища — 50—100 тыс. экз./м³ (Жадин, 1941). В Днестровском лимане в период весенне-летнего максимума (июнь) количество зоопланктеров составляет 94 915 экз./м³ воды с биомассой, равной 1918 мг/м³ (Буяновская и др., 1951); оз. Слоинское, р. Каменка, р. Узокса превосходят лиман по плотности планктона в 2—4—8 раз (июнь-июль), а оз. Великое и р. Касть несколько уступают ему. Озера Костромской поймы по развитию зоопланктона значительно ближе к стоячим водоемам плавней Днестра (Марковский, 1953). Там в озерах, где преобладают

ракообразные (оз. Путрино), средняя биомасса зоопланктона (2360 мг/м^3) немногим отличается от соответствующих показателей оз. Великого (1110 мг/м^3) (рис. 6); другие озера (оз. Тудорово) сходны с

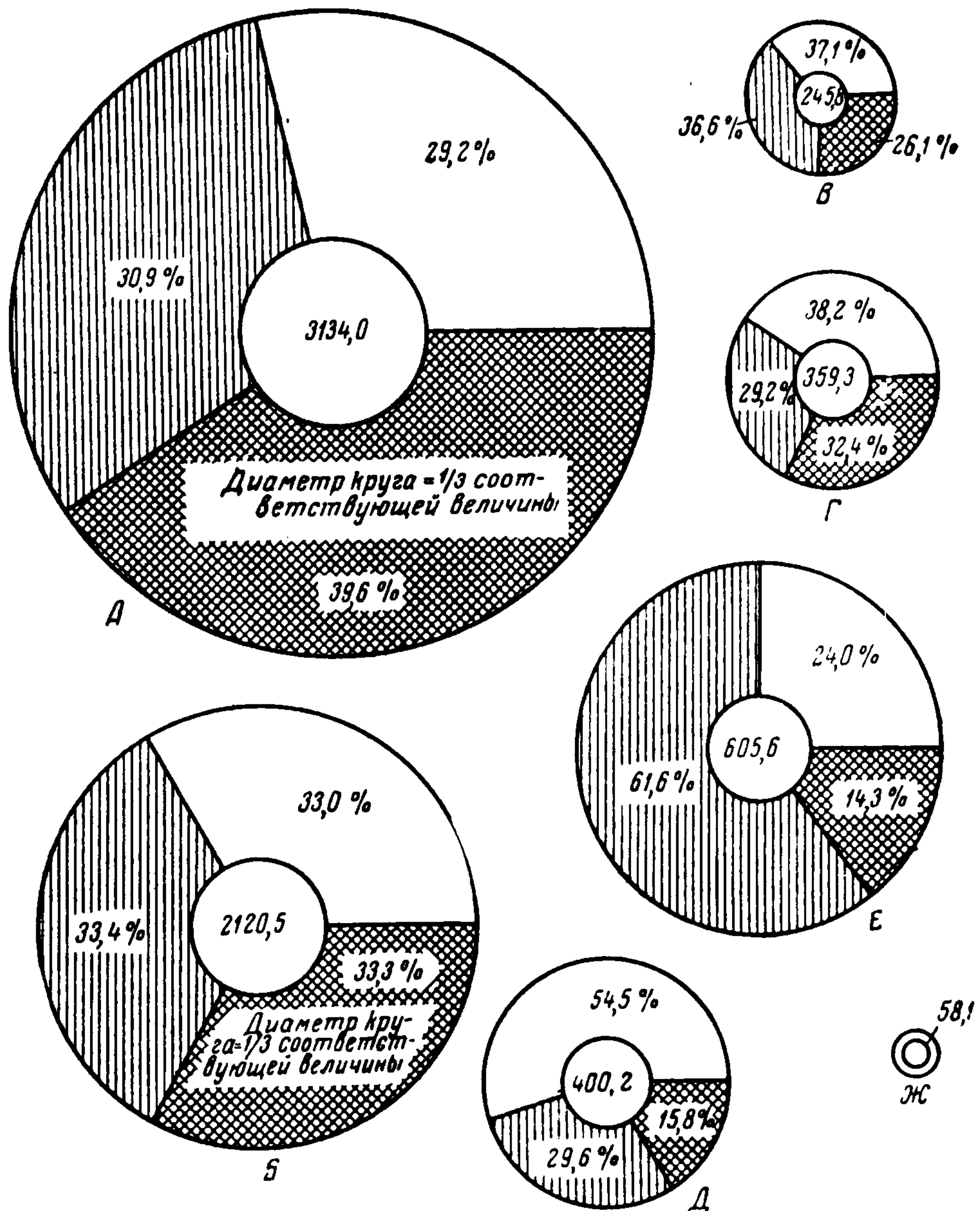


Рис. 6. Биомасса летнего зоопланктона в водоемах Костромской поймы (мг/м^3).

А — р. Каменка; Б — оз. Слоинское; В — истоки р. Узоксы; Г — нижнее течение р. Узоксы; Д — р. Касть; Е — оз. Великое; Ж — р. Соть.

Условные обозначения те же, что и на рис. 1

оз. Слоинским и р. Каменкой по структуре зоопланктона: на долю коловраток приходится в первом около 80%, во втором — около 90% всей биомассы. Но кормовая ценность зоопланктона Костромских водоемов, благодаря обильному развитию ракообразных, к середине лета значительно выше, чем в водоемах Днестровских плавней. В общем кормовые ресурсы Костромской поймы, определяемые количеством и качественным составом зоопланктона, следует признать довольно высокими.

Соотношения между описываемыми водоемами, определяемые относительным количеством зоопланктона в них, почти не меняются.

несмотря на сезонные изменения их биологии. Первое место занимают оз. Слоинское и р. Каменка; на противоположном конце (не считая р. Соты) — р. Мелгаши или истоки р. Узоксы. Оз. Великое на протяжении всего времени занимает среднее положение.

Обращает на себя внимание резкое отставание оз. Великого и некоторых других водоемов по плотности зоопланктона летом 1952 г. В оз. Слоинском и р. Каменке плотность в июле возросла в 3,5 и 6 раз против раннелетнего и весеннего времени, а в оз. Великом она в июле оста-

валась на уровне июня (рис. 7). Объясняется это обстоятельство тем, что периоду сбора летнего материала предшествовал резкий и значительный подъем воды в верхней Волге, вызванный сбросом воды из Рыбинского водохранилища. Соответственно повысился горизонт воды по всей притоковой системе Волги-Костромы, и прежде всего в оз. Великом. Воздействие волжских вод вызвало перемешивание слоев воды, разбавление озерной воды водами Волги, Узоксы, Соты и других рек и привело к резкому неблагоприятному изменению физико-химических условий (температура, трофичность, прозрачность и др.). Подобные же изменения произошли в этот период и в р. Узоксе.

По характеру зоопланктона исследованные водоемы могут быть разбиты на три группы. Озеро Слоинское с р. Каменкой образует водоем, зоопланктон ко-

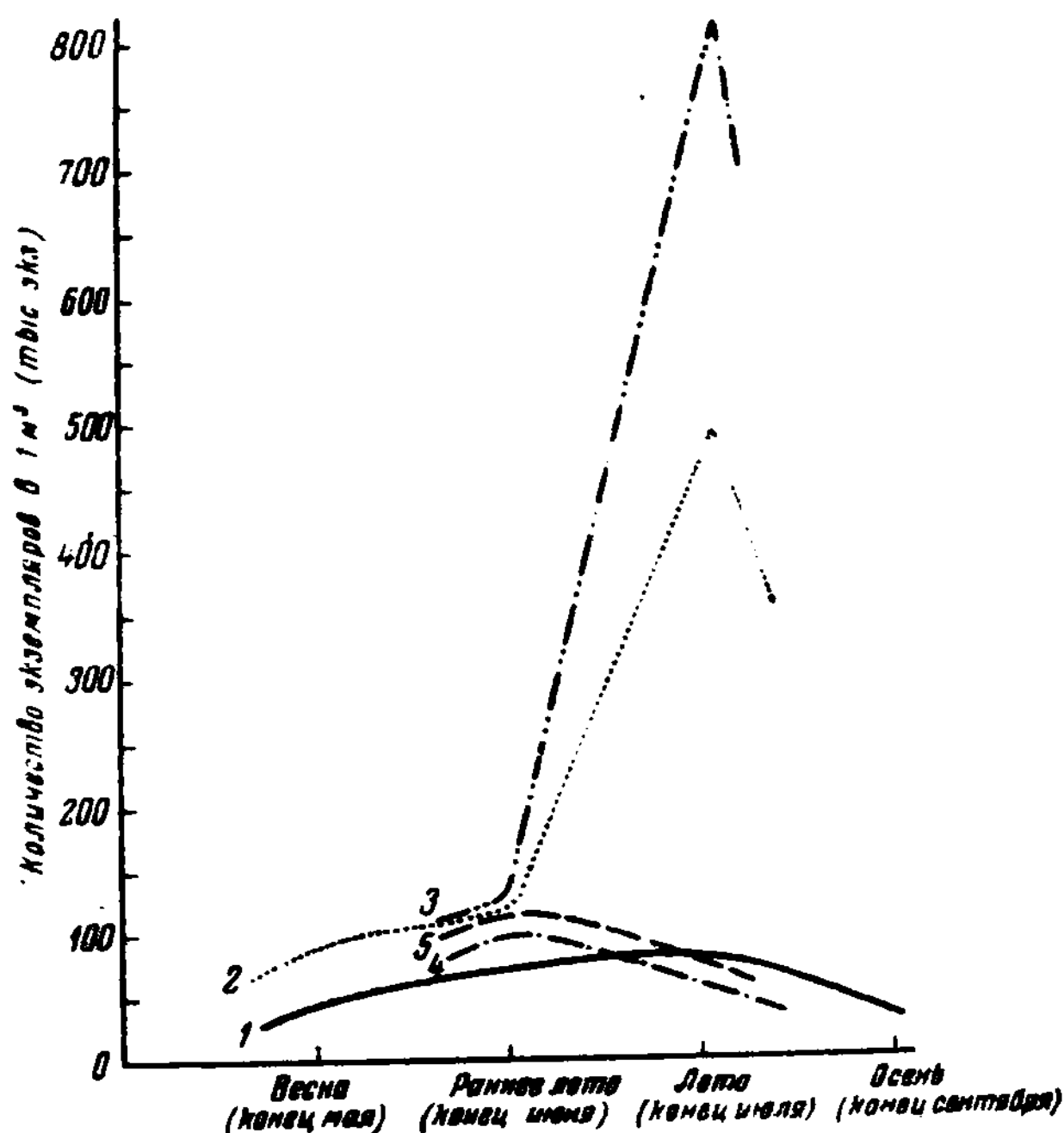


Рис. 7. Изменение средней плотности зоопланктона в разных водоемах Костромской поймы на протяжении весенне-летнего периода.

1 — оз. Великое; 2 — оз. Слоинское; 3 — р. Каменка; 4 — р. Узокса (истоки); 5 — р. Узокса (нижнее течение)

торого обладает отчетливо выраженным коловраточным характером. Относительное число ракообразных изменяется, но и в сезон максимального их развития (конец июля) они более чем втрое уступают коловраткам. Оз. Великое, нижнее течение р. Касть и р. Мелгаши составляют группу с копеподным зоопланктоном, но с заметным участием кладоцер и коловраток. Особняком стоит р. Узокса с крайне неустойчивым характером зоопланктона, меняющимся довольно часто и резко; так, например, в зоопланктоне ее 22.VI 1951 г. коловратки составляют 80% общего числа особей, 8.VII рачки и коловратки численно уравниваются; в конце июля в 1952 г. коловратки занимают более 60%. Вследствие этого водоемы резко различаются по значению коэффициента Cr/R (Cr — Crustacea, R — Rotatoria). В оз. Великом он колеблется в разные периоды от 1,02 до 2,71, оставаясь всегда больше единицы; в оз. Слоинском он равен $\frac{1}{5,3} - \frac{1}{2,6}$, т. е. уступает предыдущему в 6—8 раз; в р. Каменке $Cr/R = \frac{1}{4,5} - \frac{1}{3,3}$. В кормовом отношении коловратки и Entomostraca неравноценны. Коловратки имеют меньшее пищевое значение (Черфас, 1950) или же вообще потребляются редко (Аристовская, 1935), как это

установлено, в частности, для Рыбинского водохранилища (Маккавеева, 1952). В таком случае по кормовой ценности зоопланктона оз. Великое значительно превосходит и оз. Слоинское и р. Каменку. Эти различия еще резче выступают при сравнении водоемов по биомассе зоопланктона: численное превосходство ракообразных над коловратками в оз. Великом достигается за счет циклопов и клadoцер, которые по индивидуальным весам намного превышают коловраток (табл. 1).

Таблица 1

Кормовая ценность зоопланктона в водоемах Волжско-Костромской поймы в разное время года по значению коэффициента C_r/R

Водоем	Весенний период		Раннелетний период		Летний период	
	по количеству	по биомассе	по количеству	по биомассе	по количеству	по биомассе
Озеро Великое	2,71	9,35	1,35	4,37	1,02	5,92
Озеро Слоинское	$\frac{1}{5,3}$	$\frac{1}{2,6}$	$\frac{1}{6,1}$	$\frac{1}{9,1}$	$\frac{1}{3,1}$	1,97
Река Каменка	—	—	$\frac{1}{4,5}$	$\frac{1}{7,2}$	$\frac{1}{3,28}$	1,51
Реки Мелгаши и Касть	1,34	1,69	4,99	46,0	1,0	5,32
Река Соть	—	—	1,29	10,6	1,0	14,0
Река Узокса, истоки . . .	—	—	$\frac{1}{4,0}$ $\frac{1^*}{1,04}$	$\frac{1}{5,0}$ 2,12	$\frac{1}{2,04}$	2,82
Река Узокса, нижнее течение	—	—	—	—	$\frac{1}{1,95}$	2,11

* 22.VI и 8.VII

Относительная роль водоемов в питании рыб меняется на протяжении года. Отмеченное выше преобладающее кормовое значение зоопланктона оз. Великого относится преимущественно к весеннему и раннелетнему времени. Именно в весеннее время создается напряженное положение с кормами и в исследуемых водоемах, так как к этому времени в них скопляется значительное количество рыбы из Волги и р. Костромы. Таким образом, хотя по общему развитию зоопланктона оз. Великое уступает оз. Слоинскому, но по кормовой ценности превосходит его во много раз. В конце июня — начале июля (раннелетний период) потребление корма рыбами еще более возрастает вследствие появления в большом количестве молоди рыб, питающейся почти исключительно мелкими ракообразными. Но и к этому времени оз. Великое сохраняет наивысшую относительную численность ракообразных.

Высокое качество планктона в оз. Великом сохраняется и в летнее время (коэффициент по количеству особей 1,02, а по биомассе 5,92). Однако к этому времени резко повышается кормность и оз. Слоинского и р. Каменки, что особенно ясно выступает при сопоставлении биомассы ракообразных и коловраток (коэффициент 1,97 и 1,51). Хотя коэффициент C_r/R для этих водоемов все еще ниже, чем для оз. Великого, но биомасса ракообразных в них в 3—3½ раза больше, чем в оз. Великом (табл. 2).

Значительный количественный рост всего зоопланктона в летнее время в оз. Слоинском и р. Каменке при возросшем удельном весе рачков в его составе обусловил высокое кормовое значение летнего зоопланктона в этих водоемах.

Таблица 2

Биомасса некоторых групп зоопланктона в водоемах
Костромской поймы в летнее время (мг/м³)

Группа	Озеро Великое	Озеро Слоинское	Река Каменка
Кладоцеры	373,6	707,3	970,7
Копеподы	145,3	700,0	913,5
Все ракообразные . . .	518,9	1407,3	1884,2

Наконец, в осенний период рачковый планктон снова оказывается относительно богаче в оз. Великом. К концу сентября — началу октября плотность его резко снижается во всех водоемах до следующего уровня: в оз. Великом — 2735 экз./м³, в р. Каменке — 1139, в р. Узоксе — 800, что соответственно в 15, 20 и 25 раз меньше раннелетнего периода. Но к середине сентября ракообразные в оз. Великом все еще насчитывались в количестве 10574 экз./м³, т. е. примерно составляли 1/4 раннелетнего зоопланктона в том же водоеме. Таким образом, в мае, июне и сентябре — в периоды наибольшего напряжения в использовании корма рыбами — в оз. Великом создаются наиболее благоприятные условия для питания молоди, а также взрослых планктоноядных рыб.

В среднем за весенне-летний период соотношение между основными группами зоопланктона в трех крупнейших водоемах исследуемой системы представляется в следующем виде (табл. 3).

Таблица 3

Соотношение основных групп зоопланктона (в % от общей биомассы)
в весенне-летний период в водоемах Костромской поймы

Водоем	Коловрат- ки	Кладоце- ры	Копеподы (циклопы)	Коэффици- ент Cr/R
Озеро Великое	15	42,7	42,2	5,63
Озеро Слоинское	59,4	20,3	20,3	$\frac{1}{1,46}$
Река Каменка	57,1	13,7	29,2	$\frac{1}{1,33}$

Увеличение роли рачкового планктона в оз. Слоинском и р. Каменке в середине лета (конец июля) обуславливает повышение численности циклопов; количество кладоцер остается по-прежнему на крайне низком уровне, не превышающем 1—2% общего числа зоопланктеров. Малое количество кладоцер наблюдается наряду с бурным развитием коловраток и прежде всего *Brachionus angularis* в летний период. К этому же времени пышно развивается фитопланктон, вызывающий «цветение» воды. Подавление кладоцер, преобладание коловраток и среди них *Brachionidae*, развитие фитопланктона и «цветение» воды — таковы характерные черты оз. Слоинского и р. Каменки в летний период.

Судя по описанию Б. С. Грезе (1929), оз. Идоломское (мною не изученное) характеризуется теми же признаками, какие только что отме-

чены для оз. Слоинского. Оба они, следовательно, относятся к озерам с высокой степенью эвтрофности. Сходство между ними распространяется также и на структуру зоопланктона, в котором среди коловраток руководящими формами для обоих озер признаются *Polyarthra trigla*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis* и *Filinia longiseta*. Наряду с этими формами в оз. Идоломском констатируется ничтожное количество копепод, чего нельзя сказать об оз. Слоинском, где циклопы составляют все же более 20% летнего зоопланктона.

Характер и длительность влияния на водоемы поймы со стороны смежных с ними рек Костромы и Волги небезынтересны; в будущем им на смену придет воздействие прирусловой части водохранилища. Общие черты этого воздействия можно уловить в современных отношениях. Полые воды рек, заполняющие весной пойму, и вызванные ими мощные водотоки вымывают планктон из пойменных водоемов, заносят сюда речной планктон и всем этим в какой-то мере нивелируют распространение планктеров по пойме. Но уже к концу мая нивелирующее влияние половодья не обнаруживается. Характерные черты каждого водоема, их особенности в продуктивности зоопланктона и в количественных соотношениях между его компонентами выявляются с достаточной полнотой, так же, как это установил Н. Н. Харин (1951) для водоемов Аксайско-Донской поймы. Коловраточный характер планктона в оз. Слоинском и копеподный в оз. Великом, сохраняющиеся на протяжении всего лета, отчетливо выступают уже к концу мая. Точно так же отчетливо различаются между собой две группы проточных водоемов: рек Каменки и Узоксы с коловраточным комплексом и рек Касть и Мелгаши с копеподным или копеподно-коловраточным комплексом. Следовательно, основные черты зоопланктона в каждом водоеме Костромской поймы отличаются значительной стойкостью, противостоящей мощному влиянию весеннего половодья. На это обратил внимание Б. С. Грезе (1929); с тех пор к весеннему половодью прибавились воздействия волжских вод на пойму в периоды летнего подъема горизонта в Волге при спуске воды из Рыбинского водохранилища, а сложившиеся биологические комплексы в заливных водоемах оказались способными противостоять и этому влиянию. Соображения Б. С. Грезе о стойкости комплексов зоопланктона в заливных озерах подтверждаются нашими наблюдениями.

ВЫВОДЫ

1. Район исследованных водоемов, после того как он будет залит водами Горьковского водохранилища, превратится в обширное мелководье, которое будет существенно влиять на воспроизводство рыбных запасов во всем водохранилище, выполняя роль нерестилища и нагульного поля для молодежи промысловых рыб.

2. Река Соть по развитию зоопланктона уступает другим соседним водоемам в 10—20 и даже в 100 раз; бедность зоопланктона вызывается, вероятно, обилием минерального сестона в воде.

3. В весенний, раннелетний и летний периоды (май-июнь-июль) количество зоопланктона последовательно возрастает почти во всей водной системе, особенно в оз. Слоинском и р. Каменке, где в конце июля плотность его в три — шесть раз выше, чем в мае и июне. Осенью количество планктона быстро снижается во всей системе; уже к середине сентября зоопланктон в оз. Великом в два раза беднее весеннего и в три раза — раннелетнего.

4. В отличие от других водоемов в оз. Великом не обнаружено сколько-нибудь заметного повышения количества зоопланктона в летнее время (в 1952 г.), и в конце июля он остался на июньском уровне. По-видимому, это связано с внезапным ухудшением условий в водоеме в результате значительного подъема уровня воды (более 1 м) при спуске воды из Рыбинского водохранилища.

5. Максимального развития зоопланктон достигает в р. Каменке и оз. Слоинском, где зоопланктон удерживается на более высоком уровне количественного развития на протяжении всего исследованного периода. За ними всегда следует оз. Великое; все другие водоемы от них отстают.

6. По качественному составу зоопланктона водоемы различаются гораздо резче, чем по его количеству. Оз. Слоинское и р. Каменка составляют группу водоемов с типично коловраточным планктоном; в оз. Великом и впадающих в него речках обитает копеподный планктон, в котором заметную роль играют также кладоцеры и коловратки; р. Узокса характеризуется неустойчивостью качественного состава зоопланктона.

7. Преобладанием копеподного планктона определяется превосходство оз. Великого над другими водоемами по кормовой ценности зоопланктона. Коэффициент Cg/R колеблется в оз. Великом в разные сезоны от 1,02 до 2,71; в коловраточных же водоемах — от $\frac{1}{6,1}$ до $\frac{1}{3,1}$, т. е. в шесть—восемь раз меньше. В среднем за летний период коэффициент Cg/R равен в оз. Слоинском $\frac{1}{1,46}$; р. Каменке $\frac{1}{1,33}$, а в оз. Великом 5,63. Различия между значениями того же коэффициента, вычисленного по биомассе основных групп зоопланктеров, для разных водоемов еще больше.

8. Преимущественное кормовое значение зоопланктона в оз. Великом ярко сказывается в периоды наиболее напряженного положения с кормами. Весной, когда в исследуемых водоемах скапливается много рыбы на нерест; в раннелетний период при появлении молоди в больших количествах и, наконец, ранней осенью перед скатом молоди.

К середине лета роль кормовых ресурсов в коловраточных водоемах возрастает в связи с ростом численности планктических ракообразных.

9. Биологические черты оз. Слоинского характеризуют его как водоем с высокой степенью эвтрофности: подавление кладоцер, преобладание коловраток и среди них прежде всего Brachionidae, развитие фитопланктона и «цветение воды».

10. Основные черты зоопланктического комплекса в каждом водоеме Костромской поймы отличаются значительной стойкостью, противостоящей мощному воздействию рек, с которыми они связаны как в период весеннего половодья, так и при подъеме горизонта воды летом и осенью. Полые воды р. Костромы и Волги через посредство р. Костромы вымывают планктеров из пойменных водоемов и нивелируют их распространение по пойме. Тем не менее уже к концу мая выявляются с достаточной определенностью характерные черты каждого водоема по продуктивности зоопланктона и по количественным соотношениям его компонентов. Эти различия удерживаются на протяжении всего весенне-летнего-осеннего времени.

ЛИТЕРАТУРА

- Аристовская Г. В. 1935. К вопросу о питании некоторых волжско-камских рыб. Тр. Татарск. отд. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз-ва, т. II.
- Боруцкий Е. В. 1949. К вопросу о формировании зоопланктона Учинского водохранилища канала им. Москвы. «Зоол. журн.», XXVIII, вып. 1.
- Буяновская А. А., Гринбарт С. Б., Зайцев Ю. П. и Волк Д. Т. 1951. Гидробиологический режим и кормовые ресурсы Днестровского лимана. Тр. проблемных и тематических совещаний, вып. 1. Проблемы гидробиологии внутренних вод, 1.
- Грачев, 1902. О некоторых озерах Костромской губ. Землеведение, IX, кн. 2/3.
- Грезе Б. С. 1929. К биологии пойменных озер. 1. Зоопланктон озер долины р. Костромы. Тр. Костром. научного об-ва по изучению местного края, XLIII.
- Грезе Б. С. 1948. Материалы по продуктивности зоопланктона в Валдайском озере. Изв. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз-ва, XXVI, вып. 2.
- Дексбах Н. К. 1921. Коловратки р. Волги и некоторых ее притоков. Тр. Ярославского ест.-истор. об-ва, т. III, вып. 1.
- Дексбах Н. К. 1939. Клязьминское водохранилище канала Москва-Волга. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. биол., XLVIII (4).
- Еремин Г. Г. 1950. Физико-географическая характеристика Костромской области. Диссертация.
- Жадин В. И. 1941. Проблема реконструкции фауны Волги и Каспия в связи с волжским гидростроительством. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, VII, вып. 1.
- Жадин В. И. 1950. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод. Жизнь пресных вод, т. III, Изд-во АН СССР.
- Киселев И. А. 1950. Изучение планктона водоема. Изд-во АН СССР.
- Кошкина Н. А. 1953. Планктон р. Камы и смежных с ней водоемов поймы. Диссертация.
- Кошкин В. В. 1954. Аргиллотрофные водоемы. Уч. зап. Костром. гос. пед. ин-та, т. II.
- Красюк и Юницкий, 1925. К характеристике почв аллювиальных лугов Костромского края. Тр. Костром. науч. об-ва по изуч. местн. края, XXXVI.
- Маккавеева И. И. 1952. Питание молоди хищных рыб Рыбинского водохранилища. Диссертация. М.
- Марковский Ю. М. 1953. Водоемы дельты Днестра и Днестровский лиман. Изд-во АН УССР.
- Рылов В. М. 1940. Об отрицательном значении минерального сестона в питании некоторых планктических Entomostraca в условиях речного течения. «Докл. АН СССР», XXIX, № 7.
- Рылов В. М. 1941. Зоопланктон Учинского водохранилища. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. VII.
- Смелов С. П. 1927. Луга заволжья Ярославск. губ. Тр. Гос. Лугового ин-та, вып. 2.
- Смирнов Н. 1926. Список коловраток, найденных в окрестностях г. Костромы. Тр. Костромск. научн. об-ва по изуч. местн. края, т. XXXVII.
- Смирнов С. 1929. К фауне веслоногих ракообразных окрестностей г. Костромы. Тр. Костромск. научн. об-ва по изуч. местн. края, т. XXXVIII.
- Уломский С. М. 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. II.
- Харин Н. Н. 1951. К гидробиологической характеристике типов пойменных водоемов Нижнего Дона в связи с проектировкой искусственных нерестилищ. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. II.
- Черфас Б. И. 1950. Рыбоводство в естественных водоемах. Пищепромиздат.

А. А. КОСОВА

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА НА ПОЛОЯХ НИЖНЕЙ ЗОНЫ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

(Астраханский государственный заповедник)

ВВЕДЕНИЕ

Полои — это временные водоемы, которые появляются в пойме рек в периоды разлива и исчезают в межень. Время существования полоев находится в прямой зависимости от продолжительности половодья и его высоты.

Несмотря на свою кратковременность, полои имеют большое значение для рыбного хозяйства, обеспечивая размножение промысловых рыб.

Температура воды на полоях, в противоположность реке, резко и быстро меняется при изменении температуры воздуха. Температура воды на полое в течение суток отражает суточные колебания температуры воздуха. В реке температура воды в течение суток более постоянна.

В ранневесенний период прогрев воды полоев, благодаря высокой дневной температуре, оказывается выше, чем в реке. Это способствует быстрому и массовому развитию населения полоев. Однако даже самое кратковременное похолодание (один — три дня), которое на население реки почти не оказывает влияния, на полое может быть губительным для представителей теплолюбивой фауны и флоры, в том числе для икры и личинок рыб.

Вследствие своеобразных экологических условий полоев их растительный и животный мир отличаются некоторыми особенностями, которые отмечают в своих работах Б. С. Грезе (1929), В. И. Жадин (1926), С. А. Зернов (1928, 1934), А. Н. Липин (1926), Е. Н. Павловский и С. Г. Лепнева (1948) и др. Важнейшие из этих особенностей заключаются в способности обитателей временных водоемов давать за короткое время большое число поколений и в их способности оставаться живыми без воды на той или иной стадии своего жизненного цикла (в виде цист, яиц, личинок или взрослых животных).

Эти особенности обитателей временных водоемов, кроме общебиологического интереса, имеют огромное практическое рыбохозяйственное значение. Благодаря быстрому массовому развитию гидробионтов с первых же дней существования полоев создается кормовая база для молоди рыб, нерестящихся на полоях.

Изучение сезонных изменений в жизни планктона и бентоса на полоях позволит до некоторой степени выявить периоды напряженного, критического состояния кормовой базы, а это может оказать помощь при разработке методов улучшения кормности нерестово-выростных

хозяйств, которые создаются на базе естественных водоемов. Поэтому в настоящей работе были поставлены две задачи: во-первых, выяснение сезонных изменений в жизни планктона и бентоса за весь период существования полоев; во-вторых, определение количественного соотношения наиболее важных для молоди промысловых рыб групп кормовых организмов, встречающихся в планктоне и бентосе полоев. Исследование вели на двух полых Астраханского государственного заповедника.

Специальные гидробиологические исследования на полых дельты проведены главным образом Астраханской рыбохозяйственной станцией (бывшая Астраханская ихтиологическая лаборатория). М. Х. Эльдарова-Сергеева, Н. Н. Лебедев и С. А. Митропольский (1909) опубликовали первый список водных организмов дельты, в котором перечислены и многие полые формы.

Для оценки кормовой базы молоди рыб в связи с мелиорацией с 1909 по 1915 г. проводили свои исследования Н. Н. Лебедев (1909) и А. Скориков (1915), описавшие картину жизни на полых средней зоны дельты. Биологии и питанию молоди рыб были также посвящены обстоятельные работы Н. Л. Чугунова (1918, 1928). Вопросу о кормовой обеспеченности нерестовых площадей дельты много внимания уделил К. А. Киселевич (1922, 1926). Все эти работы проводились главным образом в районе средней зоны дельты. Из более поздних работ следует упомянуть также работу К. П. Барышевой (1938). Гидробиологическую характеристику полоев за тот или иной период их существования в дельте Волги дали при изучении биологии молоди некоторых видов промысловых рыб Л. Г. Амелина (1941), В. В. Васнецов (1948), И. И. Кузнецова (1940).

В некоторых работах (Васнецов, 1948; Жадин, 1950; Зиновьев, 1947; Киселевич, 1926; Кузнецов, 1940; Летичевский, 1947; Мейснер, 1945; Скориков, 1915; Чугунов, 1918, 1928) дана оценка значения полоев дельты Волги для воспроизводства рыбных запасов Волго-Каспийского бассейна.

А. Ф. Зиновьев (1947) показал, что при определенной плотности искусственного заселения молодью водоемов происходит выедание основных кормовых организмов. Следует отметить, что Зиновьев создавал неестественно высокую плотность посадки молоди в экспериментальные водоемы.

Бентос полых водоемов средней зоны дельты также был подвергнут специальному изучению (Идельсон, 1941).

Нижняя зона дельты, в которой расположены и водоемы Астраханского заповедника, несмотря на немалую роль в воспроизводстве рыбных запасов, вследствие малой доступности, изучена гораздо меньше. Гидробиологических исследований ее водоемов очень мало. К ним относится исследование В. С. Ивлева (1940), захватившее лишь вторую половину существования полых водоемов, начиная с июня. Более поздняя по времени работа Зиновьева (1947) не освещает динамику жизни на полых нижней зоны дельты Волги. К. В. Горбунов (1955), характеризуя обрастания, лишь очень кратко касается общей экологической характеристики полоев.

В настоящее время в свете предстоящих задач реконструкции рыбного хозяйства Волго-Каспийского района в связи с зарегулированием стока Волги и строительством Куйбышевского и Сталинградского гидроузлов исследование полых водоемов дельты Волги, и в частности ее нижней зоны, имеет большое значение.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала и наблюдения вели в нижней зоне дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника в течение полового периода 1949 и 1950 гг.

Гидробиологические пробы в 1949 г. брали на двух постоянных станциях с различными экологическими условиями: на ильменном полове с мягкой растительностью и в прирусловом полове с жесткой растительностью. В 1949 г. пробы брали один раз в пятидневку; в 1950 г. — через день, что позволило уловить вспышки массового развития некоторых видов коловраток и других животных, развитие которых протекает чрезвычайно быстро, а также глубже познакомиться с жизненными циклами других кормовых организмов. Пробы мезо- и микропланктона (50 μ — 100 μ и больше) брались путем процеживания 50—100 л воды через планктонную сеть Апштейна (мельничное сито № 25/77); пробы наннопланктона (менее 50 μ) — путем отстаивания 1—2 л воды в цилиндрах. Сбор макрофауны (личинки ручейников, клопы, моллюски и др.) производился сачком из конгрессканвы. Бентос брали дночерпателем системы Ивлева.

Одновременно со взятием гидробиологических проб вылавливали молодь нерестящихся на половах рыб, измеряли температуру воды, глубину и в некоторых случаях брали пробы воды для определения растворенного кислорода.

Всего взято и обработано 170 качественных проб планктона, 80 количественных проб планктона, 20 качественных проб макрофауны, 30 проб бентоса и произведен анализ содержимого кишечника 130 разновозрастных мальков сазана¹. Подсчет планктона вели в счетных камерах; мезо- и микропланктона — в камере Богорова; наннопланктона — в камере Бюркера; при этом подсчитывались и бактерии.

До вида определялись основные кормовые организмы молоди рыб: коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные и по возможности хирономиды. Представители остальных групп животных — моллюски, стрекозы, поденки, клопы, жуки, ручейники, некоторые простейшие, а частично и водоросли определяли лишь до рода или семейства.

Некоторые группы — водяные бабочки, мокрецы, вилхвостки, ракушковые рачки, пауки, клещи, пиявки, мшанки, ресничные и круглые черви, гастротрихи и кишечнополостные — не определяли, а лишь регистрировали их присутствие, отмечали стадии их развития (яйцо, статобласт, личинка, куколка, кокон и т. п.), после чего материал фиксировали.

Обработку содержимого кишечника молоди сазана вели совместно с К. В. Горбуновым. Им же частично обработаны пробы фитопланктона. В настоящей работе использованы только данные по частоте встречаемости кормовых организмов.

В 1952 г. в виде дополнения к настоящей работе был произведен анализ питания хищной коловратки.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛОВЕВ ПО ПЕРИОДАМ

В жизни полове наблюдаются четыре ясно выраженных периода: образования, проточности, отшнуровывания и обсыхания. Продолжительность и гидрологический режим каждого полова находится в прямой зависимости от местоположения полова, от высоты и продолжительности половодья, а также от скорости изменения уровня грунтовых и полых

¹ В том числе мальков, собранных на этих же половах А. Д. Бондаренко.

вод и от других факторов (характера растительного покрова, метеорологических условий и т. п.).

При низком половодье период проточности может отсутствовать.

Период образования. Перед образованием полоев наблюдается увлажнение их будущего ложа вследствие повышения уровня грунтовых вод. В связи с тем, что период образования полоев в дельте Волги совпадает большей частью с весенним периодом теплых солнечных дней (конец апреля, май), влажное ложе поля днем сильно нагревается. Влага, тепло и другие факторы выводят растения и животных из состояния покоя. Начинают прорасть семена, корневища и зимующие почки высших растений; активируются процессы переработки бактериями ранее накопленного на полях органического вещества, вследствие чего оно становится доступным для питания водных беспозвоночных (Горбунов, 1953), начинают размножаться некоторые беспозвоночные водоросли.

С началом половодья, при достижении определенного уровня воды в реках, начинается постепенное заливание поймой площади речной водой. В первые дни образования полоев некоторая часть сухих растительных остатков (обломки стеблей, обрывки листьев, летучки семян и т. п.), выстилающих дно поля, отделяется от верхнего слоя почвы и поднимается на поверхность воды вместе с прикрепленными к ним зимующими спорами водорослей, статобластами мшанок, яйцами, цистами разных беспозвоночных животных и взрослыми их формами, способными переносить высыхание. Выносятся на поверхность также и не прикрепленные к субстрату статобласты мшанок, неприкрепленные покоящиеся яйца коловраток, ветвистоусых рачков; споры водорослей, грибов (*Alternaria*), папоротников (*Salvinia*), семена некоторых высших растений и т. д.

Беспозвоночные животные и водоросли, прикрепленные к обнаженным корням и корневищам, а также находящиеся в грунте, в период заливания остаются на дне. Это — прикрепленные формы коловраток, прикрепленные яйца коловраток, личинки некоторых насекомых, малощетинковые черви, пиявки, многие из простейших. Таким образом возникает донный и поверхностный слой с повышенным содержанием неразложившегося органического вещества и живых организмов.

В толще воды в это время имеется большое количество взвешенных частиц грунта, мелких растительных, животных остатков. Животный и растительный планктон состоит главным образом из принесенных водою ильменных и речных весенних форм. Затем начинается заселение толщи воды местными формами, поступающими из поверхностного и донного слоев. Поверхность воды поля на некоторое время очищается. С прогревом воды начинается усиленное размножение коловраток, веслоногих и ракушковых рачков; появляется много науплиусов и копеподитов; большого разнообразия достигают водоросли, развивающиеся также в массовом количестве. На поверхности воды в это время возникает бактериальная пленка и появляется прорастающая ряска.

С первых дней существования полоев начинается откладка яиц насекомыми, ведущими полуводный образ жизни. Места их кладок различны: поверхностная пленка воды (кровососущие комары), толща воды (хирономиды и некоторые виды ручейников), ткани подводных частей водных и полуводных живых растений и рыхлые ткани отмерших, плавающих на поверхности воды частей растений (клопы, жуки, стрекозы).

В период образования полоев проходит нерест проходных и полупроходных рыб. Мелководность полоев, особенно в данный период,

способствует достаточно хорошей аэрации воды, богатой биогенными элементами (Горбунов, 1953).

В это время на полоях создаются оптимальные условия для инкубации икры, а также для роста, развития и нагула молоди нерестящихся здесь рыб. Высшая водная растительность используется рыбами как нерестовый субстрат, а развивающиеся в массе водные беспозвоночные животные и водоросли служат пищей для мальков во время их нахождения на полоях.

Период проточности. Проточность полоев, как указывалось выше, в годы с низким половодьем может отсутствовать. Острова, омываемые протоками дельты Волги, имеют форму блюдец: середина их ниже, чем прибрежная полоса. Если уровень воды в реке поднимается настолько, что становится выше прибрежных гривок, наступает проточность полоев. При этом поступление воды на полои идет через верхние части островов. Проточность полоев возникает также при соединении нескольких полоев, расположенных на разной высоте. Проточность полоев, по данным Е. Ф. Гурьяновой (1946), отрицательно влияет на жизнь животных, предпочитающих теплую стоячую воду; эти животные в период проточности находятся в угнетенном состоянии. Кроме того, они подвергаются нападению и выеданию со стороны пришлых из реки хищных насекомых, их личинок, а также рыб.

В. И. Мейснер (1945) и Я. А. Ремез (1926) называют проточность полоев стихийным бедствием для слабых еще в это время мальков, но вместе с тем они отмечают, что проточность полоев вызывает разреживание концентрации мальков на местах нереста и позволяет им использовать новые и хорошие по кормности луговые полои, кормовые ресурсы которых оказались бы неиспользованными, если бы мальки не заносились туда течением. Отрицательное значение проточности полоев, следовательно, носит относительный характер.

В период проточности полоев мальки на нерестилищах начинают группироваться в стайки, которые впоследствии образуют большие скопления и активно или пассивно мигрируют в реки (Танасийчук, 1941; Васнецов, 1948; Кузнецов, 1940).

В гидробиологическом отношении полои в период проточности характеризуются смешанной фауной, состоящей частично из пришедших из реки форм, частично из представителей фауны стоячих вод, развивающихся в местах заливания и принесенных из ильменей.

Период отшнуровывания полоев наступает вследствие спада воды в реке. Кроме того, в это время наблюдается резкое сокращение пойменной площади за счет испарения воды под влиянием высокой температуры и за счет транспирации воды высшими растениями. Сокращение пойменной площади сопровождается гибелью организмов, которые не приспособлены к жизни в условиях резко меняющейся влажности. Остальные организмы (местные формы) могут переносить довольно длительное пребывание в высохшем грунте. Животные и растения (водоросли), которые уносятся с отступающей водой, продолжают свое развитие.

Гидрологический режим на полоях в этот период приближается к гидрологическому режиму мелководных, заросших макрофитами озер, что создает благоприятные условия для размножения и развития фауны и флоры, типичной для таких водоемов. В большом количестве появляются синезеленые водоросли, наблюдается также большое количество личинок разных водных жуков, клопов, клещей; много личинок ручейников, хирономид; масса моллюсков, головастиков; из предста-

вителей микрофауны — ветвистоусые рачки, коловратки и ракушковые рачки.

Мальки рыб в это время в большинстве случаев покидают полон, скатываясь по ерикам в протоки и затем в авандельту. Некоторая часть мальков, не успевших мигрировать в протоки, живет на полях до их обсыхания и впоследствии гибнет.

Период обсыхания отличается от периода отшнуровывания полоев еще большей быстротой процессов испарения и транспирации полонной воды и раздроблением маленьких озер на быстро высыхающие лужицы. В конце периода наблюдается полное высыхание всей полонной площади.

В гидробиологическом отношении этот период отличается прогрессирующим развитием синезеленых водорослей (*Nostoc*, *Rivularia*, *Arthrospira*, *Oscillatoria* и др.), конъюгацией нитчаток, образованием зимних спор (ауксоспор) *Melosira*; появлением большого количества спорангиев гриба *Alternaria*, спорангиев папоротника *Salvinia*; образованием зимующих почек у высших водных растений (*Hydrocharis*, *Ceratophyllum* и др.). В остающихся водоемах возрастает концентрация жуков, клопов, пиявок, клещей, моллюсков, головастиков, лягушек. По мнению Е. Ф. Гурьяновой (1946), возрастание биомассы на полях в этот период кажущееся; объясняется оно сокращением площади водоемов вследствие усыхания, которое обуславливает резкое увеличение плотности живого населения, вынужденного концентрироваться на неуклонно уменьшающемся пространстве.

Микрофауна — коловратки, ветвистоусые рачки и другие в этот период образуют зимние стойкие (латентные) яйца и отмирают. Те организмы, которые способны переносить высыхание во взрослом или личиночном состоянии, инцистируются. К концу существования полоев, когда в них остается очень небольшое количество воды (несколько сантиметров глубины), температура которой достигает 30° и выше, наблюдается массовое развитие зеленых жгутиковых (*Volvocinae* и др.), концентрирующихся в виде зеленых облачков на свету. В это время происходит гибель оставшихся на полях в период их отшнуровывания мальков, головастиков, у которых по некоторым причинам было задержано развитие и метаморфоз к периоду обсыхания полоев остался незавершенным, а также моллюсков, занесенных в период паводка из постоянных водоемов. Моллюски временных водоемов приспособились переносить высыхание, выделяя большое количество слизи у входного отверстия раковины (Жадин, 1926; Шкорбатов, 1950).

К моменту полного обсыхания полоев различные простейшие также инцистируются. Жуки и другие летающие насекомые покидают обсохший полон, где начинаются процессы разложения органического вещества. С уменьшением влажности интенсивность этих процессов понижается.

Ложе полоев, частично покрываясь вновь начинающей отрастать полуводной растительностью (жеруха земноводная, канареечник и др.), а частично зарастая наземной флорой (*Nasturtium* sp., *Malachium aquaticum* Fr.), приобретает вид зеленых лужаек, которые впоследствии заселяются сухопутной фауной: наземными и почвенными жуками, пауками, моллюсками, червями и другими животными.

Оставшиеся в живых водные животные и растения находятся в состоянии анабиоза, который позволяет этим организмам переносить неблагоприятные для них условия от одного полонного сезона до другого, которые разделены промежутком времени в несколько месяцев.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАННЫХ ПОЛОЕВ

Нижняя зона дельты Волги в период половодья отличается от остальных зон дельты почти полным затоплением всей территории островов. В результате этого здесь образуется мощная система полоев, в той или иной степени используемая рыбами как нерестилище. По берегам многочисленных протоков дельты возникают так называемые прирусловые полои. Они простираются до центральных участков островов, имеющих блюдцеобразную форму. Большая часть полоев этого рода встречает наступающее половодье без всякой растительности, так как вне заповедника территория, заросшая тростником, подвергается ежегодным палам. В заповеднике специальные меры противопожарной охраны на такого рода площадях приводят к сохранению многолетней тростниковой крепи, которая почти не используется рыбами под нерест. Огромное количество органического вещества в виде высушенных стеблей и листьев тростника прошлых лет на такого рода участках после их затопления создает неблагоприятные для жизни икринок и молоди рыб условия вследствие биохимических процессов распада отмерших растений (Ивлев, 1950). Поэтому мы выбрали участок прируслового полоя, подвергающийся ежегодному выжиганию, на котором систематически нерестится рыба, преимущественно сазан. Другим типом полоев, свойственным нижней зоне дельты, являются ильменные полои. Они образуются в период половодья вокруг озероподобных водоемов — ильменей.

Ильменный полый, на котором велись гидробиологические исследования, соединен непосредственно с мелководным, в некоторые годы пересыхающим ильменем Гранушным. Его можно отнести к полоям раннего заливания. Полои раннего заливания имеют первостепенное значение для размножения полупроходных рыб (Скориков, 1915).

Вся центральная часть полоя занята канареечником (*Digraphis agundinacea* Trin.), среди которого встречаются единичные экземпляры лютика большого (*Ranunculus lingua* L.), тростника (*Phragmites communis* Trin.), рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), ежеголовки (*Sparganium polyedrum* A. et G.) и жерухи (*Nasturtium amphibium* R. Br.). Поверхность воды местами покрывается ряской (*Lemna minor* L.) и водяным папоротником (*Salvinia natans* All.). У выхода в ильмень имеется небольшая заросль нимфейника (*Limnanthemum nymphaeoides* Link.), кубышки желтой (*Nuphar luteum* Smith.) и кувшинки (*Nymphaea alba* L.). От ильменя полый ограничен густой зарослью рогоза узколистного.

Ввиду того, что большая часть площади ильменного полоя покрыта канареечником, который относится к мягкой растительности, этот полый можно причислить к полоям с мягкой растительностью. Мягкая растительность является лучшим нерестовым субстратом для промысловых рыб: леща и воблы (Васнецов, 1948).

Перед затоплением ложе полоя покрывается многочисленными рытвинами до 1 м диаметром и глубиной 30—50 см. Эти ямы роют кабаны, отыскивающие корм. В связи с повышением уровня грунтовых вод кабаньи ямы наполняются водою раньше, чем происходит общее заливание полоя. 17 апреля 1950 г. (за 10 дней до заливания полоя) в кабаньих ямах глубина воды достигала 10—15 см. Всего на площади в 200 м² насчитали 27 ям. Свежевырытые ямы были еще без воды, с комьями грязи на дне и обрывками корней и корневищ растений; все «старые» ямы были с водою. В толще воды этих ям, а также и у дна были обнаружены веслоногие и ракушковые рачки, моллюски, передви-

гающиеся по поверхностной пленке воды, личинки двукрылых (Culicidae и Chironomidae), мелкие водяные жуки и клопы (Corixinae).

Ко дню образования полоя развивающиеся в таких ямах и размножающиеся с большой скоростью беспозвоночные животные достигают большой концентрации. С первого же момента заливания полоя водой гидробионты из ям переходят в толщу поступающей полый воды,

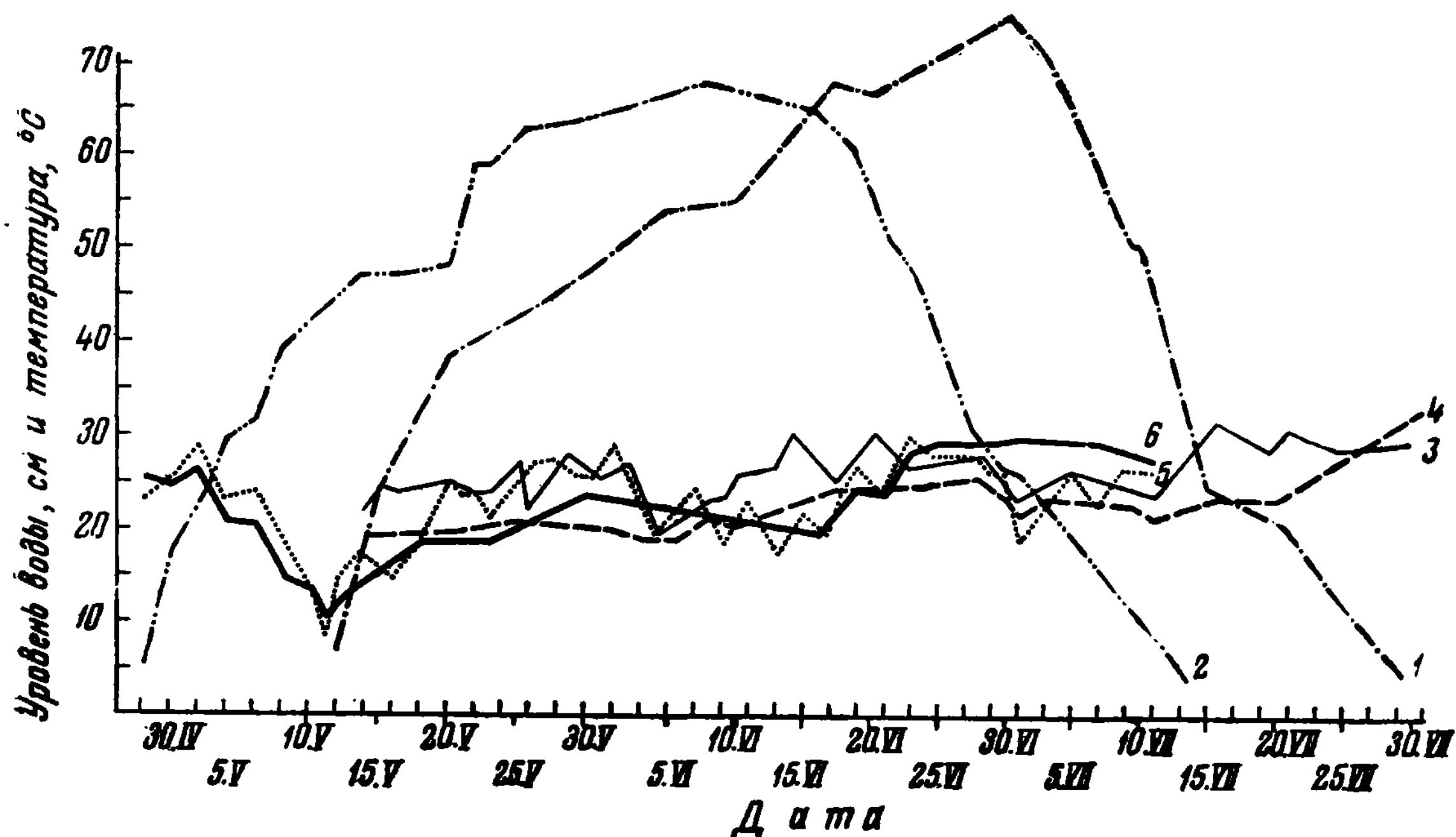


Рис. 1. Уровень воды (1 — 1949 г.; 2 — 1950 г.) и колебания температуры воды (4 — 1949 г.; 6 — 1950 г.) в зависимости от колебаний температуры воздуха (3 — 1949 г.; 5 — 1950 г.) на ильменном поле в 1949 и 1950 гг.

пополняя фауну. При заливании исследованного полоя речная вода, прежде чем попасть на полый, проходит через мелководный ильмень, смешиваясь с его теплой водой и нагреваясь. В результате не наблюдается угнетения теплолюбивой фауны, которое могло бы происходить при заливании полоя холодной речной водой.

В первый период жизни полоя — в период его образования, — вследствие непрерывного перемешивания воды нерестящимися на полое рыбами, бентосные животные часто оказываются в толще воды. Так, в пробах планктона, взятых 4 мая 1950 г., были обнаружены типичные для бентоса формы коловраток (Rotifer, Philodina), малощетинковые черви, корненожки (Diffugia), в большом количестве ракушковые рачки. В пробах, взятых 2 и 4 мая 1950 г. отстойным методом, обнаружено очень большое количество частиц ила, песчинок, а также мелких растительных остатков. Процесс полного отстаивания воды начинается только после окончания нереста и ухода рыб-производителей с полоев.

Следует отметить, что в 1950 г. полои образовались значительно раньше, чем в 1949 г. (рис. 1). Период проточности наступил также раньше, но максимальный уровень воды на полях в 1950 г. был ниже, чем в 1949 г., и период существования полоя в 1950 г. был короче (78 дней), чем в 1949 г. (82 дня). Условия температурного режима на полое в 1949 г. были более благоприятными, чем в 1950 г.

На прилагаемом графике (рис. 1) видно, что в 1949 г. температура воды на полое не опускалась ниже 20° . В 1950 г. в результате резкого похолодания, которое было в конце первой и начале второй декады

мая, температура воды на полое упала до $12,8^{\circ}$, что вызвало гибель икры отнерестившихся на этом полое рыб. Это способствовало развитию сапролегнии, максимальное количество которой наблюдалось 14—18 мая на отмершей икре и личинках рыб и на мертвых личинках комаров (Culicidae). В 1949 г. такой гибели икры не наблюдалось. Как было указано выше, сроки образования полоев в 1949 г. были более поздними, и после образования полоев похолодания не было.

Одним из важнейших факторов, определяющих жизнедеятельность водных организмов, является кислородный режим водоема. Он зависит от температуры воды, от степени зарастания водоема высшей растительностью, от степени развития водорослей, а также от интенсивности процессов распада органических остатков и других факторов. Максимальное насыщение воды кислородом в течение суток на ильменном полое наблюдалось в дневные часы, минимальное — ночью, в три часа. С течением времени суточная амплитуда колебаний насыщения воды кислородом увеличивалась (табл. 1).

Таблица 1

Суточные колебания количества растворенного в воде кислорода на ильменном полое в 1949 г. (в % насыщения)

Дата	Время суток (часы)	Содержание кислорода	Суточная амплитуда	Дата	Время суток (часы)	Содержание кислорода	Суточная амплитуда
7—8.VI	15	82,6	61,8	30.VI—1.VII	15	106,4	86,5
	21	58,4			21	30,6	
	3	20,8			3	19,9	
	9	45,5			9	26,8	
17—18.VI	15	90,4	67,7	9—10.VII	15	113,9	89,7
	21	50,0			21	24,3	
	3	22,7			3	24,2	
	9	42,6			9	50,3	

Кислородный режим на полое в 1949 г. складывался следующим образом. С 25.V по 7.VI максимальное насыщение воды кислородом в дневные часы снизилось с 101,7% до 82,5%. Это произошло, по-видимому, за счет процессов распада остатков высших растений, сохранившихся с осени. С 7.VI по 9.VII наблюдалось повышение количества растворенного в воде кислорода. Одна из основных причин этого явления — прогрессирующее развитие зеленых растений в водоеме. К 20.VII насыщение воды кислородом снизилось до 46,6%. Это снижение можно объяснить тем, что на обсыхающем полое началось разложение отмирающих водных растений и других организмов. К концу существования полоя в некоторых его местах появился запах сероводорода.

Дата	25.V	7.VI	17.VI	30.VI	9.VII	20.VIII
% насыщения . . .	101,7	82,6	90,4	106,4	113,9	46,6

Оставшиеся на полое мальки из-за недостатка растворенного в воде кислорода были вынуждены подходить к поверхности воды и заглатывать воздух. Некоторые водные животные образовывали зимние яйца и отмирали (некоторые Rotatoria, Cladocera и др.).

Исследованный нами прирусловый полый расположен на левом берегу протоки Быстрой, в 300 м от нее. С руслом протоки полый соединен посредством ерика Гранушного. Расположен прирусловый полый не-

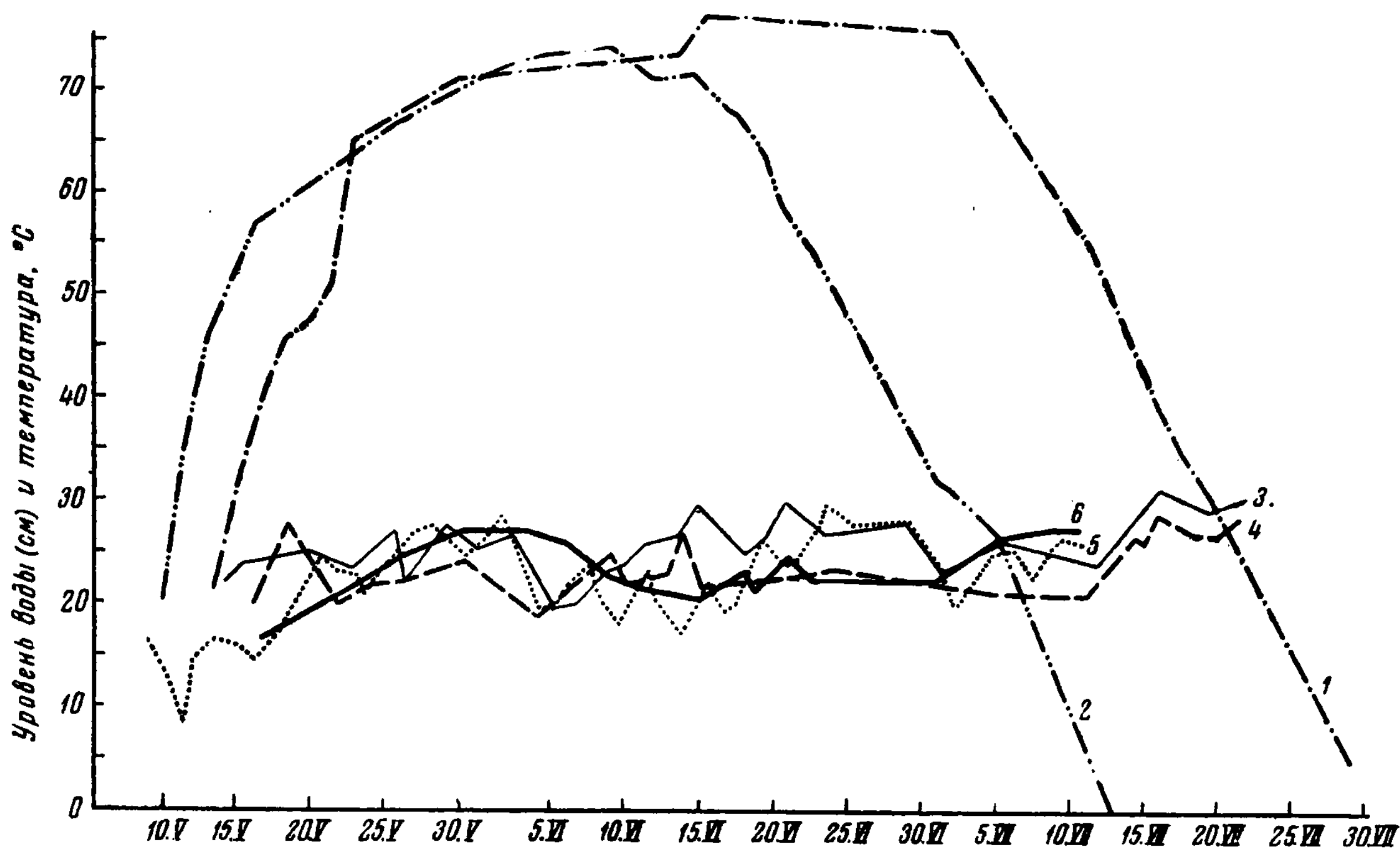


Рис. 2. Уровень воды (1—1949 г.; 2—1950 г.) и колебания температуры воды (4—1949 г.; 6—1950 г.) в зависимости от колебаний температуры воздуха (3—1949 г.; 5—1950 г.) на приусловом поле в 1949 и 1950 гг.

много выше, чем ильменный полый (абсолютная отметка¹ приуслового поля — 25,3), поэтому сроки образования его более поздние (рис. 2).

В противоположность ильменному полюю ложе приуслового поля гладкое, без кабаньих ям, и заливание его происходит равномерно. Из высших растений преобладают осока и тростник; изредка встречается рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), канареечник, жеруха, нимфейник, ирис. Из-за преобладания осоки и тростника этот полый можно отнести к полям с жесткой растительностью. Располагаются растения по полюю неравномерно; центральная часть поля, приходящаяся на бывшее русло ерика, почти лишена высших растений. Здесь имеется лишь несколько экземпляров канареечника, белой кувшинки, жерухи и нимфейника. Вокруг растут попеременно осока и тростник, среди которых единичными экземплярами разбросан рогоз широколистный. Из плавающих растений встречаются сальвиния и ряска (*Lemna minor* L.). Плавающие растения располагаются мозаично, не покрывая собой всей поверхности воды.

Речная вода поступает на полый по мелким ложбинкам — бывшим ерикам, которые отходят от ерика Гранушного. Сроки заливания поля в 1950 г. были более ранними, чем в 1949 г. Продолжительность существования поля была в 1949 г. большая, чем в 1950 г. (рис. 2).

Процесс оттаивания воды на приусловом поле начинается сразу же после заливания его, чего не наблюдается на ильменном поле, где оттаивание задерживается непрерывным взмучиванием воды нерестящимися сазанами и лещами. Заселение приуслового поля происходит так, как это было описано выше при характеристике образования полей.

¹ Данные взяты из аэрофотосъемки Главрыбвода 1938 г.

Температурный режим прируслового полоя в 1950 г. мало отличался от температурного режима этого полоя в 1949 г., так как похолодание которое было весной в 1950 г., прошло до начала образования полоя

Кислородный режим прируслового полоя в 1949 г. характеризовался тем, что в начале существования полоя наблюдалось довольно быстрое понижение насыщения воды кислородом. В конце существования полоя максимальное насыщение воды кислородом снизилось до 13%.

Дата	20.V	25.V	8.VI	11.VII	15.VII
% насыщения . . .	243,0	48,2	68,2	25,0	13,0

Снижение насыщения воды кислородом объясняется бурным развитием биохимических процессов, связанных с общим развитием жизни на полое, и в частности быстро протекающими процессами распада органического вещества под влиянием микроорганизмов. Некоторое повышение насыщения воды кислородом в июне объясняется развитием зеленых растений. В прирусловом полое, так же как и в ильменном, происходят суточные колебания содержания растворенного в воде кислорода. Как прирусловый, так и ильменный полый являются нерестилищами полупроходных промысловых рыб: леща, воблы и сазана. На этих же полоях скапливается сорная рыба и позднее ее молодь: красноперка укля, густера, колюшка и др. Молодь промысловых рыб в середине июня оставляет полон. Из сорных рыб уходит с полоев позже всех молодь красноперки.

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ КОРМОВЫХ ОРГАНИЗМОВ НА ПОЛОЯХ

Предварительный анализ содержимого кишечника мальков сазана (130 экз.), отловленных на этих же полоях, показал, что в пище молоди сазана встречаются главным образом коловратки, веслоногие и ветвистоусые рачки и хирономиды. Эти же группы животных отмечены в составе пищи молоди промысловых рыб дельты Волги и другими авторами, что позволяет вообще считать их основными кормовыми организмами молоди промысловых рыб.

Коловратки. На обоих исследованных полоях зарегистрировано 93 формы коловраток (77 видов. 4 вариации, 12 определено только до рода). Это составляет около 20% от общего количества видов, известных для СССР¹.

	Полой	
	ильмен- ный	приру- словый
Adineta sp.	+	—
Anuraea aculeata Ehrenb. (-Keratella quadrata (Müll.))	+	+
A. aculeata v. valga (-K. quadrata (Müll.))	+	—
A. cochlearis Gosse (-K. cochlearis (Gosse))	+	+
A. cochlearis v. irregularis f. ecauda	+	+
Anuraeopsis hypelasma (Gosse) (-Anuraeopsis fissa Gosse)	+	+
Asplanchna brightwellii Gosse (-A. brightwellii Gosse)	+	+
A. herrickii de Guerne (-A. herrickii de Guerne)	+	+
A. priodonta Gosse (-A. priodonta Gosse)	+	+
A. sieboldii Leydig (-A. sieboldii (Leydig))	+	+
Asplanchnopus multiceps de Guerne (-A. multiceps (Schrank))	+	+
Brachionus angularis Gosse (-B. angularis Gosse)	+	+
B. bakeri Müll (-B. capsuliflorus Pallas)	+	+
B. mülleri Ehrenb. (-B. plicatilis Müll)	+	+
B. pala Ehrenb. (-B. calyciflorus Pallas)	+	+
B. pala f. ampiceros Ehrenb.	+	+

¹ Для Советского Союза Неизвестнова-Жакина (1949) приводит около 500 видов коловраток, включая и морские формы.

Продолжение

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
<i>B. pala</i> v. <i>dorcas</i>	—	+
<i>B. urceolaris</i> Müll. (- <i>B. urceus</i> (L.))	+	+
<i>B. quadratus</i> Müll.	+	+
<i>Callidina angusticollis</i> Murr (- <i>Habrotrocha angusticollis</i> (Murr))	+	—
<i>Cathypna luna</i> (O. F. Müll.) (- <i>Lecane luna</i> (Müll.))	+	—
<i>C. unguolata</i> Gosse (- <i>L. unguolata</i> (Gosse))	+	+
<i>Colurella bicuspidata</i> (Ehrenb.) (- <i>C. bicuspidata</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>C. colura</i> Dieff. (- <i>C. colorus</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>C. compressa</i> Lucks (- <i>C. colorus</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>C. deflexa</i> Dieff. (- <i>C. deflexa</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>Colurella</i> sp.	+	+
<i>Conochilus volvox</i> Ehrenb. (- <i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank))	+	+
<i>Diaschiza eva</i> Gosse (- <i>Diaschiza eva</i> Gosse)	+	+
<i>D. gibba</i> (Ehrenb.) (- <i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>D. lacinularia</i> Müll.	+	—
<i>D. tenuior</i> Gosse	+	—
<i>Diaschiza</i> sp.	+	+
<i>Diglena grandis</i> Ehrenb.	+	—
<i>Diglena</i> sp.	+	+
<i>Dinocharis tetractis</i> (Ehrenb.) (- <i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>Distemma setigerum</i> Ehrenb.	+	—
<i>Diurella tigris</i> (Müll.) (- <i>Diurella tigris</i> (Müll.))	+	+
<i>Diurella</i> sp.	+	+
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenb. (- <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenb.))	+	+
<i>E. pyriformis</i> Gosse (- <i>E. pyriformis</i> Gosse)	+	+
<i>E. oropha</i> Gosse (- <i>E. oropha</i> Gosse)	+	—
<i>Eosphora</i> sp.	+	+
<i>Floscularia coronetta</i> (Cub.) (- <i>Collotheca coronetta</i> (Cub.))	—	+
<i>Fl. ringens</i> L. (<i>Floscularia ringens</i> L.)	+	+
<i>Furcularia forficula</i> Ehrenb. (- <i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenb.))	—	+
<i>Hydatina senta</i> Ehrenb. (- <i>Epiphanes senta</i> (Müll.))	+	—
<i>Hydatina</i> sp.	+	—
<i>Lacinularia socialis</i> (Pallas)	—	+
<i>Melicerta ringens</i> L. (- <i>Floscularia ringens</i> (L.))	+	+
<i>Metopidia oblonga</i> Ehrenb. (- <i>Lepadella oblonga</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>M. lepadella ovalis</i> (Ehrenb.)	+	+
<i>M. quinquecostata</i> Lucks (- <i>L. quinquecostata</i> (Lucks))	+	—
<i>Metopidia</i> sp.	+	+
<i>Mytilina brevispina</i> Ehrenb. (- <i>M. ventralis brevispina</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>M. macracantha</i> Sackse (- <i>M. ventralis</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>Monostyla bulla</i> Gosse (- <i>M. bulla</i> Gosse)	+	—
<i>M. hamata</i> Stokes (- <i>M. hamata</i> Stokes)	+	+
<i>M. lunaris</i> Ehrenb. (- <i>M. lunaris</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>M. quadridentata</i> Ehrenb. (- <i>M. quadridentata</i> Ehrenb.)	+	+
<i>Monommata longiseta</i> Bartsch (<i>M. orbis</i> (Müll.))	+	+
<i>Noteus militaris</i> (Ehrenb.) (- <i>Platylas militaris</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>N. quadricornis</i> Ehrenb. (- <i>Pl. quadricornis</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenb.) (- <i>N. striata</i> (Müll.))	+	+
<i>N. longispina</i> Kellic (<i>N. longispina</i> Kellic)	+	+
<i>N. striata</i> (Ehrenb.) (- <i>N. striata</i> (Müll.))	+	+
<i>Notommata</i> sp.	+	—
<i>Oecistes</i> sp.	+	+
<i>Philodina citrina</i> Ehrenb. (- <i>Ph. citrina</i> Ehrenb.)	+	+
<i>Ph. roseola</i> Ehrenb. (- <i>Ph. roseola</i> Ehrenb.)	+	+
<i>Polyarthra platyptera</i> Ehrenb. (- <i>Polyarthra trigla</i> Ehrenb.)	+	+
<i>Pterodina patina</i> Ehrenb. (<i>Testudinella patina</i> (Hermann))	+	+
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse (- <i>P. complanata</i> Gosse)	+	—
<i>Rattulus elongatus</i> Gosse	+	+
<i>Rattulus capucinus</i> Wierz. u. Zach. (- <i>Trichocerca capucina</i> (W. u. Z.))	+	+
<i>R. longiseta</i> Schr (- <i>Tr. longiseta</i> (Schr))	+	+
<i>R. rattus</i> Müll. (- <i>Trichocerca rattus</i> (Müll.))	+	+
<i>Rattulus</i> sp.	+	+

Продолжение

	Полой	
	ильмен- ный	приру- словый
<i>Rotifer citrinus</i> Ehrenb. (- <i>R. citrina</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>R. neptunius</i> Jennings (- <i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>R. macrurus</i> Ehrenb. (- <i>R. macrura</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>R. vulgaris</i> Schr (- <i>R. rotatoria</i> (Pallas))	+	+
<i>R. tardigradus</i> Ehrenb. (- <i>R. tardigrada</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>Rotifer</i> sp.	+	+
<i>Stephanops lamellaris</i> Ehrenb. (<i>Squatinella lamellaris</i> (Müll.))	+	—
<i>St. muticus</i> Ehrenb. (<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenb.))	+	—
<i>Scardium eudactylotum</i> (Gosse) (- <i>Eudactylota eudactylota</i> Gosse)	+	+
<i>Sc. longicaudum</i> Müll. (- <i>Sc. longicaudum</i> (Müll.))	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenb. (- <i>S. pectinata</i>)	+	+
<i>Tetramastix opoliensis</i> Zach. (- <i>T. opoliensis</i> Zach.)	+	—
<i>Triarthra longiseta</i> Ehrenb. (- <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>T. terminalis</i> Plate (- <i>Fil. longiseta</i> (Ehrenb.))	+	+
<i>Triphylus lacustris</i> (Ehrenb.) (- <i>Enteroplea lacustris</i> Ehrenb.)	—	+
Всего	88	67

Всего на обоих полоях встречено 93 формы коловраток; из них на прирусловом полое 67, что составляет 72% от общего количества; на ильменном полое 88 (92,5%); форм, общих для обоих полоев 62 (61,7%); встречены только на ильменном полое 26 форм (28%); встречены только на прирусловом полое 5 форм (5%).

По численности отдельных видов коловратки занимают одно из первых мест среди кормовых организмов на полоях. Например, в прирусловом полое количество *Asplanchna cochlearis* в период ее массового развития достигало 19 000 особей в 1 л (21.V 1949 г.); *Polyarthra platyptera* 1560 особей в 1 л (5.VI 1949 г.); *Asplanchna* — 399 особей в 1 л (16.V 1950 г.).

Обращает на себя внимание то, что при массовом развитии *Asplanchna* наблюдается резкое уменьшение численности других коловраток. Уменьшается также количество других мелких планктонных животных, а также водорослей и бактерий (табл. 2). Следует отметить, что молоди рыб в эти дни (13—16.V) на прирусловом полое еще не было, и уменьшение численности планктонных организмов шло, по-видимому, за счет выедания их коловраткой *Asplanchna*.

Таблица 2

Влияние массового развития *Asplanchna* на численность других планктонных организмов (прирусловый полый)

Организм	Число особей в 1 л	
	13.V 1950 г.	16.V 1950 г.
<i>Asplanchna</i>	12	399
Другие виды коловраток	1 173	446
Яйца коловраток	700	180
Nauplii	50	36
Protozoa	1 700	100
Водоросли	723 200	149 150
Бактерии (в 1 мл)	430 780	184 600

Это предположение подтверждается тем, что количество коловраток, которые по размерам не уступают *Asplanchna* (*Euchlanis dilatata* v. mac-

гига Ehrenb.), не уменьшилось, а наиболее резко сократилось количество мелкой *Anuraea cochlearis* (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Влияние массового развития *Asplanchna* на численность *Anuraea cochlearis* (приусловый полый)

Организм	Число особей в 1 л	
	13.V 1949	16.V 1949
<i>Asplanchna</i>	12	399
<i>Anuraea cochlearis</i>	600	160

Чтобы выяснить, какие формы коловраток и водорослей встречаются в питании *Asplanchna herricki* в 1952 г. во время ее массового развития, сделали 100 анализов содержимого пищевого тракта *A. herricki*. Результаты представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Число растительных и животных организмов, встреченных в кишечниках 100 особей *Asplanchna herricki* 30.V 1952 г. на ильменном поле

Организм	Число	Частота встречаемости, %	Средние размеры заглотченных организмов, м
<i>Anuraea aculeata</i>	9	8	125 × 100
<i>A. cochlearis</i>	23	20	75 × 50
<i>Brachionus urceolaris</i>	16	16	75 × 50
<i>Rotifer</i> sp.	4	4	125 × 75
Всего Rotatoria	52	18	
<i>Arcella</i> sp.	16	16	30 × 30
<i>Infusoria</i>	1	1	20 × 20
Всего Protozoa	17	17	
Цисты хризомонад	14	12	
<i>Peridinei</i>	722	85	
<i>Centrales</i>	14	7	
<i>Pennales</i>	57	35	
<i>Euglena acus</i>	8	8	
<i>Euglena</i> sp.	26	20	
<i>Phacus acuticauda</i>	9	9	
<i>Ph. longicauda</i>	2	2	
<i>Phacus</i> sp.	1	1	
<i>Trachelomonas</i> sp.	7	7	
<i>Pandorina morum</i>	5	5	
<i>Eudorina</i> sp.	2	2	
<i>Volvox</i> sp.	5	5	
<i>Pediastrum</i> sp.	1	1	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	4	4	
Нитчатые водоросли (количество клеток)	28	8	
<i>Ankistrodesmus</i>	3	2	
Всего водорослей	908	97	
Всего животных и растительных особей	977		

Из табл. 4 видно, что пищу *Asplanchna* составляют главным образом водоросли и мелкие формы коловраток, которые имеют существенное значение в питании молоди рыб на ранних этапах их развития. В пище молоди сазана с 23.V по 7.VII 1949 г. *Anuraea cochlearis* по частоте встречаемости составляет 26%. С 23.V по 3.VI 1949 г. частота встречаемости этой коловратки в кишечниках молоди сазана достигала 67%.

В некоторых кишечниках количество *A. cochlearis* доходило до 206 особей. С 3 по 15.VI, когда молодь сазана имела уже длину 15—16 мм, *Anuraea cochlearis* в кишечниках почти не встречалась, несмотря на то, что в водоеме эта коловратка еще была обнаружена. То же наблюдается и по отношению к другим типично планктонным коловраткам (*Anuraea aculeata* Ehrenb., *Asplanchna*), которые также встречались в кишечниках молоди сазана только на ранних стадиях его развития. Частота встречаемости *Asplanchna* в кишечниках молоди сазана составляет всего 3%.

У более взрослой молоди в кишечниках часто встречались типичные для обростаний коловратки родов *Monostyla* и *Cathypna*. По частоте встречаемости в кишечниках молоди сазана коловратки в целом составляют 80%.

Некоторые коловратки, зарегистрированные на полях в период пребывания на них молоди сазана, в его кишечниках встречались редко, в единичных экземплярах или совсем не встречались.

Организм	Встречаемость, %	Организм	Встречаемость, в %
<i>Monostyla bulla</i>	38	<i>Noteus quabricornis</i>	0,8
<i>Anuraea cochlearis</i>	26	<i>Polyarthra platyptera</i>	
<i>Cathypna lina</i>	12	<i>Pterodina patina</i>	
<i>Mytilina macracantha</i>	10	<i>Rattulus</i> sp.	
<i>Monostyla hamata</i>	10	<i>Rotifer vulgaris</i>	
<i>Cathypna unguolata</i>	9	<i>Brachionus pala</i> v. <i>borcas</i>	
<i>Anuraea aculeata</i>	7	<i>C. miilleri</i>	
<i>Monostyla lunaris</i>	7	<i>Colurella bicuspidata</i>	
<i>Brachionus bakeri</i>	6	<i>Colurella</i> sp.	
<i>B. urceolaris</i>	5	<i>Diglena</i> sp.	
<i>Euchlanis dilatata</i>	4	<i>Diurela</i> sp.	
<i>Asplanchna</i> sp.	3	<i>Eosphora</i> sp.	
<i>Rotatoria</i> sp. sp.	3	<i>Furcularia forficula</i>	
<i>Noteus militaris</i>	2	<i>Notommata</i> sp.	
<i>Monostyla quadrangula</i>	2	<i>Philodina</i> sp.	
<i>Brachionus pala</i>	1	<i>Rotifer neptunius</i>	В кишечниках не встречались
<i>Brachionus quadratus</i>	—	<i>Scardium eudactylotum</i>	
<i>Conochilus volvox</i>	0,8	<i>Sc. longicaudatum</i>	
<i>Floscularia ringens</i>	—	<i>Triarthra terminalis</i>	
<i>Metopidia oblonga</i>	—	<i>T. longiseta</i>	
<i>Metopidia</i> sp.	—		

Веслоногие рачки. На полях заповедника наиболее многочисленны представители подотряда *Cyclopoida* как по количеству видов, так и по численности особей отдельных видов. Из *Calanoida* зарегистрированы *Calanipeda aquaedulcis* Kritsch., *Eurytemora affinis* (Pope), *Hemidiaptomus* sp., *Diaptomus* sp. Из *Cyclopoida* встречено 16 видов, из них некоторые только на ильменном покое или только на прирусловом, что видно из следующего сопоставления видового состава циклопов на полях

На ильменном полове встречено 14 видов Cyclopoida, что составляет 87,5% от общего количества видов, на прирусловом полове 11 (68,5%); видов, общих для обоих полов, 9 (56,3%); встречено только на ильменном полове 5 видов (31,2%); встречено только на прируловом 2 вида (12,5%).

	Полой	
	иль- менный	при- русло- вый
<i>Acanthocyclops bicuspidatus</i> Claus	—	+
<i>A. vernaris</i> Fisch	+	+
<i>A. viridis</i> (Jur)	+	+
<i>A. languidus</i> ? (Sars)	+	—
<i>Cyclops strenuus</i> Fisch	+	+
<i>Eucyclops</i> (s. str) <i>macrurus</i> (Sars)	+	—
<i>E. serrulatus</i> Fisch	+	+
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jur)	+	—
<i>M. fuscus</i> (Jur)	+	—
<i>Mesocyclops</i> (Th) <i>dybowski</i> Lande	+	+
<i>M.</i> (s. str.) <i>leukarti</i> Claus	+	+
<i>M.</i> (Th.) <i>oithonoides</i> Sars	+	+
<i>Microcyclus bicolor</i> Sars	—	+
<i>M. gracilis</i> (Lill.)	+	+
<i>M. varicans</i> Sars	+	+
<i>Paracyclus affinis</i> (Sars)	+	—
Всего . . .	14	11

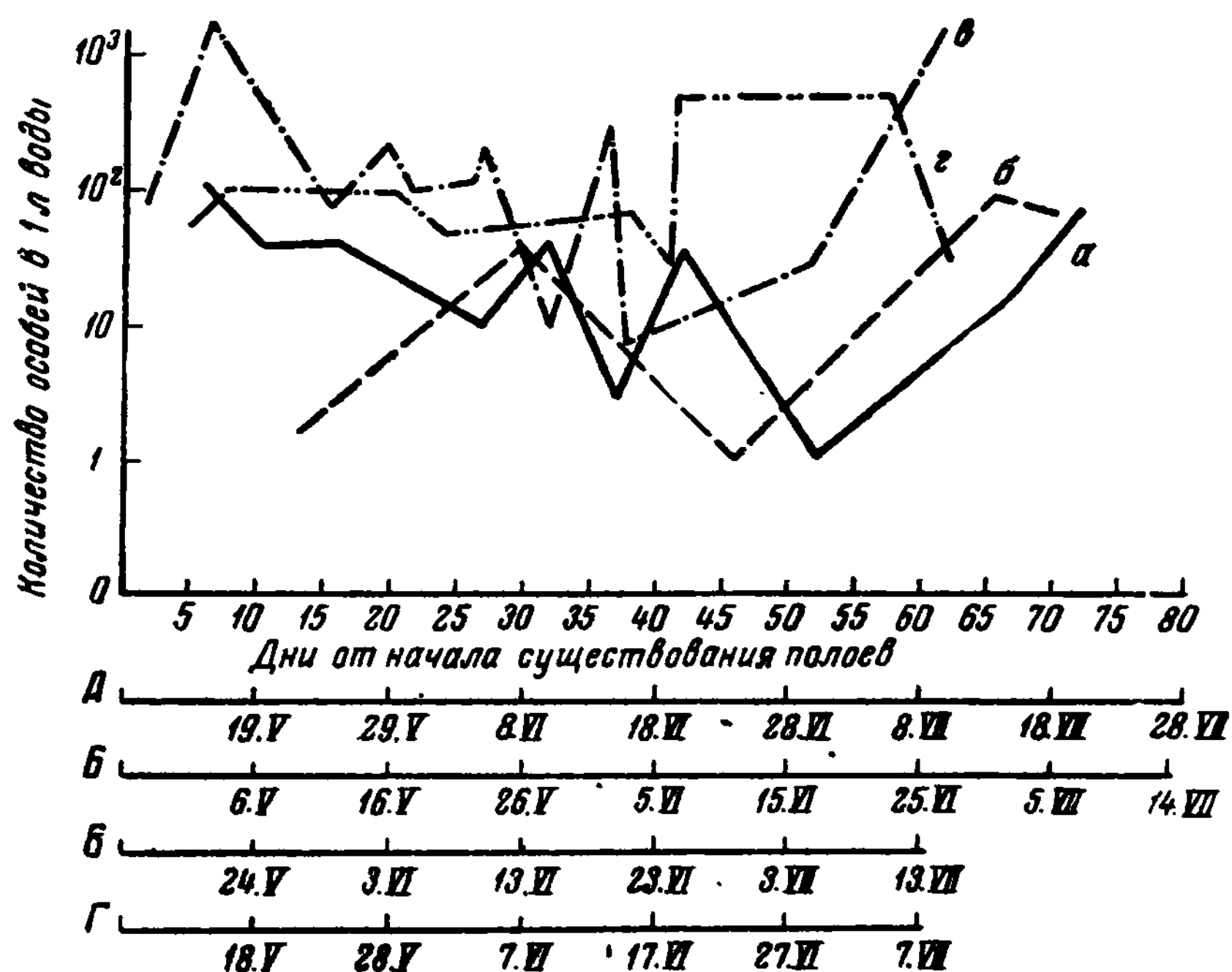


Рис. 3. Изменения численности веслоногих рачков на полах в 1949—1950 гг.

А, а — ильменный полой 1949 г.; Б, б — ильменный полой 1950 г.;
В, в — прирусловый полой 1949 г., Г, г — прирусловый полой 1950 г.

По количеству видов ильменный полой богаче прирусового. Если же сравнить данные по численности циклопов в периоды их массового развития на разных полах (рис. 3), то оказывается, что прирусловый

полой значительно богаче ильменного. Возможно, что на ильменном полое веслоногих рачков меньше потому, что на нем, как указывалось выше, развивается большее количество молоди рыб, чем на приусловом полое. В 1950 г. на ильменном полое было много взрослой уклей и красноперки, которые, поедая веслоногих, также могли уменьшать их численность.

Веслоногие рачки, так же как и коловратки, являются излюбленным кормом молоди рыб. Частота встречаемости веслоногих в кишечниках молоди сазана составляет 76%.

Ветвистоусые рачки. На полоях заповедника обитают широко распространенные виды ветвистоусых, главным образом типичные для мелких, заросших макрофитами водоемов.

	Полой	
	иль- менный	при- усло- вый
<i>Acroperus harpae</i> Baird	+	+
<i>Alona guttata</i> Sars	+	+
<i>A. tenuicaudis</i> Sars	+	+
<i>A. quadrangularis</i> (Müller)	+	+
<i>A. quadrangularis</i> v. <i>affinis</i>	+	+
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)	+	+
<i>Alonopsis elongata</i> Sars	+	—
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller)	+	+
<i>B. coregoni</i> Baird	+	+
<i>Ceriodaphnia megops</i> Sars	+	+
<i>C. reticulata</i> (Jurine)	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i> Müller	+	+
<i>Daphnia longispina</i> Müller	+	+
<i>Eurycercus lamellatus</i> (Müller)	+	—
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+	+
<i>Iliocryptus sordidus</i> (Lievin)	+	+
<i>Macrothrix</i> sp.	+	+
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine)	+	+
<i>Scapholeberis mucronata</i> (Müller)	+	+
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch)	+	+
<i>S. serrulatus</i> (Koch)	+	+
<i>S. vetulus</i> (O. F. M.)	+	+
Всего	22	20

Всего на обоих полоях обнаружено 22 вида *Cladocera*; на ильменном полое 22, что составляет 100% от общего количества видов, на приусловом полое 20 (90,9%); видов, общих для обоих полоев, 20 (90,9%); встречено только на ильменном полое 2 вида (9,1%); видов, которые встречались бы только на приусловом полое, не оказалось. Видовой состав ветвистоусых рачков на обоих полоях почти одинаков. На ильменном полое имеются только два вида, которые не были обнаружены на приусловом полое.

Численность особей ветвистоусых рачков на полоях значительно меньше, чем численность коловраток и веслоногих рачков. В то время как в периоды массового развития коловраток и веслоногих рачков насчитывалось по несколько сотен и тысяч в 1 л — ветвистоусых рачков в периоды их вспышек было всего 40—120 особей на 1 л (1949 г.) и 120—195 особей в 1 л (1950 г.). Возможно, что малое количество вет-

вистоусых рачков на полях оказывается следствием интенсивного их выедания, так как эти рачки составляют излюбленный и сравнительно доступный корм молоди рыб.

При анализе кишечников молоди сазана, отловленной на прирусловом полове, в пищевых комках были обнаружены *Chydorus sphaericus* и представители родов *Ascoregus*, *Alona*, *Alonella*, *Bosmina*. Эти же формы отмечены у З. Бронштейна (1935), как имеющие наибольшее пищевое значение для молоди рыб. Частота встречаемости ветвистоусых в кишечниках сазана составляет 42%.

Известно, что ветвистоусые рачки отличаются чрезвычайно быстрым развитием и могут давать большое число поколений в короткий срок.

В целях выяснения скорости развития некоторых типичных для полов представителей ветвистоусых рачков мы совместно с К. В. Горбуновым поставили опыты культивирования *Ceriodaphnia reticulata* (L.) и *Scapholeberis aurita* (Fischer) по методу Банта. В табл. 6 приводятся данные, полученные нами для этих двух видов в лаборатории заповедника, а также данные Е. А. Заринской (1939) по развитию типичной для полов формы *Simoscephalus* sp.

Таблица 5

Скорость развития и плодовитость некоторых *Cladocera* (в сутках)

Организм	Число дней от рождения до появления		Число пометов в течение жизни особи	Число дней между последующими пометами	Число особей в помете (число яиц)	Период смены генераций
	первых яиц	первых молодых				
<i>Simoscephalus</i> sp.	4—7	6—9	6	2	12	6—11
<i>Scapholeberis aurita</i> . . .	4	7	—	3—6	40	—
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> . .	8	10	4	2—3	30	19

Как видно из табл. 5, все три формы рачков по длительности индивидуального развития немногим отличаются друг от друга. Для всех рачков характерно чрезвычайно быстрое развитие, вследствие чего при благоприятных условиях ветвистоусые рачки могут за короткий срок достигать высокой численности.

Однако на полях заповедника, как уже отмечалось выше, численность ветвистоусых рачков значительно меньше, чем численность веслоногих рачков и коловраток.

Хирономиды. Личинок хирономид обычно причисляют к бентоносным или к перифитонным формам. Между тем на протяжении всего периода существования полов почти во всех пробах планктона были обнаружены личинки хирономид. В этих пробах встречались главным образом мелкие личинки, на ранних стадиях своего развития длиной 1—5 мм.

В пробах же бентоса встречались преимущественно более крупные личинки длиной до 15—20 мм.

Следует отметить, что бентос полов чрезвычайно беден. Подавляющее большинство личинок строит домики на отмерших стеблях макрофитов или минируют их.

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
<i>Ablabesmyia</i> из гр. <i>monilis</i> L.	+	+
<i>Ablabesmyia</i> sp.	—	+
<i>Chironomus</i> f. l. <i>plumosus</i> L.	+	+
<i>Corynoneura</i> sp.	+	—
<i>Cricotopus</i> из гр. <i>algarum</i> Kieff	+	—
<i>Cricotopus</i> из гр. <i>silvestris</i> F.	+	—
<i>Cryptochironomus</i> sp.	+	+
<i>Endochironomus</i> из гр. <i>dispar</i> Mg.	+	+
<i>Glyptotendipes polytomus</i> Kieff	+	—
<i>Glyptotendipes</i> из гр. <i>gripecoveni</i> Kieff	+	+
<i>Lymnophyes</i> из гр. <i>pusillus</i> Eatm	+	—
<i>Pelopia kraatzi</i> Kieff	+	+
<i>P. punctipennis</i> Mg.	+	—
<i>P. villipennis</i> Kieff	+	+
<i>Pentapedilum exsectum</i> Kieff	—	+
<i>Polypedilum</i> из гр. <i>convictum</i> Walk	+	—
<i>Procladius</i> sp.	+	—
<i>Psectrocladius</i> из гр. <i>psilopterus</i> Kieff	+	—
<i>Psectrocladius</i> sp. (Kieff)	+	—
<i>Tanytarsus</i> из гр. <i>lauterbornii</i> Kieff	+	—
<i>Tanytarsus</i> из гр. v. d. Wulp	+	—
Всего	19	9

Всего на обоих полоях обнаружен 21 вид личинок, на ильменном полове 19, что составляет 90,5% от общего числа видов; на прирусловом полове 9 (42,8%): видов, общих для обоих полостей, 7 (33,3%); встречено только на ильменном полове 12 видов (57,1%); встречено только на прирусловом полове 2 вида (9,5%). Как видно, ильменный полой отличается большим видовым разнообразием. Это можно объяснить разнообразием высших водных растений на ильменном полове и преобладанием среди них так называемых мягких растений. Прирусловый полой в отношении растительности более однообразен и в нем преобладают «жесткие» растения. По численности и биомассе хирономид ильменный полой также богаче прируслового.

По частоте встречаемости и по количеству особей в пробах планктона первое место занимают личинки *Cricotopus* из группы «*silvestris*». По частоте встречаемости, по количеству особей, а также по биомассе в пробах бентоса на первом месте стоят личинки *Chironomus* f. l. *plumosus* L.

Частота встречаемости личинок хирономид в кишечниках молодых сазана составляет 68%.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ БАЗЫ МОЛОДИ РЫБ НА ПОЛОЯХ

При характеристике сезонных изменений планктона и бентоса на полоях принимали во внимание следующие факторы: сроки образования полостей, изменение глубины полостей за время их существования, изменение температуры воды и в отдельных случаях изменение содержания растворенного в воде кислорода.

Кроме того, принималась во внимание возможность выедания отдельных групп кормовых организмов.

Период наблюдений на полоях был разбит на декады с момента образования полостей (табл. 6).

Таблица 6

Разделение периода существования полей на декады

Декада	Полой ильменный		Полой прирусловый	
	1949 г.	1950 г.	1949 г.	1950 г.
I	10.V—19.V	27.IV—6.V	15.V—24.V	9.V—18.V
II	20.V—29.V	7.V—16.V	25.V—3.VI	19.V—28.V
III	30.V—8.VI	17.V—26.V	4.VI—13.VI	29.V—7.VI
IV	9.VI—18.VI	27.V—5.VI	14.VI—23.VI	8.VI—17.VI
V	19.VI—28.VI	6.VI—25.VI	24.VI—3.VII	18.VI—27.VI
VI	29.VI—8.VII	16.VI—25.VI	4.VII—13.VII	28.VI—7.VII
VII	9.VII—18.VII	26.VI—5.VII	14.VII—21.VII	8.VII—12.VII
VIII	19.VII—28.VII	6.VII—14.VII		

Сезонные изменения в жизни коловраток. Коловратки были обнаружены во всех пробах планктона, но видовой состав коловраток в течение существования полей постоянно менялся. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в первой декаде существования полей. Часть видов (*Adineta* sp., *Brachionus quadratus*, *B. urceolaris*, *B. pala* f. *amphiceros*, *Notommata* sp., *Rattulus elongatus*) уже к концу декады выпадает.

Некоторые виды — *Anuraea aculeata*, *A. cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Asplanchnopus* sp., *Brachionus pala*, *Dinoharis tetractis*, *Scaridium longicaudum* — последний раз зарегистрированы на полях в июне, т. е. в первую половину существования полей. Выпадающие виды частично заменялись новыми; например, виды *Colurella bicuspidata*, *Furcularia forficula*, *Metopidia oblonga*, *M. quinquecostata*, *Mytilina brevispina*, *Noterus quadricornis*, *Pterodina patina* и другие начинают впервые встречаться во второй, третьей, четвертой и пятой декадах существования полей.

Есть коловратки, которые появляются только перед обсыханием полей. Сюда относятся *Rattulus carusinus*, *Colurella* sp., *Stephanops* sp., на прирусловом поле и *Mytilina macracantha*, *Tetramastix opoliensis* на ильменном поле. *Cathypna luna*, *Diurella* sp., *Rattulus* sp., *Rotifer vulgaris*, *Notommata* sp., *Rotifer* sp., *Triphylus lacustris* встречаются в планктоне в период мелководья, т. е. в начале образования полей и в период их обсыхания, когда уровень воды не превышает 25—30 см.

В течение всего сезона существования полей встречались следующие организмы: *Brachionus bakeri*, *Cathypna luna*, *Cathypna* sp., *Conochilus volvox*, *Euchlanis dilatata* и др.

Изменения численности отдельных видов коловраток выражены еще более резко, чем изменения видового состава. Некоторые коловратки в определенные периоды жизни при особо благоприятных условиях дают массовые вспышки численности.

У некоторых коловраток такие вспышки наблюдались два года подряд. У других коловраток только в 1949 г. или же только в 1950 г. (табл. 7 и 8).

Таблица 7

Вспышки развития коловраток на ильменном полове в 1949 и 1950 гг.

Коловратки	1949		1950		
	Дата	Число дней после образования полая	Дата	Число дней после образования полая	Продолжительность вспышки (в днях)
<i>Asplanchna priodonta</i>	25.V	15	—	—	—
<i>Anuraea cochlearis</i>	15.V	5	—	—	—
<i>Brachionus pala</i>			6.V	7	1
			12—14.V	15	3
<i>Euchlanis dilatata</i>	25.V	15	26—30.V	29	5
<i>E. dilatata</i> v. <i>macrura</i>	15.VI	36	—	—	—
<i>Polyarthra platyptera</i>	30.VI	51	—	—	—
<i>Rattulus rattus</i>	30.VI	51	—	—	—
<i>Rotifer</i> sp.	—	—	30.IV	3	1
<i>Triphylus lacustris</i>	—	—	4.V	7	1

Таблица 8

Вспышки развития коловраток на прирусовом полове в 1949 и 1950 гг.

Коловратки	Дата	Число дней после образования полая	Продолжительность вспышки (в днях)	Дата	Число дней после образования полая	Продолжительность вспышки (в днях)
<i>Asplanchna priodonta</i>	23—26.V	8	4	21—24.V	13	4
<i>A. sieboldii</i>				16—21.V	7	6
<i>Asplanchna</i> sp.	23.V	8	1	21.V	13	1
<i>Anuraea aculeata</i>	21.V	6	1			
<i>A. cochlearis</i>	21—30.V	6	10			
<i>Brachionus bakeri</i>	30.V—2.VI	15	4	24—28.V	16	5
<i>B. pala</i>	18—21.V	3	4			
<i>Conochilus volvox</i>	26.V—5.VI	11	11	1—5.VI	13	5
<i>Floscularia ringens</i>	21.VI	37	1	18.VI	40	1
<i>Noteus militaris</i>	11.VII	57	1	30.VI	52	1
<i>Polyarthra platyptera</i>	21.V	6	По одному дню	15.V	7	По одному дню
	30.V	15		24.V	15	
	5.VI	21		1.VI	23	

Как видно из табл. 7 и 8, на прирусовом полове наблюдалось большее количество вспышек, чем на ильменном полове. В 1950 г. на прирусовом полове дали вспышки восемь видов коловраток, на ильменном полове в этот год дали вспышки только четыре вида.

У коловраток, дававших вспышки два года подряд, сроки наступления вспышки в 1950 г. немногим отличались от таковых в 1949 г. Например, коловратки, которые в 1949 г. давали вспышки массового развития на восьмой день существования полая, в 1950 г. развивались в массовом количестве на 13-й день существования полая; коловратки, дававшие в 1949 г. вспышку на 37-й день существования полая,— в 1950 г. давали вспышку на 40-й день после образования полая и т. д.

Со второй половины периода существования полей наблюдалось массовое появление зимних яиц и исчезновение некоторых видов, что вело к уменьшению общего количества коловраток. Зимние яйца были обнаружены у коловраток из родов *Anuraea*, *Asplanchna*, *Brachionus*, *Colurella*, *Conochilus*, *Diglena*, *Mytilina*, *Monostyla*, *Noteus* и др. У некоторых форм зимние яйца обнаружены не были (*Rotifer*, *Philodina*, *Notommata* и др.). Колониальная коловратка *Conochilus volvox*, образуя зимние яйца, распадается на отдельные особи, после чего гибнет; у *Monostyla* sp. зимнее яйцо образуется внутри материнской особи, которая вскоре отмирает.

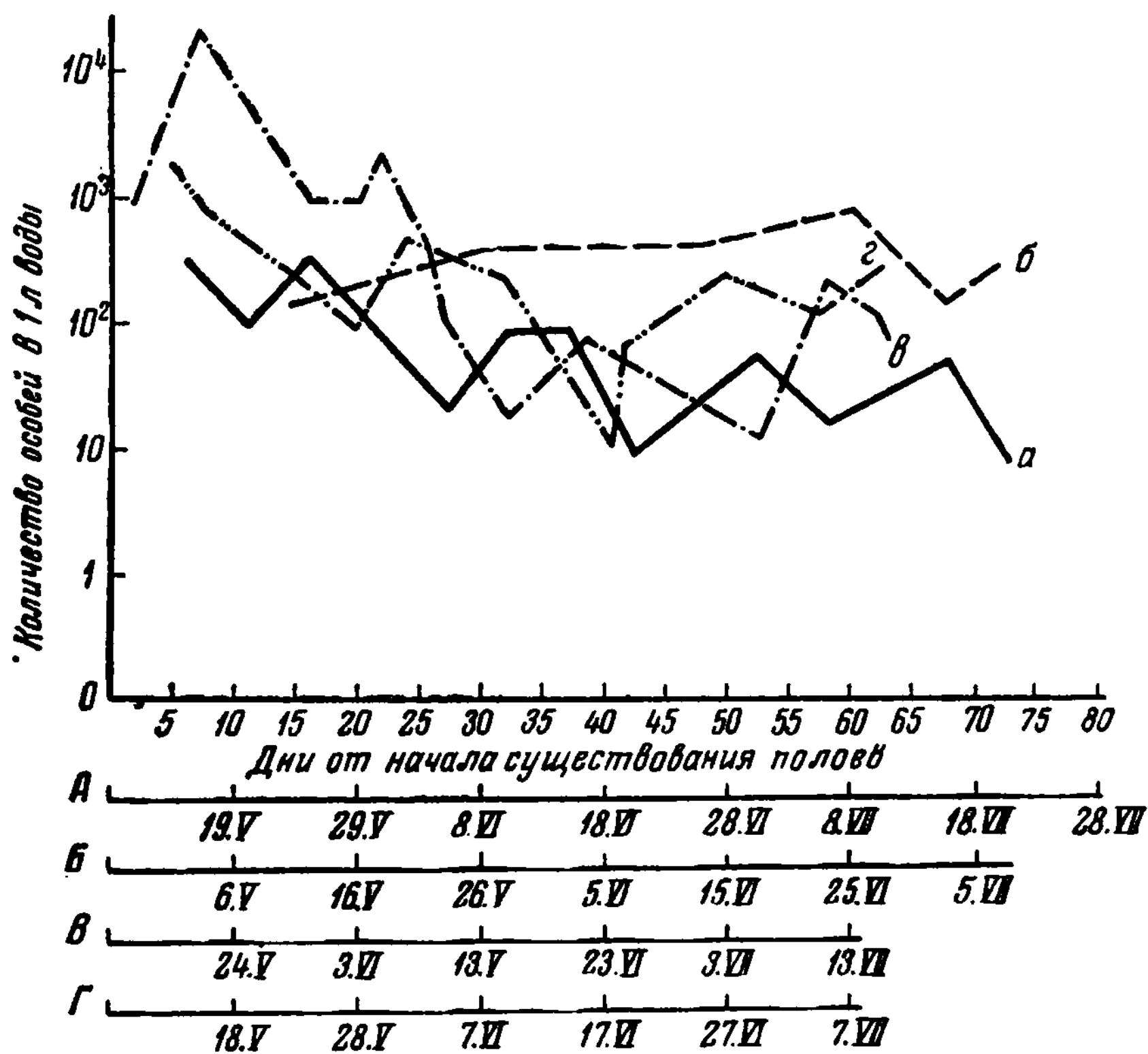


Рис. 4. Изменения численности коловраток на полях в 1949 и 1950 гг.

Обозначения те же, что и на рис. 3

Одной из возможных причин снижения численности коловраток на полях является, по-видимому, также выедание их молодью рыб. Как указывалось выше, коловратки по частоте встречаемости в кишечниках молоди сазана составляют 80%; кроме того, наиболее резкое уменьшение количества коловраток наблюдалось именно в период пребывания молоди рыб на полях (рис. 4). В 1950 г. на ильменном поле выедания коловраток не наблюдалось, так как из-за весеннего похолодания, о котором выше уже говорилось, погибло большое количество рыбьей икры и молоди рыб было сравнительно немного.

Сезонные изменения в жизни веслоногих рачков на полях. Веслоногие рачки, так же как и коловратки, были встречены во всех без исключения пробах планктона. Наблюдались также сезонные изменения их видового состава и численности особей. Наиболее постоянным видовой состав был в течение третьей и четвертой декады существования ильменного поля и в течение третьей и пятой декады существования

приуслового полоя. На протяжении всего периода существования полоев встречались следующие виды: *Eucyclops serrulatus*, *Mesocyclops* (Th.) *dybowskii* — на ильменном полое; *Acanthocyclops viridis*, *Eucyclops serrulatus*, *Mesocyclops* (Th.) *dybowskii*, *Mesocyclops* (s. str.) *leucarti*, *Microcyclops varicans* — на приусловом полое.

Встреченный на обоих полоях *Cyclops strenuus*, по В. М. Рылову (1948), — настоящий планктонный циклоп, характерный для мелких временных водоемов. Он моноцикличен и исчезает нередко уже в мае.

Mesocyclops (s. str.) *leucarti*, М. (Th.) *oithonoides* (ильменный полый) и *Microcyclops bicolor* (приусловый полый) впервые встречены во второй половине июня. *Cyclops fuscus* — в июле (в последней декаде существования полоя).

Количественный анализ проб планктона показал, что приусловый полый отличается от ильменного большим обилием веслоногих рачков и более частыми вспышками их массового развития (рис. 5).

Особенно много веслоногих рачков было на приусловом полое в мае 1949 г. (1440 особей в 1 л) и в июле 1950 г. (1620 особей в 1 л). Поверхность тела рачков в эти периоды была покрыта большим количеством прикрепленных простейших. С 30.V по 11.VII 1949 г. количество веслоногих на этом полое не превышало 360 особей в 1 л; 15.VI наблюдалось минимальное количество веслоногих — всего 10 особей в 1 л.

На ильменном полое в течение всего полыйного сезона в 1949 г. количество веслоногих не превышало 110 особей в 1 л, а в 1950 г. — 90 особей в 1 л. Вспышка массового развития веслоногих на ильменном полое была в 1949 г. в первую и последнюю декаду существования полоя.

Сезонные изменения в жизни ветвистоусых рачков. В отличие от коловраток и веслоногих рачков ветвистоусые рачки встречались не во всех пробах планктона. В пробах, взятых в первые дни образования полоев, когда коловраток и веслоногих рачков было уже много, в некоторых пробах были зарегистрированы лишь зимние яйца ветвистоусых, большей частью плавающие на поверхности воды. В 1950 г. на ильменном полое на протяжении первой декады существования полоя ветвистоусые не были встречены ни разу, что можно объяснить весенним похолоданием, которое произошло в начальный период существования ильменного полоя.

Первыми из ветвистоусых рачков в 1949 г. появились на ильменном полое *Acroporus harpae*, *Alona quadrangularis*, *Chydorus sphaericus*, *Scapholeberis* sp.; на приусловом — *Alona* sp., *Bosmina longirostris*, *Bosmina* sp., *Raphnia longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Scapholeberis* sp. и *Simoccephalus* sp.

Какой-либо закономерности в появлении и исчезновении отдельных видов установить не удалось. Некоторые виды, встреченные в 1949 г. в первой декаде существования полоев, в 1950 г. были зарегистрированы во второй и третьей декаде существования полоев и, наоборот, некоторые виды из зарегистрированных в 1949 г. впервые в четвертую, пятую и шестую декады существования полоев в 1950 г. были встречены во второй декаде. В последние декады существования полоев, и особенно в период их обсыхания, у ветвистоусых наблюдалось образование зимних яиц в эфиппиях и отмирание взрослых особей. В пробах, взятых в это время, были найдены в большом количестве остатки раковин ветвистоусых и плавающие отдельно эфиппии.

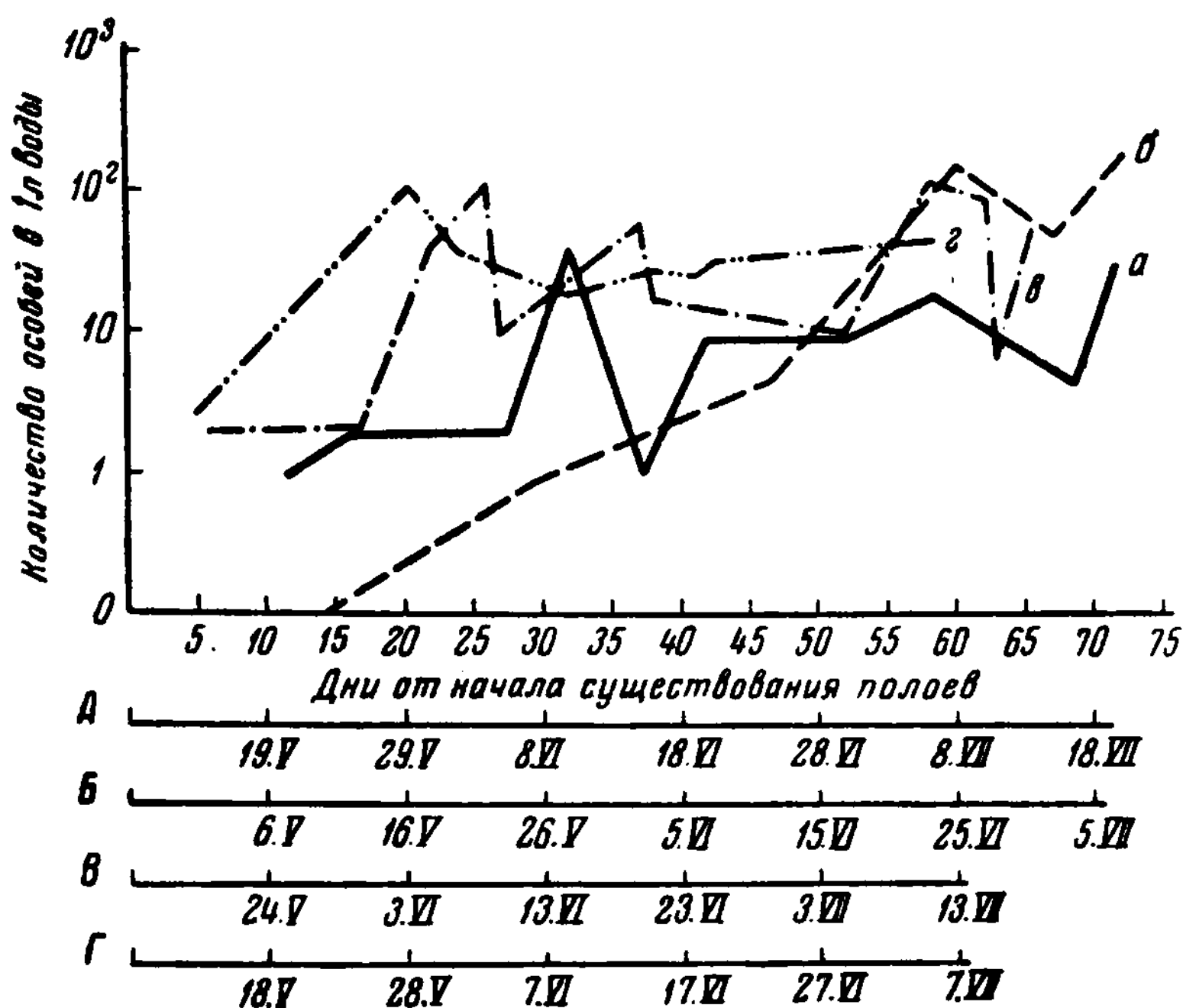


Рис. 5. Изменения численности ветвистых рачков на полях в 1949 и 1950 гг.

Обозначения те же, что и на рис. 3

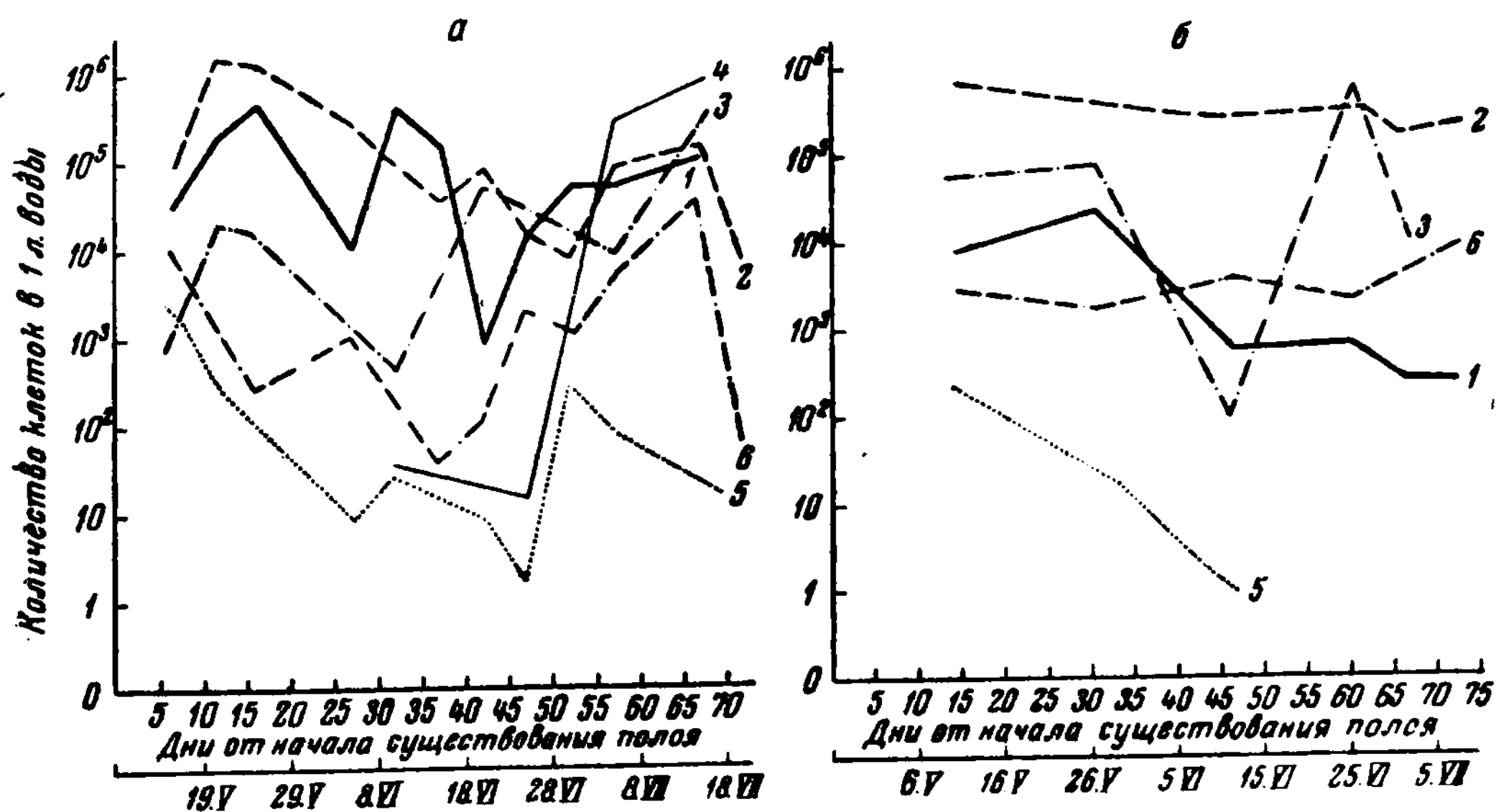


Рис. 6. Изменения численности водорослей на ильменном полове в 1949 г. (а) и в 1950 г. (б)

1 — *Melosira*; 2 — прочие диатомовые; 3 — *Chlorococcineae*; 4 — *Cyanophyta*; 5 — *Volvocineae*; 6 — нитчатые водоросли

Количественный анализ проб показал, что в 1949 г. ветвистоусых было меньше, чем в 1950 г. (рис. 5). В 1950 г. численность этих рачков достигала 175—195 особей в 1 л, в 1949 г. их численность не превышала 40 особей в 1 л в ильменном полове и 120 особей в 1 л — в прирусловом. Большая численность на прирусловом полове, как указывалось выше, вероятно, явилась следствием того, что здесь выкармливалось меньшее количество молоди промысловых рыб, чем на ильменном полове.

Сезонные изменения в жизни планктонных водорослей. В 1949 г. на ильменном полове массовое развитие диатомовых и вольвоксовых водорослей наблюдалось в период образования полоя (рис. 6, а). В дальнейшем количество вольвоксовых и диатомовых уменьшилось. Во второй половине июня (четвертая декада существования полоя) появились синезеленые, которые достигли своего максимума перед высыханием полоя; в это же время увеличилось количество протококковых. Наименьшее количество водорослей наблюдалось в конце третьей и в четвертой декаде существования полоя (10—25.VI 1949 г.). Сроки массового развития некоторых водорослей в 1950 г. были более ранними (рис. 6, б), чем в 1949 г. Например, вспышка массового развития протококковых в 1949 г. была 15.VII, а в 1950 г.— 25.VI.

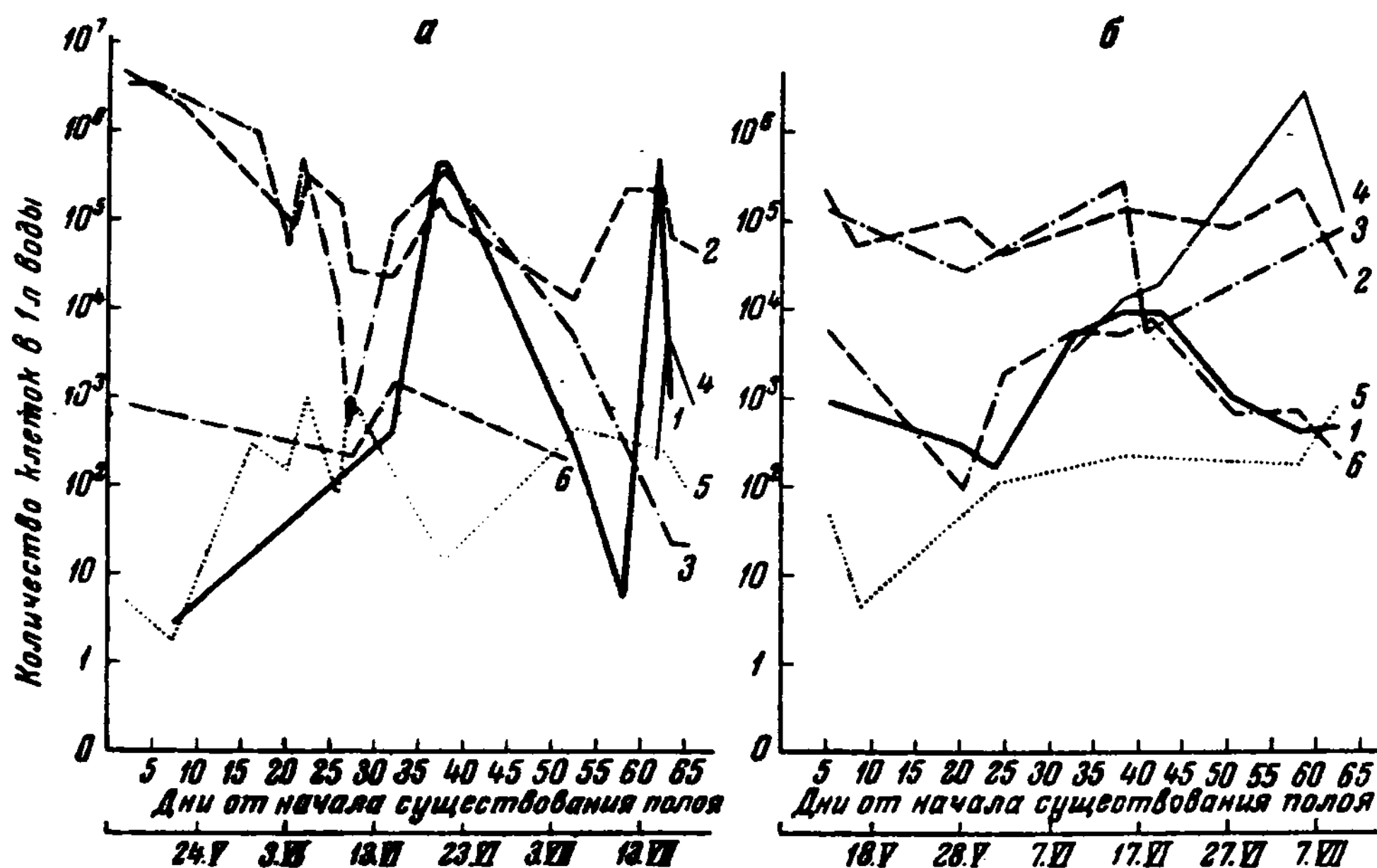


Рис. 7. Изменения численности водорослей на прирусловом полове в 1949 г. (а) и в 1950 г. (б)

Обозначения те же, что и на рис. 6

На прирусловом полове в 1949 г. наблюдалось два периода массового развития вольвоксовых: в первой половине июня и в первой половине июля (рис. 7, а). В начале образования прирусового полоя вольвоксовых было мало. Очень много было в это время диатомовых (4,4 млн. клеток в 1 л) и протококковых (4 млн. клеток в 1 л). К 15.VI количество их резко сократилось. 20.VI наблюдалось массовое развитие *Melosira*, количество которой еще увеличилось перед высыханием полоя. В 1950 г. в начале образования прирусового полоя *Melosira* было очень мало. Максимального развития эта водоросль достигла к середине июня (рис. 7, б). В этот же период наблюдалось массовое развитие вольвоксовых и первое появление синезеленых водорослей. Вольвоксовые и синезеленые достигли максимального развития в июле перед высыханием полоя.

После высыхания полов синезеленые и зеленые водоросли еще сохраняют свою окраску до тех пор, пока грунт достаточно влажен. После того как ложе полоя покроется сухой коркой, образующейся из поверхностного слоя грунта, происходит высыхание водорослей и пожелтение ряски. Качественный состав водорослей полов дается ниже.

Водоросли, встреченные в планктоне ильменного и прируслового полей

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
Flagellatae		
Dinoflagellatae		
Peridinium sp.	—	+
Всего		1
Euglenineae		
Euglena acus Ehrenb.	+	+
E. cantissima ?	+	+
E. oxyuris Schm	+	+
E. spirogyra	+	+
E. viridis Ehrenb.	+	+
Euglena sp.	+	+
Lepocinclis ovum Lemm.	+	+
Lepocinclis sp.	+	+
Phacus acuminatus var. acuticauda (Roll) Pochm.	+	+
Ph. longicauda (Ehrenb.) Duj.	+	+
Phacus sp.	+	+
Trachelomonas armata Stein	+	+
Trachelomonas sp.	+	+
Всего		13
Chrysophyta		
Dinobryon sp.	+	+
Pseudosyncrypta volvox Kissel	+	+
Synura sp.	+	+
Всего		3
Xanthophyta		
Botrydium sp.	+	+
Centritractus sp.	+	+
Всего		2
Chlorophyta		
Volvocineae		
Chlamydomonas sp.	+	+
Eudorina elegans Ehrenb.	+	+
Gonium pectorale Müll.	+	+
Micrasterias sp.	+	+
Pandorina morum Bory	+	+
Volvox aureus Ehrenb.	+	+
Всего		6
Conjugatae		
Closterium acerosum (Schr.) Ehrenb.	+	—
Cl. cynthia De Not	+	—
Cl. jenneri Ralfs	+	+
Cl. moniliferum Ehrenb.	+	+
Cl. rostratum Ehrenb.	+	+
Cl. turgidum Menegh.	+	+
Closterium sp.	+	+
Cosmarium botrytis Menegh.	+	+
C. decorum	+	+
Cosmarium sp.	+	—
Desmidium sp.	+	—

Продолжение

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
Euastrum sp.	+	—
Staurostrum sp.	+	+
Spirogyra sp.	+	+
Zygnema sp.	+	+
<hr/>		
Bcero	14	11
Chlorococcineae		
Actinastrum Hantzschii Schröd.	+	+
Ankistrodesmus falcatus Ralfs	+	+
Coelastrum sp.	+	+
Hydrodictyon sp.	—	+
Kirchneriella lunaris (Kirch.) Möb	+	+
Pediastrum duplex Meyen	+	+
P. boryanum Menegh	+	+
P. tetras (Ehrenb.) Ralfs	+	+
Pediastrum sp.	+	+
Richteriella sp.	+	+
Scenedesmus bijugatus (Turp.) Kütz.	+	+
Sc. obliquus Kütz.	+	+
Sc. quadricauda (Turp.) Breb	+	+
Scenedesmus sp.	+	+
Selenastrum gracile Reisch	+	+
<hr/>		
Bcero	15	16
Tetrasporineae		
Gloeochaete sp.	+	+
Gloeococcus schroeteri Chodat	+	+
Gloeotrichia natans	+	+
<hr/>		
Bcero	3	3
Ulothrichineae		
Cladophora sp.	+	+
Draparnaldia sp.	+	—
Stigeoclonium tenue Kütz	+	+
Ulothrix sp.	+	+
<hr/>		
Bcero	4	3
Syphonales		
Voucheria sp.	+	+
<hr/>		
Bcero	1	1
Cyanophyta		
Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb	+	+
Arthrospira sp.	+	+
Gloeotrichia sp.	+	+
Microcystis flos-aquae (Wittr) Kirchn	+	+
Nostoc sp.	+	+
Oscillatoria sp.	+	+
<hr/>		
Bcero	6	6
Bacillariophyta		
Asterionella gracillima (Hantzsch.)	+	+
Asterionella sp.	+	+
Amphora ovalis Kutz	+	+

Продолжение

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+
<i>Cymbella</i> sp.	+	+
<i>Eunotia</i> sp.	+	+
<i>Epithemia</i> sp.	+	+
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.	+	+
<i>Fragilaria</i> sp.	+	+
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.	+	+
<i>Gomphonema</i> sp.	+	+
<i>Melosira varians</i> Ehrenb.	+	+
<i>Melosira</i> sp.	+	+
<i>Navicula affinis</i>	+	+
<i>N. phoenicentron</i>	+	+
<i>Navicula</i> sp.	+	+
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	+	+
<i>N. sigmoidea</i> (Ehrenb.) W. Sm.	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.	+	+
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch.)	+	+
<i>Pinnularia</i> sp.	+	+
<i>Pleurosigma</i> sp.	+	+
<i>Rhopalodia gibba</i> Ehrenb.o.Müll	+	+
<i>Rhopalodia</i> sp.	+	+
<i>Synedra acus</i> Kütz.	+	+
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehrenb.	+	+
<i>Synedra</i> sp.	+	+
<i>Tabellaria</i> sp.	+	+
Всего	28	28

Бентос¹. В первые дни образования полей были обнаружены только моллюски и ракушковые рачки. Из моллюсков встречались: *Armiger crista*, *Bithynia leachi*, *Limnaea auricularia*, *L. palustris*, *L. stagnalis*, *Planorbis corneus*, *P. planorbis*, *Placinalis. norbis* sp., *Physa fontinalis*, *Valvata pis.* Из ракушковых рачков — *Dolerocypris fasciata*, *Hungarocypris madaraszii*, *Heterocypris incongruens*, *Cypris pubera*, *Cypris* sp.

Личинок хирономид до 28.V в 1949 г. и 2.V в 1950 г. на ильменном поле не было обнаружено, между тем как лёт взрослых форм и откладка ими яиц наблюдались с первых дней образования полей. В пробах бентоса из ильменного поля личинки хирономид начали встречаться также в конце мая и в начале июня в 1949 г. и в первой половине мая в 1950 г. На прирусловом поле в первые дни его образования найдены плавающие на поверхности воды шкурки куколок и кладки хирономид. Как было указано выше, личинки хирономид встречались в это время в пробах планктона. В пробах бентоса из прируслового поля личинки хирономид начинали встречаться в конце мая и в первой половине июня. Вылет имаго хирономид наблюдался в течение всего периода существования полей. Массовый лёт крупных форм в 1949 и 1950 гг. зарегистрирован на ильменном и прирусловом поле по два раза в лето.

Данные о сезонных изменениях численности личинок хирономид в бентосе представлены на рис. 8. На ильменном поле наибольшее количество личинок хирономид в бентосе было с 30.VI по 20.VII 1949 г., наименьшее — в период образования поля и в дни его обсыхания. На прирусловом поле наибольшее количество личинок хирономид в бентосе было в начале июля 1949 г.

¹ К бентосу были отнесены организмы, обитающие непосредственно на дне водоема.

Моллюски до заливания были распределены по полю неравномерно. В более низких местах — в ложбинках и ямках — наблюдалось их скопление. На возвышенных местах моллюсков почти не было. Такое распределение объясняется тем, что перед высыханием полей моллюски скопляются в наиболее влажных местах — углублениях на поверхности высыхающего поля. Весной, при образовании поля, моллюски располагаются, распределяясь более или менее равномерно по всему водоему.

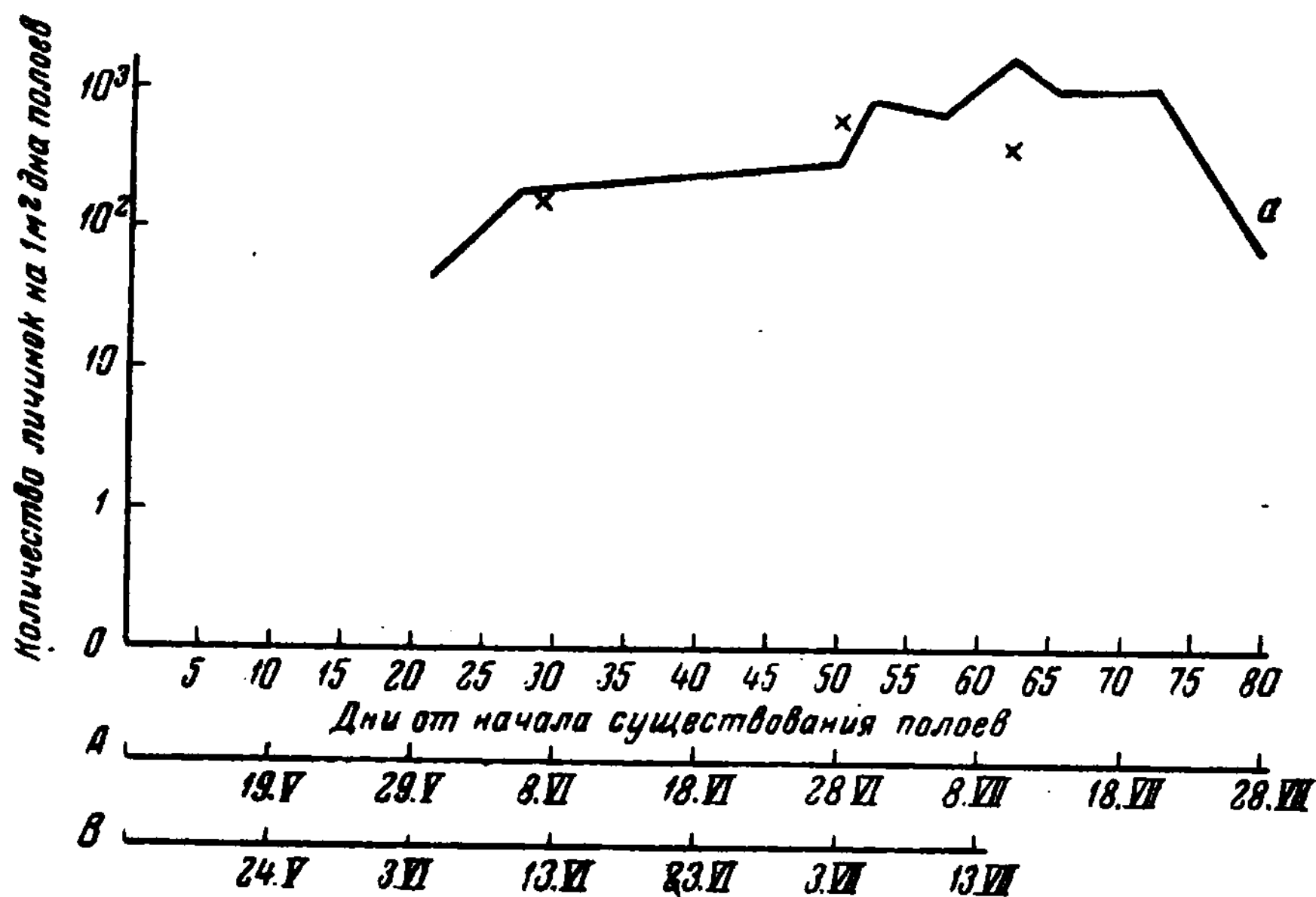


Рис. 8. Изменения численности личинок хирономид на полях в 1949 г.

А, а — ильменный полевой; В, х — прирусловый полевой

С 26.V 1950 г. на ильменном поле наблюдалась массовая откладка яиц моллюсками, которая продолжалась до 20.VI. Во второй половине периода существования полей наблюдалось массовое появление молодых моллюсков, находившихся главным образом в обрастаниях на высших водных растениях. В бентосе моллюски встречались очень редко. Также редко в пробах бентоса встречались олигохеты, нематоды и пиявки. В целом бентос полей очень беден. В некоторых пробах донных животных не было обнаружено.

Необходимо отметить, что при взятии проб бентоса в период отшнуровывания и обсыхания полей в 1949 и 1950 гг. был отмечен запах сероводорода в грунте. Сероводородный запах стойко держался до последних дней существования полей. Особенно сильный запах имел черный илистый грунт (глубина воды над ним в это время была 5—10 см). В пробах бентоса в это время встречалось небольшое количество олигохет и личинок *Chironomus f. l. plumosus*. Моллюски большей частью держались под поверхностной пленкой воды. На поверхности грунта моллюски скапливались лишь после окончательного высыхания воды на полях. При глубине воды 5—10 см на поверхности грунта было много мелких *Oecetis furva* и *Triaenodes bicolor*.

После обсыхания полей личинки хирономид, олигохеты, пиявки, нематоды и личинки жуков зарываются в ил, где и остаются до следующего полойного сезона. Моллюски, ракушковые рачки и личинки ручейников не зарываются в ил, а скопляются на поверхности грунта в наиболее влажных местах поля.

Из ручейников на полоях были встречены *Agraylea pallidula*, *Oecetis furva*, *Oxyethira fagesii*, *Triapnodes bicolor*. Первые кладки яиц ручейников на ильменном полове были найдены 5.VI 1949 г. и 30.V 1950 г. На прирусловом полове ни кладок, ни личинок ручейников в майских и июньских пробах обнаружено не было. В июле 1950 г. на этом полове была обнаружена только одна личинка.

Ниже приводится список животных, встреченных в планктоне, бентосе и в сборах сачком и не отмеченных выше.

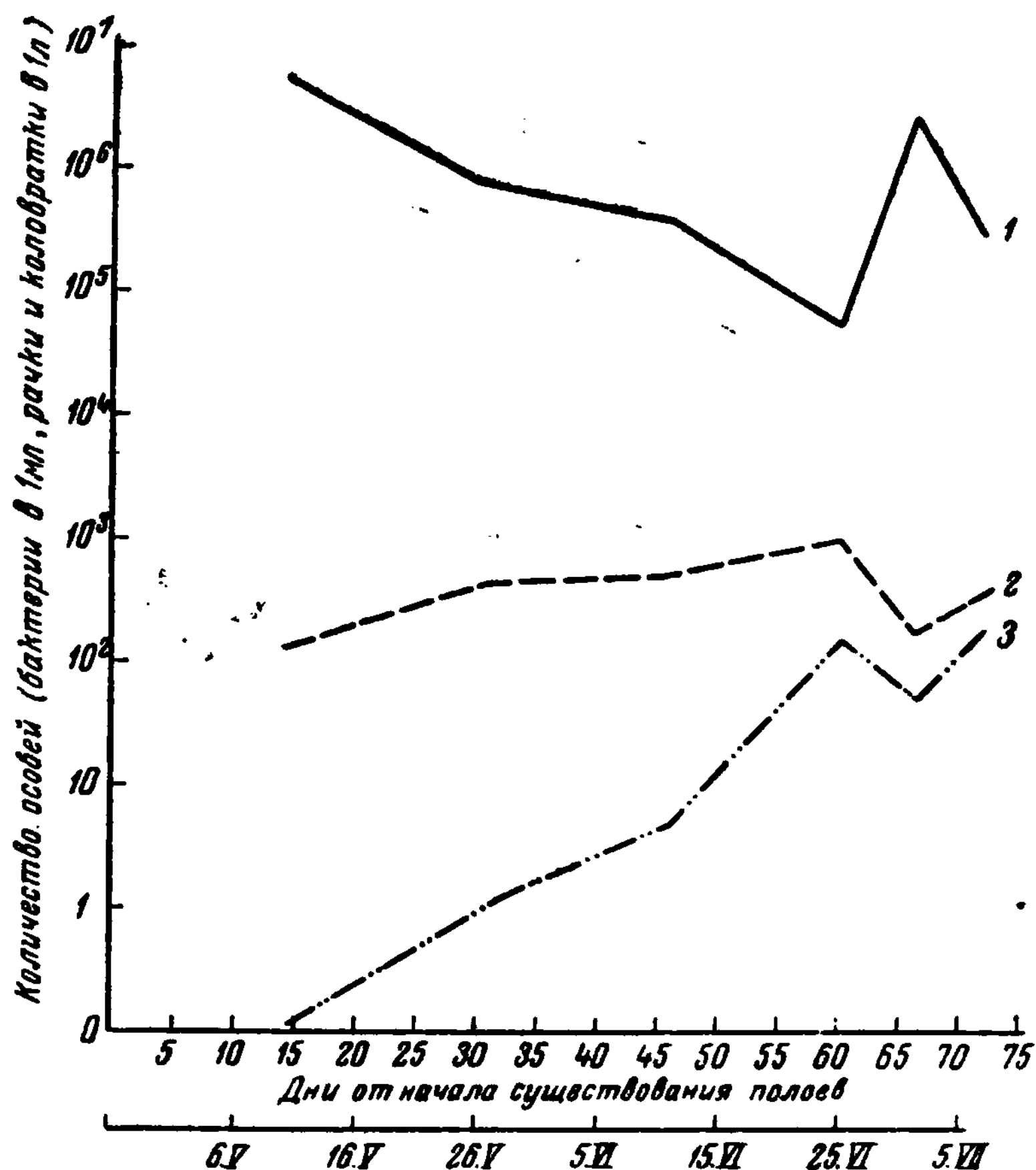


Рис. 9. Сопоставление численности коловраток, ветвистоусых рачков и бактерий в течение сезона 1950 г. на ильменном полове

1 — бактерии; 2 — коловратки; 3 — ветвистоусые рачки

Бактерии. Как уже указывалось выше, при изучении полов производился количественный учет бактерий в воде. На рис. 9 приводятся данные об изменении их количества за время существования ильменного полова в 1950 г. Количество бактерий снижается с увеличением численности коловраток и рачков.

С 10 по 25.V 1950 г. наблюдалось увеличение количества коловраток и ветвистоусых рачков. Количество же бактерий в этот период резко упало. 25.VI наблюдалось наибольшее количество коловраток (925 особей в 1 л) и ветвистоусых рачков (175 особей в 1 л), в то время как количество бактерий достигло минимума. В дальнейшем с уменьшением количества коловраток и ветвистоусых рачков количество бактерий увеличилось. 7.VII количество ветвистоусых снова увеличилось до 195 особей в 1 л, а количество бактерий снова уменьшилось.

Выше указывалось на аналогичную зависимость между количеством молоди нерестящихся на полоях рыб и количеством ее кормовых организмов — коловраток, ветвистоусых и веслоногих рачков.

	Полой	
	ильмен- ный	прирус- ловый
Protozoa		
Amoeba limax	+	+
Amoeba sp.	+	+
Actinosphaericum eichhorni (Ehr.)	+	+
Anthophysa vegetans St.	+	+
Arcella vulgaris Ehr.	+	+
Arcella sp.	+	+
Ascenasia elegans Bloch	+	+
Bobo sp.	+	+
Carchesium sp.	+	+
Centropyxis aculeata (Ehr.)	+	+
Coleps hirtus O. F. M.	+	+
Colpidium colpoda	+	+
Colpoda cucullus O. F. M.	+	+
Cothurnia sp.	+	—
Diffugia piriformis Perty	+	+
Diffugia sp.	+	+
Didinium sp.	+	+
Epistylis plicatilis Ehr.	+	+
Epistylis sp.	+	+
Lacrimaria olor O. F. M.	+	+
Paramaecium caudatum Ehr.	+	+
Paramaecium sp.	+	+
Spirostomum ambiguum Ehr.	+	+
Stentor coeruleus Ehr.	+	+
St. polymorphus Ehr.	+	+
Stenor sp.	+	+
Stylonichia mytilis Ehr.	+	+
Vorticella campanula Ehr.	+	+
V. nebulifera O. F. M.	+	+
Vorticella sp.	+	+
Bcero . . .		30 29
Coelenterata		
Hydra vulgaris (Pallas)	+	+
Hydra sp.	+	+
Pelmatohydra oligactis (Pallas) Schulze	+	—
Bcero . . .		3 2
Vermes		
Dalliyellia armigera (O. Schm.)	+	+
Euplanaria sp.	+	+
Прочие Turbellaria	+	+
Nematoda	+	+
Aelosoma sp.	+	+
Chaetogaster sp.	+	+
Nais sp.	+	+
Stylaria sp.	+	+
Прочие oligochaeta	+	+
Piscicola sp.	+	+
Прочие Hirudinea	+	+
Chaetonotus sp.	+	+
Прочие Gastrotricha	+	+
Bcero . . .		13 13
Vermoidea		
Plumatella repens L.	+	+
Plumatella sp.	+	+
Bcero . . .		2 2

Продолжение

Полой

ильмен-
ный прирус-
ловый

Arthropoda

Asellus aquaticus		
Arrenurus sp.	+	+
Eylais hamata Koen	+	+
Eylais sp.	+	+
Hydrachna sp.	+	+
Hydryphantes ruber	+	+
Piona sp.	+	+
Macrobiotus sp.	+	+
Collembola	+	+
Anax partenope Sel.	+	+
Ischnura elegans v. d. L.	+	+
Libellula quadrimaculata L.	+	+
Sympycna paedisca Br.	+	+
Baetis sp.	+	+
Cloeon dipterum (L.) Bgts	+	+
Ordella sp.	+	+
Sigara sp.	+	+
Hydrometra Stagnorum L.	+	+
Hydrometra sp.	+	+
Naucoris sp.	+	+
Nepa cinerea	+	+
Notonecta sp.	+	+
Plea sp.	+	+
Ranatra linearis L.	+	+
Cataclysta lemnata L.	+	+
Nymphula nymphæta L.	+	+
Berosus sp.	+	+
Cybister tarerimarginalis?	+	+
Halyplus sp.	+	+
Hydrophilus sp.	+	+
Hydrous piceus L.	+	+
Spercheus emarginatus Schall	+	+
Прочие жуки	+	+
Aedes (Aedimorph) vexans Meig	+	+
Anopheles (Anoph.) hyrcanus Pall	+	+
Anopheles maculipennis Meig.	—	—
Culex (Culex) pipiens pipiens L.	+	+
Chaoborus flavicans Meig.	—	+
Bezzia sp.	+	+
Dicranota sp.	+	—
Stratiomyia sp.	+	+
Tabanus sp.	+	—
Chrysops sp.	+	+

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее видовое разнообразие всех групп кормовых организмов, встреченных на полях, наблюдалось в начальный период существования полей — в период их образования. Уже к концу первой декады существования полей исчезает ряд форм гидробионтов.

2. Из факторов, обуславливающих динамику кормовых организмов на полях, необходимо в первую очередь отметить сроки образования и продолжительность существования полей. В зависимости от них находятся все остальные непосредственно действующие на организм как абиотические, так и биотические факторы: температура, кислородный режим, глубина, распад органических остатков, появление молодн

рыб — потребителей кормовых организмов и т. д. Перекрестное и совокупное действие этих факторов обуславливает определенные изменения в состоянии кормовой базы полоев.

Абиотические факторы: в 1950 г. в связи с более ранними сроками образования полоев и в связи с имевшим место в это время похолоданием на ильменном полое наблюдалось меньшее, чем в 1949 г., количество веслоногих рачков, а ветвистоусые в течение первой декады существования полоя вообще отсутствовали. Кроме того, у некоторых коловраток (*Asplanchna*, *Conochilus*, *Floscularia*) массовое развитие в 1950 г. наблюдалось позднее, чем в 1949 г. (в 1949 г. на 8—11—37-й день существования полоя, а в 1950 г. на 13—23—40-й день). У коловратки *Noteus*, дающей вспышку массового развития в последние декады существования полоя, в 1950 г. из-за меньшей продолжительности существования полоев массовое развитие наблюдалось на пять дней раньше, чем в 1949 г.

Биотические факторы: количество бактерий в воде полоя находится в обратной зависимости от количества потребляющих бактерий организмов. Кривая изменения количества бактерий в воде полоя является зеркальным отображением кривой изменения численности организмов, потребляющих бактерий, главным образом коловраток и ветвистоусых рачков. Последних, в свою очередь, выедает выкармливающаяся на полоях молодь рыб. Прирусловый полей, на котором численность молоди рыб меньше, отличается более высокой численностью кормовых организмов.

3. Наиболее низкая численность кормовых организмов наблюдалась в третьей и четвертой декаде существования полоев.

4. На ильменном полое, где преобладает мягкая растительность (канареечник), обеспеченность молоди рыб кормом лучше, чем на прирусловом полое, заросшем жесткой растительностью (осокой и тростником). На ильменном полое наблюдается большее видовое разнообразие всех групп кормовых организмов.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность Н. С. Гаевской за методические указания по определению простейших; К. В. Горбунову за ознакомление с методикой подсчета бактерий и фитопланктона; В. И. Жадину за помощь при определении некоторых форм моллюсков; С. Г. Лепневой за определение ручейников; А. С. Мончадскому за помощь при определении некоторых форм двукрылых; А. Н. Поповой за определение стрекоз; О. А. Черновой за определение поденок; К. Р. Фортунатовой за ценные советы в процессе работы. Искренно признательна также А. П. Щербакову за внимательный просмотр и подготовку к печати настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Амелина Л. Г. 1941. Питание молоди карповых в пойменных водоемах дельты Волги. Тр. Всес. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., т. XVI.
- Барышева К. П. 1988. Смена населения и динамика биомассы Раздоринских полоев дельты Волги. Тр. Моск. техн. ин-та рыбн. хоз. и пром. им. Микояна, вып. 1.
- Бронштейн З. 1935. Водные животные. Пищепромиздат.
- Васнецов В. В. 1948. Возможные кормовые объекты леща, воблы и сазана и соотношение этих видов на почве питания на разных этапах развития. В сб. «Морфолог. особенности, определяющие питание леща, воблы и сазана на всех стадиях развития». Изд-во АН СССР.
- Горбунов К. В. 1953. Распад остатков высших водных растений и его экологическая роль в водоемах нижней зоны дельты Волги. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. V.

- Горбунов К. В. 1955. Динамика обрастаний на полях нижней зоны дельты Волги и их роль в питании молоди сазана. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VI.
- Грезе Б. С. 1929. К биологии мелких периодических водоемов. «Русск. гидробиол. журн.», т. VIII, № 1—3.
- Гурьянова Е. Ф. 1946. К вопросу о принципах классификации континентальных водоемов и типологии пойменных озер. Уч. зап. ЛГУ, Тр. Юбил. сессии.
- Жадин В. И. 1926. К биологии моллюсков пересыхающих водоемов. «Русск. гидробиол. журн.», т. V, № 1—2.
- Жадин В. И. 1950. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод. В кн.: «Жизнь пресных вод СССР», т. III. Изд-во АН СССР.
- Заринская Е. А. 1939. Выращивание молоди осетровых и разведение корма для них. Тр. Всес. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., т. VIII.
- Зернов С. А. 1928. О зимовке водяных организмов во льду и мерзлой земле и т. д. «Русск. гидробиол. журн.», т. VII, № 1—2.
- Зернов С. А. 1934. Общая гидробиология. Изд. 1.
- Зиновьев А. Ф. 1947. Планктон полей и ильменей дельты р. Волги и его кормовое значение для молоди промысловых рыб. Тр. Волго-Касп. научн. рыбохоз. ст., т. IX, вып. 1. Астрахань.
- Ивлев В. С. 1940. Материалы к характеристике водоемов Астраханского государственного заповедника. Тр. Астраханского гос. заповедника, т. III.
- Ивлев В. С. 1950. Влияние тростниковых зарослей на биологию и химический режим водоемов. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. II.
- Идельсон М. С. 1941. Зообентос пойменных водоемов дельты р. Волги и его значение в питании рыб. Тр. Всес. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., т. XVI.
- Киселевич К. А. 1922. К вопросу об обвалованиях в дельте р. Волги.
- Киселевич К. А. 1926. Волго-Каспийский рыболовный район, его особенности и причины богатства рыбой. Изд-во Астрах. губполитпросвета. Астрахань.
- Кузнецова И. И. 1940. Опыт определения рыбопродуктивности водоемов дельты по урожаю молоди. Дисс.
- Лебедев Н. Н. 1909. Наблюдения над планктоном дельты р. Волги летом 1907 г. Тр. Ихтиол. лаб., т. I, вып. 1. Астрахань.
- Летичевский М. А. 1947. О нерестовом значении авандельты р. Волги. Тр. Волго-Касп. научн. рыбохоз. ст., т. IX, вып. 1.
- Липин А. Н. 1926. Пресные воды и их жизнь М.—Л., Госиздат.
- Мейснер В. И. 1945. Отчет о работах экспедиции по обследованию дельты р. Волги в 1914 г. Мат. к познанию русск. рыболовства, т. IV, вып. 10.
- Неизвестнова-Жадина Е. С. 1949. Коловратки (Rotatoria). «Жизнь пресных вод СССР», т. II. М.
- Павловский Е. Н. и Лепнева С. Г. 1948. Очерки из жизни пресноводных животных. М., Сов. наука.
- Ремез Я. А. 1926. Вобла. Астрахань.
- Рылов В. М. 1948. Cyclopoidea пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные, т. III, вып. 3. Изд-во АН СССР.
- Скориков А. 1915. Ильмени и мелиорация в дельте р. Волги. Вестн. рыбопромышл. рыбовод. и рыболов., XXX, № 3—4.
- Танасийчук В. С. 1941. Скаты молоди воблы, леща и сазана из пойменных водоемов дельты р. Волги. Тр. Всес. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., т. XVI.
- Чугунов Н. Л. 1928. Биология молоди промысловых рыб Волго-Каспийского района. Тр. Астрах. ихтиол. лаб., т. III, вып. 6.
- Чугунов Н. Л. 1928. Биология молоди промысловых рыб Волго-Каспийского района. Тр. Астрах. научн. рыб. хоз. ст., т. VI, вып. 4.
- Шкорбатов Ю. Л. 1950. Влияние условий среды на физиологические особенности близких форм пресноводных моллюсков. «Докл. АН СССР», т. 70, № 6.
- Эльдарава-Сергеева М. Х., Лебедев Н. Н. и Митропольский С. А. 1909. Список организмов, найденных Ихтиологической лабораторией в дельте р. Волги. Тр. Ихтиологич. лаб., т. I, вып. 1. Астрахань.

С. Н. УЛОМСКИЙ

**О СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ЧИСЛЕННОСТИ
И БИОМАССЫ ОРГАНИЗМОВ В ВОДОЕМАХ УРАЛА**

(НА ПРИМЕРЕ ВЕРХ-ИСЕТСКОГО ПРУДА г. СВЕРДЛОВСКА)

*(Уральское отделение Всесоюзного научно-исследовательского
института озерного и речного рыбного хозяйства)*

Известно, что по месту обитания в водоеме одни организмы относятся к планктонным формам, другие к формам бентоса или иным экологическим группам. Однако в природе не существует резких границ, искусственно создаваемых человеком в своих системах и классификациях. Кроме типичных планктонных и бентосных форм, наши водоемы заселены очень многими видами, занимающими промежуточное положение. Эти формы называют факультативно-планктонными организмами (Рылов, 1922) или планктонобентосом (Жадин, 1950).

Исследования К. А. Гусевой (1947), Н. В. Кордэ (1950), С. Н. Уломского (1952, 1957), А. П. Скабичевского (1954) и других авторов показали, что многие планктонные водоросли, как и представители зоопланктона, в определенные сезоны года опускаются из толщи воды на дно водоема, где переживают неблагоприятные условия без видимых признаков состояния покоя, после чего в короткие сроки и в огромном количестве снова переселяются в воду. Многие беспозвоночные во время своего массового развития в водоеме представляют собою ценный биопродукт для рыб. С другой стороны, некоторые виды являются промежуточными хозяевами некоторых паразитических червей позвоночных животных и человека (*Cyclops strenuus*, *C. vicinus*, *Acanthocyclops bicuspidatus*, *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides* и др.). Подробное изучение образа жизни этих организмов, имеющих хозяйственно-полезное или вредное значение, является задачей сегодняшнего дня.

Основная цель предпринятых исследований — проследить направление сезонных изменений численности и биомассы организмов в толще воды и пелогене, установить сроки перехода некоторых видов из одного биотопа в другой, выяснить причины, определяющие закономерный ход этих явлений, и показать роль мезобентоса в общих кормовых запасах водоема.

Для решения поставленных вопросов выбрали Верх-Исетский пруд, расположенный в окрестностях Свердловска. Пруд площадью 1300 га был образован в 1724 г. на р. Исети. Являясь источником питьевого значения, он не загрязняется промышленными стоками и имеет достаточно хорошую проточность. Кроме р. Исети, пруд питается водой р. Светлой. Обе эти реки принимают воду с окружающих болот. Цвет воды Верх-Исетского пруда летом зеленовато-бурый, зимой желтовато-бурый. Общая минерализация воды низкая, окисляемость повышенная,

железа много бикарбонатов мало. Химизм воды пруда и питающих его рек дан в табл. 1 (по З. М. Балабановой).

Таблица 1
Химизм воды Верх-Исетского пруда и питающих его рек
(минимум—максимум)

Показатель	Середина пруда	Устье р. Исети (июль)	Устье р. Светлой (январь и июль)
pH	6,55—8,43	6,8	6,5—6,9
Своб. CO ₂ , мг/л	0—19,8	9,3	11,7—50,4
HCO ₃ ' »	23,5—70,15	41,2—45,2	10,4—29,4
CO ₃ '' »	0—3,0	0,0	0,0
Cl' »	5,0—7,4	3,6	3,6
SO ₄ '' »	9,48—10,7	—	—
Ca'' »	4,5—10,7	—	—
Mg'' »	7,54—9,65	—	—
Железо общее, мг/л	0,14—1,1	0,8—1,4	0,9—6,6
SiO ₂ »	2,0—2,0	—	—
Окисляемость, O ₂ мг/л	12,9—14,4	41,0—43,8	24,8—42,5
Карбонатная жесткость в немецких градусах	1,1—2,24	3,64	4,76
Сухой остаток, мг/л	91,2—102,0	—	—

Диапазон температуры воды в течение года 0,1—22,8°. Газовый режим зимой и летом благополучен. В марте на середине пруда насыщение воды растворенным кислородом достигает 30—70%.

Грунт — ил черного цвета, грубо детритный, уплотненный. При промывании ила на поверхность воды нередко (особенно зимой) всплывают жирные растекающиеся капли, напоминающие отходы нефтепродуктов. Водная растительность развита мало, середина пруда свободна от нее.

Таблица 2
Средняя месячная температура воздуха, °С

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Средняя за вегетационный период
1954	10,2	16,6	20,3	14,6	11,7	4,5	13,0
1955	12,8	18,0	16,3	14,0	8,7	5,2	12,5

Материал собирался с июля 1954 по октябрь 1955 г., вначале через месяц, затем ежемесячно. Необходимые метеорологические данные, помогающие объяснить те или другие явления, наблюдавшиеся в водоеме, приводятся в табл. 2 и 3. Из них видно, что вегетационный период 1955 г. отличался от 1954 г. более низкой температурой воздуха и почти вдвое большим количеством выпавших осадков. Деятельность ветра в 1955 г. была усиленной. Если с мая по сентябрь 1954 г. было отмечено 55 дней со штилем, то за этот же период 1955 г. — 27 дней. Средняя скорость ветра летом 1954 г. достигала 3,2 м/сек, а в 1955 г. — 3,6 м/сек.

Таблица 3

Месячная сумма осадков, мм *

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Сумма осадков за вегетационный период
1954	43	26	64	53	39	11	236
1955	52	23	103	211	24	10	423

* С ноября 1953 г. по май 1954 г. выпало 121 мм осадков, а с ноября 1954 г. по май 1955 г. — 102 мм.

МЕТОДИКА РАБОТЫ

Процесс камеральной обработки собранного материала очень трудоемок. Ввиду этого пришлось ограничить сбор материала на одной точке (станции). Эта точка располагалась в центральной части водоема, недалеко от водопроводной станции. Пробы планктона собирали планктонной сетью Апштейна, сито № 11/46, площадь облова $1/20$ м², длина стороны конуса — 70 см. Применяли вертикальные ловы. Пробы бентоса брали дночерпателем Экмана-Берджи с площадью захвата $1/40$ м² и высотой коробки 17 см. Одновременно брали две-три пробы грунта. Попутно производили послойные измерения температуры воды, ила и другие физико-химические определения. Методика камеральной обработки собранного материала подробно изложена в ранее опубликованных работах (Уломский, 1955, 1957). Пробы бентоса после промывки через промывалку из сита № 5/26 помещали в отдельные банки. Первую пробу использовали для подсчета мезо- и макробентоса, остальные только для макробентоса. Полученные для макробентоса цифры осреднялись.

В планктологии термином мезопланктон обозначаются мелкие, но видимые невооруженным глазом организмы, как диаптомусы, циклопы, дафнии, крупные виды коловраток, хорошо улавливаемые планктонной сеткой из сита № 4/24,5—5/26, служащей для сбора рачкового планктона. Примерно такой же величины должны быть и организмы, которые мы относим к категории мезобентоса. Из них наиболее типичны остракоды, придонные и иловые формы ветвистоусых рачков (*Hyoscurptus*, *Leydigia*, *Monospilus*), циклопы, постоянно или временно населяющие грунты водоемов, различные виды водяных клещей и прочие организмы, по своему размеру приближающиеся к перечисленным формам. Точнее, под мезобентосом мы подразумеваем все организмы, населяющие в то или другое время года грунты водоемов, свободно проходящие через металлическое сито со стороной ячеек 1,5 мм и задерживающиеся при промывании пробы грунта в промывалке из сита № 5/26.

Опыт по механическому отделению представителей мезобентоса от макробентоса показал, что наиболее удобными для этой цели оказались металлические сита со стороной ячеек 1,5—2 мм и мельничное сито № 5/26. Сита со стороной ячеек меньше 1,5 мм задерживают не только представителей макробентоса, но частично циклопов, остракод и некоторых клadoцер. Редкоячейное мельничное сито 0/15—1/19 также не годится для учета мезобентоса, так как пропускает часть остракод и копеподные стадии циклопов.

Сито № 5(26) задерживает все копеподитные стадии ракообразных, молодь червей и личинок насекомых.

Фитопланктон

Видовой состав и количественное развитие фитопланктона существенно влияют на изменение среды обитания водных животных, населяющих водоем. Продукты жизнедеятельности и распада синезеленых водорослей тормозят развитие многих форм зоопланктона. В водоемах, обильно «цветущих» синезелеными, наблюдается два пика развития зоопланктона, первый — весной (до появления синезеленых) и второй, более слабый, к осени (после уменьшения или прекращения «цветения»).

Летом 1954 г. в Верх-Исетском пруду не было отмечено заметного развития синезеленых водорослей. В начале июля при температуре воды $22,8-20,0^{\circ}$ (поверхность — дно) в фитопланктоне преобладали диатомеи — *Melosira granulata* и *Fragilaria crotonensis*, но численность их была невелика. Разность между сырым весом всего планктона и зоопланктона составляла лишь 145 мг/м^3 , а прозрачность воды достигала 290 см. В последних числах сентября при температуре всего слоя воды $12,5^{\circ}$ было отмечено большее развитие перечисленных видов, особенно *F. crotonensis*. Из других форм обильно размножалась *Mougeotia*. Сырой вес всего фитопланктона составлял 3420 мг/м^3 , прозрачность воды уменьшилась до 210 см. В конце октября при температуре воды $3,0^{\circ}$ в планктоне отмечена масса отмирающих клеток *Mougeotia* и порядочное количество диатомей (биомасса фитопланктона 540 мг/м^3). В декабре под полуметровым слоем льда обнаружены лишь отдельные колонии диатомовых водорослей. В это время прозрачность воды достигала 310 см (глубина 3,4 м). Позднее, до мая 1955 г., водоросли совсем не были отмечены в толще воды.

Качественный состав фитопланктона и его количественное развитие в 1955 г. даны в табл. 4. По сравнению с предыдущим летом обращает внимание большее развитие синезеленых водорослей, из которых *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* и виды рода *Anabaena* имели наибольшую численность в июне — августе. В течение всего периода открытой воды довольно хорошо развивались диатомеи, но *F. crotonensis* этим летом почти не размножалась. Протококковые и другие группы фитопланктона не имели заметного развития.

Судя по численности клеток и по биомассе фитопланктона, водорослевый планктон Верх-Исетского пруда имел весьма ограниченное развитие (табл. 5).

О бедности пруда фитопланктоном свидетельствует и относительно высокая прозрачность воды во время вегетационного периода, достигавшая в менее дождливое и ветреное лето 1954 г. 210—290 см¹. Свободная углекислота не успевает потребляться фитопланктоном в дневные часы и почти всегда находится в воде. Лишь один раз 29 июня 1955 г. при плотности фитопланктона 1408 тыс. клеток/л были отмечены монокарбонаты ($3,0 \text{ мг/л}$) при рН, равном 8,43.

В обильно цветущем синезелеными оз. Шарташ (Свердловск) биомасса фитопланктона нередко превышает 9 г/м^3 , при этом CO_2 с июля по сентябрь полностью отсутствует в воде, а количество $\text{CO}_3^{''}$ достигает 20—22 мг/л при рН, равном 9. Аналогичное явление наблюдается в других водоемах (оз. Аятское, Балтым, Б. Сунгуль, Свердловской области и прочие), где фитопланктон достигает значительного развития.

¹ В этот же сезон 1955 г. (влажный и ветреный) прозрачность воды уменьшилась до 80—125 см, ввиду более темной окраски воды и повышенной роли абносестона.

Таблица 4

Количественное развитие фитопланктона Верх-Исетского пруда,
тыс. клеток/л

	1955							1956
	6.V.	11.V	29.VI.	31.VII	31.VIII	29.IX	31.X	21.IV
Часы работы	13—14	12—13	12—13	11—12	12—13	11—12	13—14	13—14
Направление и сила ветра . .	W ₃₋₄	W ₄₋₅	S _{0,5}	Штиль	NW ₃	N ₂	SE ₂	(Лед)
Глубина, м	3,9	3,9	3,5	3,8	3,5	4,2	4,3	3,2
Прозрачность воды, см	160	180	100	110	80	125	220	170
Температура воды на глубине 1 м	4,1	8,0	19,0	21,1	12,1	6,1	3,5	1,8
Температура воды у дна	4,0	8,0	17,1	20,2	12,1	6,0	3,6	3,8
pH	—	—	8,43	7,55	8,3	7,15	7,25	6,55
CO ₂ , мг/л	—	—	0	4,4	3,96	6,6	4,4	19,8
CO ₃ ²⁻ , мг/л	—	—	3,0	0	0	0	0	0
Синезеленые								
Merismopedia	—	—	—	+ *	—	—	—	—
Microcystis aeruginosa (Kutz.) Elenk.	+	—	12,0	94,8	23,4	—	—	—
Gleocapsa limnetica Hollerb. . .	—	—	+	+	—	+	+	—
Gomphosphaeria lacustris Chod. .	—	—	1,8	2,2	1,2	—	—	—
Anabaena spiroides Kleb.	—	—	14,8	4,8	46,4	—	—	—
A. scheremetievi Elenk.	—	—		30,0	1,4	—	—	—
A. flos-aquae (Lyngb.)	—	—		8,4	7,2	—	—	—
Aphanizomenon flos-aquae Ralfs	—	—	1323,0	50,0	828,8	11,8	—	—
Oscillatoria limosa Ag.	0,3	2,8	—	—	—	—	—	—
Всего	0,3	2,8	1351,6	190,2	908,4	11,8	+	—
Диатомовые								
Melosira granulata Ehrenb. (Ralfs)	0,8	37,2	10,0	137,2	179,2	22,2	1,2	+
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	—	2,0	15,2	44,2	37,0	3,2	4,8	+
Fragilaria sp.	3,2	5,8	31,0	7,4	1,8	0,7	0,8	—
F. crotonensis Kitt.	—	0,1	—	—	—	0,3	0,3	—
Synedra	+	+	+	—	—	+	+	+
Asterionella	4,8	22,6	+	0,2	3,6	+	+	+
Всего	8,8	67,7	56,2	189,0	221,6	26,4	7,1	—
Протококковые								
Pediastrum sp. sp.	—	0,2	0,4	1,0	0,8	0,2	+	—
Scenedesmus quadricauda Breb. .	—	+	+	+	+	+	+	—
S. opoliensis P. Richt.	—	—	—	—	+	—	—	—
Dictyosphaerium pulchellum Wood	—	—	+	0,2	—	—	—	—
Всего	—	0,2	0,4	1,2	0,8	0,2	+	—
Прочие группы								
Dinobryon sertularia Ehrenb. . .	—	—	+	—	—	—	—	—
Ceratium hirundinella (O.F.M.) Bergh	—	—	+	—	—	—	—	—
Euglena sp. sp.	—	+	—	—	—	—	—	+
Eudorina elegans Ehrenb.	—	—	—	—	+	—	—	—
Mougeotia	—	—	0,2	6,6	0,2	+	0,4	—
Spirogyra	+	—	—	—	—	—	—	—
Итого всех водорослей	9,1	70,7	1408,4	387,0	1131,0	38,4	7,5	+

* Менее 100 клеток в л.

Таблица 5

Биомасса фитопланктона, мг/м³ *

Год	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1954	—	145	—	3420	540
1955	2396	1104	2420	310	103

* Разность между сырым весом всего планктона и весом ракообразных в мг/м³.

Относительная бедность Верх-Исетского пруда фитопланктоном обусловлена стоком в этот водоем болотных вод, содержащих гуминовые кислоты и бедных питательными веществами. Ничтожное развитие протококковых водорослей, наиболее требовательных к азоту, указывает на недостаток солей азота в водоеме. Постоянное присутствие железа стимулирует развитие диатомей, наименее требовательных к азоту, и объясняет их присутствие в водоеме на протяжении всего периода открытой воды. Но токсическое действие гуминовых кислот все же ограничивает размножение диатомей, так же как и синезеленых водорослей, по потребности в азоте занимающих промежуточное положение между диатомовыми и зелеными (Гусева, 1952).

Количественное развитие организмов в водоеме в отдельные годы может быть далеко не одинаковым; их урожайность нередко зависит от метеорологических условий. Для водоемов, лежащих среди заболоченного водосбора, особенно урожайным годом будет год с наименьшим количеством выпавших осадков, когда пересохшие болота перестают отдавать избыток влаги. Напротив, в многоводные годы гуминовые вещества будут «стягиваться» в водоемы из болот, что влияет на уменьшение трофичности водной среды и приводит к уменьшению численности фитопланктона и его потребителей.

В Верх-Исетском пруду наибольшее развитие фитопланктона наблюдалось в конце вегетационного периода 1954 г. (сентябрь-октябрь). Сухое, малождливое лето способствовало задерживанию воды на болотах и ограничило проникновение в водоемы гуминовых кислот. Сентябрь был очень теплый. Эти благоприятные факторы подготовили условия для более интенсивного размножения диатомей и *Mougeotia* к осени. Влагообильное лето 1955 г., напротив, привело к резкому снижению биомассы фитопланктона в осенний период. Кроме исчезнувших из планктона в связи с похолоданием воды многих теплолюбивых форм синезеленых, во много раз уменьшилась и численность эвритермных диатомей.

Зоопланктон и мезобентос

В планктоне Верх-Исетского пруда преобладают ракообразные. Коловраток очень мало. Из них лишь хищная *Asplanchna priodonta* почти круглогодично встречается в толще воды, достигая наибольшего количественного развития в летне-осенний период. С замерзанием водоема численность и биомасса этого вида резко уменьшается (табл. 7). Из других коловраток обычны *Keratella cochlearis* (до 8000 экз/м³) и *K. quadrata* (до 9800 экз/м³). В меньшем количестве встречали *Notholca longispina*; лишь в июне 1955 г. численность ее достигла 35 тыс. экз/м³. Другие виды (*Synchaeta*, *Polyarthra trigla*, *Conochilus unicornis*, *Filinia*

longiseta) встречались спорадически и в небольшом количестве. Обращает внимание полное отсутствие форм, свойственных водоемам повышенной трофичности (*Schizocerca*, виды рода *Brachionus* и др.).

Из 28 видов низших рачков, отмеченных для Верх-Исетского пруда, семь видов (*Eudiaptomus graciloides*, *Mesocyclops crasus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia hyalina*, *Daphnia cucullata*, *Daphnia cristata*, *Leptodora Kindtii*) населяют толщу воды и являются планктонными формами. Лишь некоторые из них изредка встречались на поверхности ила. Следующие семь видов (*Cyclops kolensis*, *C. vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides*, *Bosmina longirostris*, *B. mixta*¹, *Chydorus sphaericus*) в условиях данного водоема представляют собою формы планктобентоса, либо одновременно встречающиеся в толще воды и илах, или, в зависимости от сезона года, меняющие один биотоп на другой.

К типичным бентическим формам Верх-Исетского пруда, обнаруженным только в пробах, взятых дночерпателем, относятся *Paracyclops limbriatus*, *Acanthocyclops bicuspidatus*, *Ilyocryptus acutifrons*, *Leydigia acanthocercoides*, *Alona affinis*, *Monospilus dispar*, *Candona* sp., *Darwinula stevensoni*. Наконец последние шесть форм (*Macrocyclus albidus*, *Eucyclops serrulatus*, *E. macrurus*, *Rhynchotalona rostrata*, *Bythotrephes longimanus*) не имели заметного развития в водоеме. Очевидно, все они, кроме *B. longimanus*, должны быть также отнесены к планктоно-бентическим формам.

В табл. 6 даны показатели количественного развития ракообразных, обычных для толщи воды и пелогена Верх-Исетского пруда.

Наибольшая численность ракообразных в толще воды наблюдалась в июне — первой половине июля. В это время после пропуска паводковых вод пруд наиболее богат биогенами. Затем следует быстрое уменьшение численности ракообразных, связанное с недостатком пищи в водоеме пониженной трофичности. Второй летне-осенний максимум ракообразных почти не выражен, он слабо намечается лишь у немногих видов (*E. graciloides*, *M. leuckarti*, *M. oithonoides*, *D. cristata*).

Перед ледоставом и в течение всего последнего периода планктон крайне беден. Кроме необеспеченности пищей, низкая температура воды зимой ($0,1-1,4^{\circ}$), свойственная проточным водоемам, также не способствует развитию большинства форм планктона. В толще воды остаются наиболее эвритермные виды, такие, как *E. graciloides*, молодь циклопов и дафний (*D. hyalina*), *B. longirostris*, *B. mixta*, *Ch. sphaericus*. В это время биомасса ракообразных составляет $15-90 \text{ мг/м}^3$.

В хорошо проточном озере Исетском (начало р. Исеть), где, несмотря на мощный слой иловых отложений, зимняя температура воды близка к нулю, биомасса зоопланктона в декабре — марте также не превышает $7-10 \text{ мг/м}^3$ (Уломский, 1952). С другой стороны, в непроточных или очень слабо проточных водоемах с зимней температурой средних слоев воды около $2-3^{\circ}$ наблюдается более интенсивное развитие зоопланктона. Например, в оз. Шаблиш Челябинской области в декабре — марте 1954—1955 гг. биомасса зоопланктона достигала $240-925 \text{ мг/м}^3$. Величина ее была обусловлена развитием *D. hyalina* ($33-796 \text{ мг/м}^3$), *C. kolensis* ($8,4-69,6 \text{ мг/м}^3$) и *E. graciloides* ($27-290 \text{ мг/м}^3$). В оз. Глубоком Московской области, по данным А. П. Щербакова (1956), средняя биомасса планктонных рачков в верхнем 4-метровом слое воды в марте 1951 г. составляла 580, в апреле — 230 и в феврале 1952 г. — 130 мг/м^3 . В хорошо прогреваемом с иловыми отложениями не проточном

Таблица 6

Рикообразные в толще воды и пелогене Верх-Исетского пруда
(встречаемость, плотность популяции и биомасса)

	Толща воды				Пелоген			
	встречаемость		диапазон		встречаемость		диапазон	
	%	сезон	численность, экз/м³	биомасса, мг/м³	%	сезон	численность, экз/м³	биомасса, мг/м³
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lill.)	72	I—III, V—XII	60—4120	2,8—156,2	23	IX, XII, II	800—900	112—136,0
<i>Cyclops kolensis</i> Lill., ad.	36	II, IV	10—300	1,0—21,4	8	V	2400	240,0
<i>C. vicinus</i> Uljanin, ad.	14	IV—V	11—120	1,2—12,0	54	V—X	800—77120	32—3755,0
<i>C. strenuus</i> (s. lat.) copepod.	79	I—V, VII—XII	60—4920	3,0—118,6	8	X	800	24,0
<i>Acanthocyclops viridis</i> (Jur.)	28,5	IV—V, IX	20—170	0,2—10,4	69	IV—X	800—22400	20—436,0
<i>A. bicuspidatus</i> (Claus)	14	V, X	6—10	0,2—0,3	100	I—XII	400—78400	3,2—1288,0
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	79	IV—X	20—19860	0,4—302,0	69	IX—V	4800—13600	43,2—135,2
<i>M. oithonoides</i> Sars	79	IV—X	60—3320	0,6—34,8	0	—	—	—
<i>M. crassus</i> (Fisch.)	14	VI—VII	30—80	1,8—2,0	0	—	—	—
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liev.)	21	VI—VII	290—2060	3,4—45,8	8	IX	100	10,0
<i>Daphnia hyalina</i> Leydig	57	I—VII, IX—X	15—160	0,8—16,0	8	VI	240	7,2
<i>D. cucullata</i> Sars	28,5	IV—VII, IX	3220—16380	106,4—1338	0	—	—	—
<i>D. cristata cederstroemi</i> (Shoel.)	43	VI—X	1000—4760	12,0—130	31	VII—IX, XII, II	1500—5600	15,0—84,0
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müll.)	79	I—V, VII—XII	60—4260	0,5—34,4	15	VI, X	3200—16800	64,0—528
<i>B. mixta</i> Lill.	79	I—V, VII—XII	180—98700	5,0—1278,0	38,5	IV, VI, IX—X	800—4800	24,0—144
<i>Glyocryptus acutifrons</i> Sars	0	—	—	—	15	VI, X	200—800	6,0—30,0
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fisch.)	0	—	—	—	38,5	VI, X	400—4000	12,0—120
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	0	—	—	—	46	IV—X	400—560	4,0—5,6
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müll.)	86	IV—XII	10—38500	0,1—192,6	0	—	—	—
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	36	VI—VII	110—410	7,0—74,0	100	I—XII	2400—76800	62,0—1997,0
Яйца <i>Leptodora</i> (покоящиеся)	0	—	—	—	69	II, IV—X	80—4800	16,0—960,0
<i>Candona</i> sp.	0	—	—	—	100	I—XII	1200—52960	60,0—2646,0
<i>Darwinula stevensoni</i> (Br. et Rob.)	0	—	—	—				

эвтрофном оз. Шарташ (Уломский, 1957а) биомасса планктонных ракообразных в феврале 1948—1950 гг. колебалась от 830 до 3290 мг/м³.

Роль рачков-фильтраторов по отношению к хищным формам планктона невелика. Это связано с пониженной трофичностью водной среды в дистрофированном водоеме. Для лета здесь характерны кратковременные вспышки развития фильтраторов. В июле и сентябре 1954 г. биомасса фильтраторов превышала биомассу хищников в 1,5—1,8 раза. В следующем году только после ската паводковых вод, обогативших пруд биогенами, в водоеме наблюдалось быстро угаснувшее развитие *Bosmina mixta* (98,7 тыс. экз/м³) и дафний (21,1 тыс. экз/м³), сырой вес которых оказался в 9,5 раза больше, чем вес хищных форм планктона. Позднее, при продолжающемся быстром уменьшении численности ветвистоусых, эта разница в весе сгладилась. В остальные сезоны года, особенно зимой, биомасса форм хищного комплекса, как правило, была во много раз больше биомассы рачков-фильтраторов (табл. 7).

Таблица 7

Биомасса рачков фильтраторов и хищных форм планктона, мг/м³

Дата	Биомасса ракообразных, мг/м ³	Фильтраторы (рачки)			Хищники (рачки и коловратки)			
		%	Eudiaptomus	Cladocera	%	Cyclopidae	Leptodora	Asplanchna
1954								
6.V	1667	64	156,2	1141,4	36	342,8	26,6	358,0
28.IX	498	61	72,2	352,0	39	73,8	—	202,0
27.X	144	33	2,8	89,4	67	51,8	—	132,0
6.XII	30	39	5,2	9,0	61	15,8	—	6,0
1955								
10.II	93	52	29,0	19,6	48	44,4	—	—
23.IV	14,6	4	—	0,6	96	14,0	—	0,4
6.V	134	7	—	10,4	93	123,6	—	5,2
11.V	284	7	0,2	20,6	93	263,2	—	25,8
29.VI	3560	91	155,2	3067,6	9	262,8	74,4	2,8
31.VII	800	53	13,4	748,0	47	31,6	7,0	630,0
31.VIII	388	85	18,2	312,0	15	49,8	8,0	—
29.IX	174	22	7,4	131,6	78	35,0	—	460,0
30.X	79,4	32	—	69,4	68	10,0	—	138,6
1956								
21.IV	20	0	—	—	100	20,0	—	0,4

В продуктивных водоемах группа фильтраторов зимой и летом имеет стойкий перевес по отношению к хищным формам планктона, выражающийся соотношением по биомассе 3:1 или 2:1 (Уломский, 1955, 1957а). Эфемерные вспышки численности рачков-фильтраторов при устойчивой роли комплекса хищников свидетельствуют о неблагоприятном течении продукционного процесса в водоеме, о возникающих здесь острых пищевых кризисах.

Из ракообразных особый интерес представляют формы, имеющие сезонные миграции из толщи воды в илы водоема и обратно. Эта реакция организмов на изменения условий среды — одно из приспособлений, обеспечивших жизнестойкость вида, способствовавших продвижению южных форм на север и широкому их географическому распространению. В табл. 8 показано изменение численности *Mesocyclops*

oithonoides в толще воды и в пелогене Верх-Исетского пруда в зависимости от сезонов года. Этот рачок принадлежит к роду, исключительно богатому тропическими видами. В. М. Рылов (1948) на стр. 302 отмечает, что «...рассматриваемый вид является в достаточной степени выраженным тепловодным рачком». Известно, что оптимальные условия для развития он находит в более теплых слоях воды; в глубоких озерах летом держится в эпилимнионе, зимой опускается ниже. В неглубоких озерах, мелких прудах и старицах зимой не встречается.

Наши исследования показали, что *M. oithonoides* в течение всего года населяет не только глубокие, но и мелкие водоемы; в последних он обитает летом в толще воды, а зимой — в пелогене. Уже в сентябре, с понижением температуры воды до $12-10^{\circ}$ и ниже, из планктона полностью исчезают половозрелые особи этого вида, а большая часть копепоидитных стадий опускается на дно. С ледоставом и в течение всей зимы *M. oithonoides* не встречались в толще воды пруда, а в пелогене численность копепоидитов V и IV стадий достигала $13,6-4,8$ тыс. экз/м². Возможно, что при низкой температуре придонных слоев воды в хорошо проточном водоеме ($1,6-1,9^{\circ}$) молодь *M. oithonoides* первое время находится в анабиотическом или полуанабиотическом состоянии. В конце апреля 1955 г., после освобождения поверхности льда от растаявшего снега и прогрева воды через лед солнечными лучами до $3,8-5,1^{\circ}$ в планктоне уже встречали активно плавающие копепоидиты этого вида (320 экз/м³). Однако большая часть их (6400 экз/м²) находилась еще в пелогене. Это было отмечено за семь дней до полного освобождения Верх-Исетского пруда от ледяного покрова. В 1956 г. пруд очистился ото льда 5 мая; за 14 дней до его вскрытия при температуре средних слоев воды $2,0-3,2^{\circ}$ в толще воды отмечали до 60 экз/м³ копепоидитов *M. oithonoides*, но на дне водоема при температуре пелогена 4° численность их достигала 4800 экз/м².

В самом начале мая, на шестой день после вскрытия пруда, в планктоне, кроме копепоидитов, были найдены первые экземпляры половозрелых самцов. Численность копепоидитных стадий в пелогене не уменьшилась. Взрослые самки появились в планктоне позднее самцов, на 10—11-й день после вскрытия пруда. Со второй половины мая по август в водоеме наблюдалось интенсивное размножение *M. oithonoides*.

Рачок имеет две летние генерации. Первая генерация (июнь-июль) происходит от осеннего поколения, перезимовавшего в пелогене. Созревшие особи первой генерации в июле-августе дают начало второй генерации, продолжающей свое развитие в сентябре. Уже в конце августа из планктона исчезают самцы и заметно уменьшается количество яйценосных самок первой генерации. В сентябре отмирают последние взрослые самки и в толще воды остается лишь небольшая часть копепоидитов второй генерации, а большая их часть опускается в пелоген, где перезимовывает. Зимовка проходит благополучно; в течение подледного периода не наблюдалось случаев заметного уменьшения численности рачков в пелогене. Все экземпляры в пробах имели хорошо сохранившийся свежий вид. Только в течение самых теплых месяцев в году (июнь — август) *M. oithonoides* обитает исключительно в толще воды, не встречаясь в пелогене. Продолжительность жизни особей первой летней генерации крайне сжата, она ограничена полутора-двумя месяцами, тогда как цикл развития второй осенней генерации охватывает 10—11 месяцев (август — июнь следующего года). При этом большую часть года копепоидиты рачков держатся в илах, на короткое время поднимаясь весной в толщу воды для размножения.

Количество Mesocyclops oithonoides Sars в толще воды и в илах Верх-Исетского пруда в разные сезоны

Таблица 8

	1954					1955					1956			
	6. VII	28. IX	27. X	6. XII	10. II	23. IV	6. V	11. V	29. VI	31. VII	31. VIII	29. IX	31. X	21. IV
Направление и сила ветра	Штиль	E 5—6	W 4	На водоеме лед			W 3—4	W 4—5	S 0,5	Штиль	NW 3	N 2	SE 2	Лед
Температура воды, С°														
Поверхность	22,8	12,5	3,0	—	0,1	—	4,2	8,0	19,2	22,2	12,1	6,2	3,5	1,0
1 м	—	—	—	0,5	—	3,8	4,1	—	19,0	21,1	12,1	6,1	3,5	1,8
2 м	—	—	—	0,8	1,4	5,1	4,0	8,0	18,0	21,0	12,0	—	3,5	2,0
3 м	—	—	—	—	—	—	—	—	17,5	20,5	12,0	—	3,5	3,2
у дна	20,0	12,5	3,0	1,6	1,9	4,5	4,0	8,0	17,1	20,2	12,1	6,0	3,6	3,8
Температура пелогена														
Толща воды	19,5	—	—	—	2,1	4,8	—	—	17,0	20,1	12,1	7,8	3,9	4,0
экз/м³														
♂ ad.	140	—	Не встречены			—	260	340	80	210	—	—	—	—
♀ ad.	320	—	—	—	—	—	—	460	1340	140	—	—	—	—
♀ ov.	760	—	—	—	—	—	—	—	1820	30	20	—	—	—
V cop.st.	—	1300	—	—	—	320	800	1580	80	280	640	280	—	60
IV cop. st.	440	460	—	—	—	—	—	—	—	140	560	2000	—	—
III cop. st.	200	—	—	—	—	—	—	—	—	420	720	1500	340	—
Биомасса, мг/м³	13,8	11,4	—	—	—	3,0	11,6	28,0	34,8	6,2	11,2	20,0	1,4	0,6
Пелоген														
экз/м³														
V cop. st.	Нет	4800	4800	12800	4800	5600	4800	Проба не взята	Не встречены			5400	5000	4800
IV cop. st.	—	—	3200	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III cop. st.	—	—	—	—	—	800	800	—	—	—	—	—	—	—
II cop. st.	—	—	—	—	—	—	500	—	—	—	—	—	—	—
Биомасса, мг/м³	—	43,2	82,4	135,2	48,0	70,0	71,2	—	—	—	—	48,6	50,0	48,0

Таблица 9

Количество *Mesosyclops leuckarti* Claus в толще воды и илах Верх-Исетского пруда в разные сезоны

Стадия	1954										1955										1956
	6.VII	28.IX	27.X	6.XII	10.II	23.IV	6.V	11.V	29.VI	31.VII	31.VIII	29.IX	31.X	21.IV							
Толща воды экз/м³																					
♂ ad.	2260	—	—	Не встречен	—	—	120	320	1320	70	200	—	—	—	Нет						
♀ ad.	3200	—	—	—	—	—	40	160	2040	70	—	—	—	—	—						
♀ ov.	900	—	—	—	—	—	—	20	1740	—	—	—	—	—	—						
V сор.	6340	1800	40	—	—	20	240	1460	4200	80	140	—	—	—	—						
IV сор.	6000	1000	—	—	—	—	120	800	700	400	500	600	60	—	—						
III сор.	1160	—	—	—	—	—	20	—	140	650	1200	520	—	—	—						
II сор.	—	—	—	—	—	0,6	13,2	69,4	224,4	10,6	18,2	11,2	0,6	—	—						
Биомасса, мг/м³	302,0	28,0	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Пелоген экз/м³																					
♂ ad.	—	—	—	—	—	—	800	Проба не взята	960	—	—	—	—	—	—						
♀ ad.	—	—	—	—	—	—	—	—	4320	2400	—	—	—	—	—						
V сор.	—	10 400	5600	12 000	8000	22 400	17 600	—	340	—	800	18 400	24 000	36 000	—						
IV сор.	400	2400	2400	6400	2400	—	4800	—	420	—	800	19 200	54 400	20 000	—						
Биомасса, мг/м²	3,2	230	177,6	440,0	224,0	582,4	609	—	110,8	62,4	27,2	592,0	1288	780,0	—						

Аналогичное распределение в толще воды и на грунтах Верх-Исетского пруда обнаруживает другой вид рода *Mesocyclops* — *M. leuckarti* (табл. 9). Отдельные экземпляры появляются в планктоне перед самым вскрытием водоема и в июне-июле *M. leuckarti* достигает наибольшего количественного развития. Циклы развития у *M. leuckarti* и *M. oithonoides* совпадают по срокам. В конце сентября плотность населения в воде резко уменьшается, в октябре встречаются отдельные экземпляры копеподитов. В это же время численность копеподитных стадий в пелогене быстро увеличивается, достигая 37,6—78,4 тыс. экз/м². Весной, перед вскрытием пруда, число благополучно перезимовавших в пелогене особей составляло 22,4—56,0 тыс. экз/м².

В отличие от оз. Шарташ (Уломский 1953, 1957) в проточном и менее кормном Верх-Исетском пруду *M. leuckarti* постоянно встречались в пелогене даже летом. При этом в июне-июле 1955 г., кроме копеподитов, встречались половозрелые самцы и самки. В течение вегетационного периода 1955 г. общая численность и биомасса рачков на поверхности ила была большей, чем в толще воды. Возможно, что рачки опускались на дно в поисках пищи, испытывая ее недостаток в воде. В более урожайное для водоема лето 1954 г. в начале июля в пелогене было отмечено всего лишь 400 экз/м² копеподитов *M. leuckarti*, тогда как в конце июня 1955 г. общая численность взрослых рачков и их молоди достигала на дне 6040 экз/м² при биомассе 110,8 мг/м².

Acanthocyclops bicuspidatus, как и два предыдущие вида, часто встречается в мезобентосе Верх-Исетского пруда (табл. 10). Он не входит в состав пелагического планктона пресных озер, но характерен для литорали озер и мелких водоемов типа весенних луж. Известен из пещерных водоемов и колодцев. Эвригалинен. По В. М. Рылову (1948), имеет достаточно резко выраженную тенденцию к троглофилии.

Таблица 10

Количество *Acanthocyclops bicuspidatus* Claus в пелогене Верх-Исетского пруда

	1954	1955							1956
	27. X	23. IV	6. V	29. VI	31. VII	31. VIII	29. IX	31. X	21. IV
Пелоген, экз/м ²									
♂ ad.	3200	—	800	—	—	800	—	2400	800
♀ ad.	1600	—	900	—	—	—	—	8000	—
♀ ov.		800							
V сор.	2400		—	—	—	—	8000	2400	—
IV сор.				16480	22400	12000	800	800	—
III сор.	800	—	—	♂ 160	—	—	900	—	—
Биомасса, мг/м ²	364,0	56,0	96,0	185,6	203,2	111,2	92,0	436,0	20,0

За время исследования лишь два раза был найден в пробах планктона: первый раз в декабре 1954 г. (один половозрелый самец в пробе) и в мае 1955 г. (одна взрослая самка и один копеподит V стадии в пробе). В пелогене держится в течение почти всего года (апрель — декабрь). Яйценосных самок обнаружили в апреле, взрослых самцов и стерильных самок, кроме того, в мае, августе и октябре. Полициклический. В апреле, еще до вскрытия пруда, и в начале мая в пелогене обнаружили только взрослых *A. bicuspidatus*, давших начало первому весеннему поколению. В июне-июле численность копеподитов первого поколения достигла 16,6—22,4 экз/м². В августе-сентябре развивалась молодежь второго поколения, а с октября и дальше — третьего.

Из других форм циклопов, населяющих толщу воды и пелоген Верх-Исетского пруда, наиболее многочисленными были два вида из группы «*strenuus*» — *Cyclops vicinus* Uljan. и *C. kolensis* Lill. Даже взрослые формы этой группы циклопов не легко поддаются определению, а отличительные признаки их молоди до настоящего времени остаются неизвестными. Поэтому в табл. 11 оба вида рассматриваются суммарно. Изучение экологии циклопов, принадлежащих к роду *Cyclops*, необходимо начинать с тех водоемов, где обитает одна из форм этого рода, видовая принадлежность которой точно установлена.

По немногочисленным яйценосным и стерильным взрослым самкам, найденным в пробах планктона и бентоса, удалось установить, что в апреле 1955 г. в толще воды обитал *C. kolensis*, а в апреле 1956 г. развивались совместно оба вида. В мае в воде и в илах встречались только *C. vicinus*. К какой форме принадлежали копеподиты, установить не удалось. Оба вида широко распространены в Евразии летом и зимой, где обитают в планктоне разнообразных озер. Например, *C. kolensis* — одна из ведущих форм планктона Байкала хорошо размножается в неглубоком оз. Шарташ (Свердловск). Развитие *C. strenuus* s. lat. в толще воды Верх-Исетского пруда происходит преимущественно в холодное время года. Зимой в илах встречались отдельные экземпляры. Летом, напротив, пелоген был плотно заселен копеподитами этих видов, а в толще воды они отсутствовали или были представлены немногочисленными особями первой копеподитной стадии (табл. 11).

Известно, что *C. kolensis*, и особенно *C. vicinus* избегают дистрофированных водоемов (Рылов, 1948), поэтому развитие их в Верх-Исетском пруду было ограниченным. Осенью 1954 г. с понижением температуры воды и уменьшением роли фитопланктона в пелагиали наблюдали заметное увеличение численности рачков. Это было обусловлено жарким и сухим летом, когда сток воды с болот сократился и уменьшилось дистрофирующее влияние болотных вод. Лето следующего года было дождливым и осенью плотность рачков в воде оказалась крайне незначительной. Наибольшая их численность в планктоне отмечена вскоре после вскрытия пруда — в первой половине мая, когда встречались все стадии развития. Затем, с прогревом воды и увеличением количества водорослей рачки исчезли из планктона, но не погибли, а переселились в пелоген, где в массовом количестве держались до ледостава.

А. П. Щербаков (1955), занимавшийся изучением динамики микробентоса Глубокого озера, также отмечает, что в илах Глубокого озера циклопы из группы «*strenuus*» впервые появляются в июне и достигают максимального развития в сентябре (3 тыс. экз/м²). Уменьшение их численности в микробентосе начинается в ноябре. Массовое развитие в микробентосе циклопов из группы «*strenuus*» позволило автору называть их «донными» циклопами. Так же как и в Верх-Исетском пруду, максимум численности копеподитов и взрослых рачков в планктоне Глубокого озера был им отмечен в мае (Щербаков, 1956).

Из собственно иловых форм в мезобентосе Верх-Исетского пруда огромной численности достигают различные формы дифflugий, разные виды круглых и малощетинковых червей и остракоды. Нередко встречались молодые, только что отродившиеся личинки тендепедид. По сравнению с эвтрофными озерами Урала (оз. Шарташ), здесь ограничена численность моллюсков (*Sphaerium*, *Pisidium*) и водных клещей.

Вес корненожек (*Diffugia*) не включен в биомассу мезобентоса, так как не всегда можно было с достоверностью установить, живой это организм или его пустая раковинка. После корненожек второе место

Таблица 11

Количество *Cyclops strenuus* (s. lat.) в толще воды и илах Верх-Исетского пруда в разные сезоны

Пол и стадия	1954 г.					1955 г.								1956	
	6.VII	28.IX	27.X	6.XII	10.II	23.IV	6.V	11.V	29.VI	31.VII	31.VIII	29.IX	31.X		
Толща воды, экз/м²															
♂ ad.	Нет	40	20	20	240	6	5	60	Нет	—	—	—	—	—	
♀ ad.	—	—	—	—	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	
♀ ov.	—	—	—	—	—	4	6	—	—	—	—	—	—	60	
V сор.	—	—	40	40	180	—	—	60	—	—	—	—	—	30	
IV сор.	—	60	600	100	140	—	60	20	—	—	—	—	—	30	
III сор.	—	—	1500	180	—	10	1380	1940	—	—	—	—	—	60	
II сор.	—	—	480	—	—	40	600	1900	—	—	—	—	—	30	
I сор.	—	—	—	—	—	220	540	1000	—	1 120	2 460	700	580	40	
Биомасса, мг/м³	—	5,4	46,6	11,6	36,8	3,4	86,4	130,6	—	2,2	4,8	2,2	3,0	15,6	
Пелоген, экз/м²															
♀ ad.	—	800	Нет	80	80	Нет	2400	Проба не взята	—	—	—	—	—	Нет	
V сор.	800	—	—	—	—	—	800	—	20 560	8 000	1 600	—	4800	—	
IV сор.	400	800	—	—	—	—	1600	—	56 560	16 000	28 800	12 000	—	—	
III сор.	2000	—	—	—	—	—	800	—	—	—	—	—	—	—	
II сор.	—	—	—	—	—	—	860	—	—	—	—	—	—	—	
I сор.	—	—	—	—	—	—	1600	—	—	—	—	—	—	—	
Биомасса, мг/м²	132,0	152,0	—	11,2	13,6	—	438,4	—	3 755,0	1 496,0	1 212,0	472,0	224,0	—	

по численности занимали упавшие на дно покоящиеся яйца *Leptodora*, крупные, бледноокрашенные образования шарообразной формы, диаметром 0,3—0,4 мм, с тонкой сетчатой структурой оболочки. В среднем их сырой вес был равен 0,026 мг. Они постоянно и в большом количестве встречались в пелогене всех исследованных нами озер.

Таблица 12

Численность некоторых форм мезобентоса Верх-Исетского пруда, тыс. экз/м²

Формы мезобентоса	1954				1955								1956
	6.VII	28.IX	27.X	6.XII	10.II	23.IV	6.V	29.VI	31.VII	31.VIII	29.IX	31.X	21.IV
<i>Diffugia</i> . .	40,4	198,4	804,8	595,2	139,2	44,8	381,6	93,6	231,2	106,4	160,0	440,0	504,0
Покоящиеся яйца <i>Leptodora</i> .	18,4	2,4	20,8	22,4	17,6	26,4	48,8	22,4	64,8	31,2	76,8	44,8	40,8
<i>Darwinula</i> . .	1,2	6,4	7,2	12,8	5,8	9,6	31,2	6,4	24,0	25,8	53,0	12,4	36,4
<i>Candona</i> . .	—	—	2,4	—	0,1	—	0,8	0,8	4,8	0,6	0,3	0,1	0,1

Мелкие формы нематод и молодь олигохет постоянно встречалась в илах пруда. Количество первых на протяжении года колебалось от 0,8 до 11,2 тыс. экз/м², чаще плотность их составляла 3,6 тыс. экз/м². Численность молоди олигохет достигала 0,8—12,2 тыс. экз/м², чаще — 3—4 тыс. экз/м². Из ракушковых рачков наибольшее количественное развитие имела *Darwinula stevensoni*, реже и в меньших количествах встречался ближе не определенный вид *Candona* (табл. 12). Все эти виды мелких ракообразных, многочисленные ювенильные особи олигохет, личинок двукрылых (*Tendipedidae*) и других беспозвоночных не учитываются при обычной выборке из проб представителей макробентоса. Однако численность и общий сырой вес этих животных настолько велик, что не может не приниматься во внимание (табл. 13).

Таблица 13

Биомасса мезобентоса Верх-Исетского пруда, мг/м²

Группы мезобентоса	1954				1955								1956
	6.VII	28.IX	27.X	6.XII	10.II	23.IV	6.V	29.VI	31.VII	31.VIII	29.IX	31.X	21.IV
<i>Nematoda</i>	16	24	20	16	56	14	4	110	}963	192	12	16	48
<i>Oligochaeta</i>	105	322	312	128	92	240	480	1101		137	575	160	24
<i>Mollusca</i> (<i>Pisidium</i>)	6	—	—	—	—	—	8	—		—	—	—	480
<i>Cladocera</i>	100	224	160	15	16	8	16	830	0	32	144	54	24
Покоящиеся яйца													
<i>Leptodora</i>	476	62	540	582	457	682	1270	582	1685	815	1997	1164	1060
<i>Copepoda</i>	137	425	648	687	408	708	1304	4172	1762	1350	1204	1998	888
<i>Ostracoda</i>	60	320	840	512	312	630	1408	480	2160	1416	2710	636	1832
<i>Acarina</i>	—	—	—	—	240	—	—	—	—	—	—	—	—
Личинки <i>Trichoptera</i> . .	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Личинки <i>Tendipedidae</i> . .	0	800	1030	0	249	68	80	1190	1520	38	248	272	64
Всего . .	900	2185	3550	1940	1830	2350	4570	8465	8090	3980	6890	4300	4420

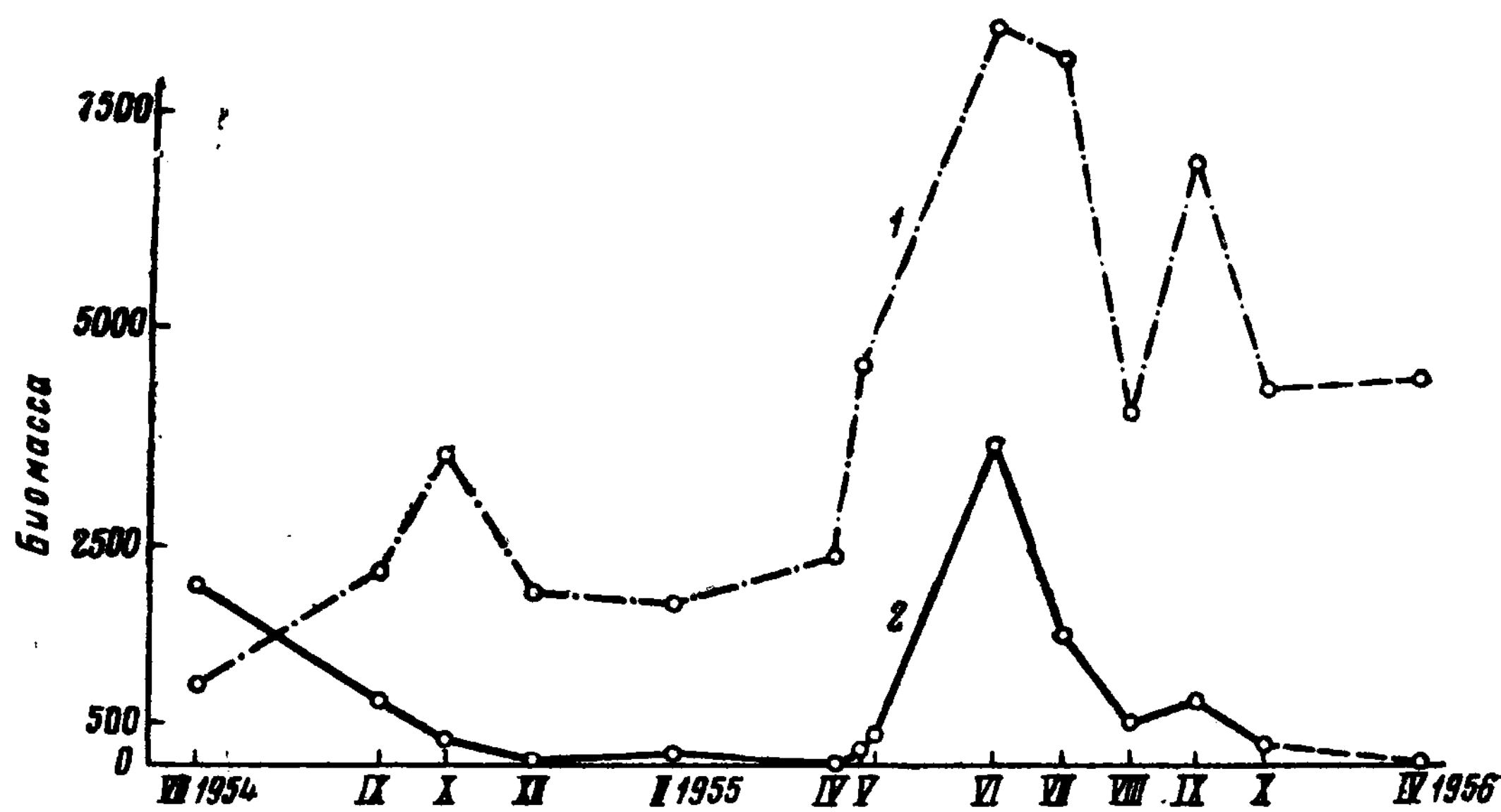


Рис. 1. Сезонные изменения биомассы зоопланктона и мезобентоса Верх-Исетского пруда в 1954 и 1955 гг.
1 — мезобентос (мг/м²); 2 — зоопланктон (мг/м³)

Биомасса мезобентоса, как правило, во много раз больше биомассы зоопланктона. Это видно на рис. 1. Биомасса мезобентоса, как и зоопланктона, в основном складывается из низших рачков. Их плотность на дне много больше, чем в толще воды. Например, в мае биомасса всех рачков на дне была больше биомассы рачков, населяющих толщу воды, почти в 30 раз, в июне — в 1,7 раза, в июле — в 7, в сентябре — в 35, в октябре — в 48 раз (табл. 14).

Таблица 14

Биомасса зоопланктона и мезобентоса Верх-Исетского пруда

Дата	Зоопланктон, мг/м³			Мезобентос, мг/м²				
	ракообразные	коло- вратки	всего	черви	ракообраз- ные	личинки дву- крылых	прочие	всего
1954 г.								
6.VII	1667	358	2025	121	773	—	6	900
28.IX	498	202	700	346	1031	800	8	2185
27.X	144	136	280	332	2188	1030	—	3550
6.XII	30	6	36	144	1796	—	—	1940
1955 г.								
10.II	93	< 0,1	93	148	1193	249	240	1830
23.IV	14,6	0,4	15	254	2028	68	—	2350
6.V	134	10	144	484	3998	80	8	4570
11.V	284	38	320	—	—	—	—	—
29.VI	3580	95	3655	1211	6064	1190	—	8465
31.VII	800	656	1456	963	5607	1520	—	8090
31.VIII	388	65	453	329	3613	38	—	3980
29.IX	174	526	700	587	6055	248	—	6890
31.X	79	153	232	176	3852	272	—	4300
1956 г.								
21.IV	20	2	22	72	3804	64	480	4420

Макробентос

В макробентосе Верх-Исетского пруда ведущая роль принадлежит личинкам тендипедид, занимающим первое место по численности и по биомассе. На втором месте стоят олигохеты, биомасса которых лишь иногда превышает биомассу личинок тендипедид. Моллюсков (*Pisidium* sp., *P. amnicum*, *P. supinum*, *P. henslowianum*, *Sphaerium*) мало, но благодаря большому весу раковины их биомасса временами достигает 1—4 г/м². Из прочих организмов редко и единичными экземплярами встречаются личинки ручейников и комара-коретры (*Ch. crystallinus*).

Среди личинок тендипедид (20 форм) преобладают формы комплекса хищников — *Procladius* (100% встречаемости) и *Cryptochironomus* из группы «defectus» (60%). Из пелофагов распространены *Tendipes* f. *semireductus* (54%) и *Tanytarsus* из группы «gregarius» (46%). Остальные формы редки, их встречаемость не превышает 8—15%.

Биомасса личинок *Procladius* на протяжении года колебалась от 0,2 до 1,2 г/м² и была наибольшей в апреле — начале мая. Биомасса *Cryptochironomus* в октябре — декабре достигала 1,4—1,5 г/м², летом 0,1—0,3 г/м². Немногочисленные, но крупные личинки *Tendipes* f. *semireductus* имеют наибольшую биомассу. В начале июля 1954 г. (время вылета насекомых) биомасса их была равна 21,2 г/м², но летом следующего года составляла 0,9—1,8 г/м² и лишь в октябре достигла 8,2 г/м².

Таблица 15

Биомасса макробентоса Верх-Исетского пруда, мг/м²

Дата	Черви	Моллюски	Личинки двукрылых	Прочие	Всего, мг/м ²
1954					
6.VII	650	4080	23 700	—	28 430
28.IX	8	—	820	92	920
27.X	872	500	492	4	1 868
6.XII	—	1056	2 014	—	3 070
1955					
10.II	92	1288	7 660	—	9 040
23.IV	1712	—	1 192	—	2 904
6.V	2112	764	904	—	3 780
29.VI	228	176	2 296	—	2 700
31.VII	150	190	1 560	—	1 900
31.VIII	1080	—	556	—	1 636
29.IX	176	—	1 686	—	1 862
31.X	170	—	9 910	—	10 080
1956					
21.IV	296	—	948	—	1 244

В табл. 15 даны изменения биомассы макробентоса Верх-Исетского пруда по сезонам за несколько лет.

Производительность водоема по макробентосу в целом очень низка, на протяжении большей части года биомасса макробентоса не превышала двух-трех десятков кг/га. Только в июле 1954 г. и в октябре 1955 г. она достигала соответственно 284 и 100 кг/га. Тенденция к увеличению биомассы от лета к зиме выражена слабо. В апреле 1956 г.,

перед вскрытием водоема, биомасса макробентоса оказалась намного меньше, чем осенью, перед ледоставом. Скорее всего, это было вызвано выеданием личинок тендипедид и других форм макробентоса, плотным стадом местных и акклиматизированных рыб (плотвой, лещом и др.), приступившим в апреле-мае к активному питанию. Известно, что с увеличением численности рыб кормовая база водоемов быстро истощается.

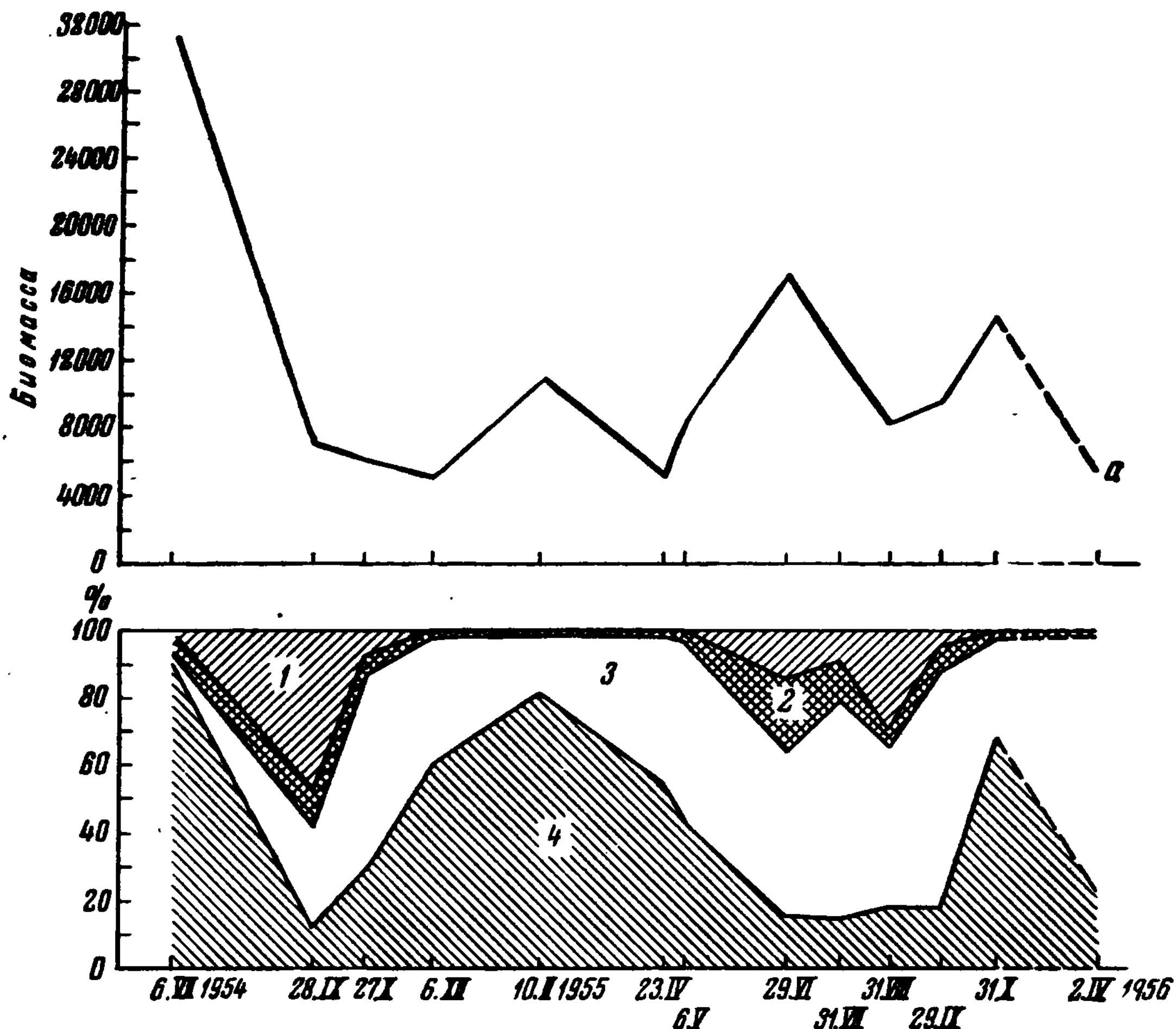


Рис. 2. Сезонные изменения биомассы организмов толщи воды и пелогена Верх-Исетского пруда в 1954 и 1955 гг.

а — биомасса всех организмов; 1 — биомасса фитопланктона (%); 2 — зоопланктона (%); 3 — мезобентоса (%); 4 — макробентоса (%)

С другой стороны, неглубокие (заморные или периодически заморные) малорыбные и безрыбные озера имеют исключительно высокую биомассу макробентоса, до 2—3 тыс. кг/га (Грандильевская-Дексбах, 1956, 1958).

Если сравнить динамику численности и биомассы организмов, обитающих в толще воды (зоо- и фитопланктон) и пелогене (мезо- и макробентос) Верх-Исетского пруда, то станет очевидным огромное значение мезобентоса в общей продукции водоема. Из тринадцати наблюдений, произведенных в разные сезоны года, в семи случаях биомасса мезобентоса была больше биомассы остальных групп водных организмов, составляющих кормовую базу рыб. Она достигала 47—78% общего веса беспозвоночных и фитопланктона. Биомасса макробентоса только в пяти случаях оказалась наибольшей (55—90%). Только один раз в конце сентября 1954 г. биомасса фитопланктона (47%) превысила

сырой вес представителей макро- и мезобентоса, взятых порознь. В остальных случаях (июнь — октябрь) биомасса водорослей составляла 0,5—28,5% веса всей кормовой базы.

Биомасса зоопланктона Верх-Исетского пруда не превышала 21,3%, а чаще колебалась от 5,3 до 11,5% летом и от 0,3 до 0,8% зимой.

Графически изменение биомассы организмов, населявших толщу воды и пелоген, изображено на рис. 2.

Верхняя часть графика (кривая *a*) отражает изменение суммарной биомассы всех организмов на дне пруда и в толще воды. Нижняя часть дополняет верхнюю, отражая в процентах роль организмов каждой категории в общей биомассе.

Таблица 16
Биомасса организмов толщи воды и пелогена водоемов Урала

Водоем	Дата	Глу- бина на стан- ции, м	Биомасса				макро- бентос, мг/м²
			фито- план- ктон, мг/м³	зоо- план- ктон, мг/м³	мезобентос		
					мг/м²	% рач- ков	
Озеро Шарташ (Цент- ральная часть)	29.IV 1953	4,7	Нет	49	2872	75	55600
	26.VI	4,4	5120	2420	313	96	49200
	23.IX	4,1	505	255	3560	66	35480
	17.XII	4,2	Нет	805	1692	72	51400
	14.IV 1954	4,5	1	36	4817	67	76730
Озеро Балтым (Цен- тральная часть)	24.III 1953	4,2	Нет	161	5948	13	30740
	21.IV 1953	4,5	0,5	67,5	542	78	—
Оз. Таватуй (Цен- тральная часть)	2.IV 1953	6,5	Нет	215	1000	93	31530
	26.VI	7,4	990	1180	2400	100	88000
	18.IX	7,1	380	570	3240	100	66800
	25.XII	6,9	ст	425	2386	100	57280
	11.IV 1954	7,3	Нет	257	932	87	70480
Камское водохранили- ще, Сылвинский плес	30.VII 1956	17,5	65	635	985	46	2130
Озеро Лещево, район Ириклинского водохрани- лища	29.II 1956	2,1	Нет	153	2288	99	39680
Озеро Увильды, Пес- ки-Коноплянка, литораль	23.IV 1954	8,2	<0,1	4	484	100	5600

Роль мезобентоса в других исследованных водоемах Урала видна из табл. 16. В озерах более продуктивных, чем Верх-Исетский пруд, мезобентос занимает второе место, уступая первое место биомассе макробентоса¹. Зоо- и фитопланктон и здесь стоят на последнем месте.

На песчаной литорали холодноводного оз. Увильды (олиготрофия) биомасса мезобентоса в конце подледного периода 1954 г. в 141 раз превы-

¹ Биомасса макробентоса в табл. 16. дана по материалам М. Л. Грандильевской-Дексбах.

шала биомассу зоопланктона; в других водоемах от 2—4 до 60 раз. Только в наиболее эвтрофированном оз. Шарташ биомасса планктона в июне 1953 г. оказалась больше биомассы мезобентоса.

Важно отметить, что в биомассе мезобентоса большинства озер (как и Верх-Исетского пруда) большое значение имеет биомасса низших ракообразных, временно или постоянно населяющих илы этих водоемов. В мезобентосе оз. Шарташ, кроме ракообразных, встречались водяные клещи. В озерах Балтым и Таватуй найдены также моллюски (*Pisidium*) и черви (*Nematoda*), а в Камском водохранилище и оз. Лещевом (Оренбургская обл.) — молодь *Oligochaeta* и *Nematoda*.

Работы, проведенные нами (Уломский, 1953, 1957) и другими исследователями (Цееб, 1937, 1947; Щербаков, 1955; Грезе, 1951), показали огромную производительность наших озер и прудов по мезобентосу. Как правило, биомасса мезобентоса во много раз больше биомассы зоопланктона, а иногда и макробентоса. Роль представителей мезобентоса в общей величине кормовых запасов водоема такова, что ее нельзя не учитывать. Многие формы, относящиеся прежде к «планктонным», закономерно совершают сезонные миграции из толщи воды в илы водоема. Фрайер и Смайли (Fryer, Smyly, 1954), Эльгмурк (Elgmork, 1955) и Кол (Cole, 1955) также приводят некоторые данные о низших рачках, обычно встречающихся в толще воды, но переживающих в илах водоема определенные стадии развития. Поэтому при изучении продуктивности организмов, населяющих водоем, нельзя ограничиваться обследованием только толщи воды или только дна водоема. Необходимо одновременное обследование обоих биотопов.

ВЫВОДЫ

1. Кроме типичных планктонных и бентических форм, очень многие виды занимают промежуточное положение между этими группировками. Одни из них одновременно обитают в воде и на дне водоема, другие совершают ежегодные сезонные миграции из толщи воды в пелоген и обратно в воду.

2. Копеподиты теплолюбивого рода *Mesocyclops* (*M. oithonoides*, *M. Leuckarti*) осенью, с похолоданием воды, опускаются в илы водоемов, где перезимовывают. Формы бореального рода *Cyclops* (*C. strenuus* s. lat), населяющие зимой толщу воды, летом переселяются в пелоген, где в массовом количестве держатся до ледостава.

3. Общее обилие рачков и других мелких беспозвоночных в пелогене водоемов таково, что биомасса их во много раз превышает биомассу зоопланктона, особенно зимой. В некоторых водоемах она больше биомассы макробентоса.

Эти формы, менее доступные рыбам в илах, чем в толще воды, являются кормовым резервом молоди рыб и рыб планктофагов.

4. Работы по изучению продуктивности водоемов не могут ограничиваться только исследованием планктона и макробентоса. Они должны быть направлены и на изучение очень важной части кормовой базы водоемов — мезобентоса.

ЛИТЕРАТУРА

- Грандильевская - Дексбах М. Л. 1956. Донная фауна безрыбных озер Урала и ее использование. «Научно-технич. бюллетень ВНИОРХ», № 3—4. Л.
Грандильевская - Дексбах М. Л. 1959. Развитие и использование донной фауны озер Урала. Тр. Всесоюз. Совещ. по биол. основам рыбн. хоз. при Томском университете.

- Г р е з е В. Н. 1951. Придонный планктон, его роль в питании рыб и методика учета. «Зоол. журн.», т. 30, № 1.
- Г у с е в а К. А. 1947. Причины периодичности в развитии фитопланктона Учинского водохранилища. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. биол., т. 52, вып. 6.
- Г у с е в а К. А. 1952. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. I.
- Ж а д и н В. И. 1950. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод. В кн. «Жизнь пресных вод СССР», т. 3. Изд-во АН СССР.
- К о р д э Н. В. 1950. О зависимости между микробентосом и потамопланктоном. Тр. Биолог. станции «Борок» АН СССР, т. I.
- Р ы л о в В. М. 1922. Что понимать под планктонным организмом. «Русск. гидробиол. журн.», т. I, вып. 8.
- Р ы л о в В. М. 1948. Cyclopoida пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные, т. III, вып. 3, Изд-во АН СССР.
- С к а б и ч е в с к и й А. П. 1954. О залежах планктонных водорослей в грунтах реки Иртыш. «Докл. АН СССР», т. 96, № 4.
- У л о м с к и й С. Н. 1952. Влияние болотного водосбора и ГРЭС на развитие озерного планктона. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. IV.
- У л о м с к и й С. Н. 1953. Новое в экологии некоторых видов веслоногих ракообразных (Copepoda Mesocyclops leuckarti Claus). «Докл. АН СССР», т. 90, № 2.
- У л о м с к и й С. Н. 1955. Планктон внутренних водоемов Крыма и его биомасса. Тр. Карад. биолог. станции АН УССР, вып. 13.
- У л о м с к и й С. Н. 1957. Мезобентос пелогена Уральских озер. Изв. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз., т. XXXIX.
- У л о м с к и й С. Н. 1957а. О выедании озерного планктона рипусом в озерах Урала. Тр. Всес. н.-и. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз., т. XXXIX.
- Ц е е б Я. Я. 1937. К методике количественного учета микрофауны пелогена в связи с применением на соленых озерах Крыма. «Зоол. журн.», 16, вып. 3.
- Ц е е б Я. Я. 1947. Материалы по изучению жизни водоемов Орловщины и к развитию рыбного хозяйства. Уч. зап. Орловского Госпединститута, сер. естеств. и хим., вып. 2.
- Щ е р б а к о в А. П. 1955. Динамика численности и биомассы некоторых представителей микробентоса Глубокого озера. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VII.

А. В. САМАРИНА

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ПРОДУКЦИИ КИСЛОРОДА
ПРИ ФОТОСИНТЕЗЕ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Роль фитопланктона в общем балансе органического вещества в Байкале еще почти не изучена. Между тем, как сейчас установлено многочисленными исследованиями пресноводных и морских водоемов, фитопланктон в них является основным продуцентом органического вещества. Поэтому изучение интенсивности процесса фотосинтеза фитопланктона приобретает большое значение как с теоретической, так и с практической точки зрения. Так, например, изучение этого вопроса представляет большой интерес для правильной оценки биологической продуктивности водоемов и определения их возможной рыбопродуктивности. Весьма важно знать интенсивность фотосинтеза фитопланктона при решении некоторых общих геохимических проблем: круговорота кислорода, круговорота органического вещества на Земле и т. д.

В течение 1952—1955 гг. мы провели наблюдения над интенсивностью фотосинтеза фитопланктона Байкала в районе Байкальской биологической станции Биолого-географического научно-исследовательского института при Иркутском государственном университете (пос. Большие Коты). Наиболее полные данные получены в 1955 г. В 1952—1954 гг. наблюдения вели эпизодически, преимущественно в летние периоды.

Для определения интенсивности фотосинтеза фитопланктона мы использовали метод «склянок». Сущность метода заключается в учете изменения содержания кислорода в светлых и темных склянках, заполненных водой, взятой с различных глубин за определенный промежуток времени, в течение которого склянки выдерживаются в водоеме на тех же глубинах, откуда была взята вода. По разнице в количестве кислорода после экспозиции в светлых и затемненных склянках определяют интенсивность фотосинтеза. Разница между начальным содержанием кислорода в воде и его содержанием в затемненных склянках после экспозиции показывает интенсивность дыхания. Метод склянок, впервые предложенный Пюттером для лабораторных целей и далее разработанный и примененный Винбергом (Винберг, 1934) для изучения интенсивности фотосинтеза планктона непосредственно в водоемах, нашел, как известно, широкое применение в практике при изучении не только пресноводных, но и морских водоемов как в Советском Союзе, так и за границей.

В наших опытах применяли склянки объемом 110—170 см³. Часть склянок затемняли — помещали в светонепроницаемые мешки из темного сукна, светонепроницаемость которых проверяли, помещая в них фотопленку. Склянки выдерживали в озере обычно в течение суток.

В 1952—1954 гг. большую часть опытов ставили с параллельными пробами.

Определение кислорода в опытных сосудах мы проводили методом Винклера с применением для титрования 0,01 *N* раствора гипосульфита.

При изучении процесса фотосинтеза в воде Байкала методом склянок возникали осложнения, которых не было ранее при изучении процессов создания органического вещества в воде зал. Мухор Малого моря на Байкале. Иногда нам приходилось отмечать, так же как Г. Г. Винбергу и З. И. Кузнецовой (1939) и А. П. Щербакову (1953) на Глубоком озере, явление более интенсивного потребления кислорода в светлых склянках по сравнению с темными. Объяснить это явление в нашем случае влиянием стратификации кислорода в пределах батометра, как это было найдено для Глубокого озера (Щербаков, 1953), не представляется возможным, так как содержание кислорода в Байкале в вертикальном направлении не претерпевает столь резких изменений, как это наблюдалось на Глубоком озере. В данной работе мы не ставили целью выяснить причины этого явления. Вероятнее всего это явление объясняется жизнедеятельностью бактериальной флоры. Однако для окончательного решения данного вопроса необходимо проведение специальных микробиологических исследований.

Помимо метода склянок, мы производили расчеты суточной продукции кислорода по суточным колебаниям его содержания в толще вод Байкала. С этой целью были проведены серии суточных наблюдений.

Прежде чем перейти к обсуждению результатов наших исследований, мы считаем необходимым дать краткую характеристику сезонных явлений в байкальском фитопланктоне.

В открытом Байкале из планктонных водорослей большое значение имеет сравнительно немного видов. К ним относятся прежде всего *Melosira baicalensis* (K. Meyer) Wisl., *Melosira binderana* Ktz., *Cyclotella baicalensis* Skv., *Cyclotella baicalensis* f. *minuta* Skv. из диатомей, несколько видов родов *Gymnodinium* и *Glenodinium* из перидиней, а также некоторые представители зеленых и синезеленых водорослей — *Botryococcus* sp., *Anabaena* sp., *Gloeotrichia* sp., *Dinobryon* sp.

Ход сезонных изменений фитопланктона в Байкале в разные годы имеет резко выраженные различия как в качественном составе, так и в количественном развитии отдельных видов. Особенно резкие колебания урожая по годам дают виды рода *Melosira*, которые в некоторые годы, весной, еще подо льдом, вызывают настоящее «цветение» воды, в другие же годы, напротив, почти полностью исчезают из байкальского фитопланктона. В годы, урожайные для мелозеры, ее сырой вес достигает в слое воды 0—50 м до 1,5—3,0 т и более под 1 га площади поверхности озера (Антипова и Кожов, 1953). Такие обильные урожаи водорослей несомненно оказывают огромное влияние на круговорот веществ в Байкале, в частности на круговорот кремния (Вотинцев, 1955).

Основываясь на различиях в качественном составе весенних диатомовых, а также на различиях зоопланктона в отдельные годы, М. М. Кожов различает два типа развития Байкальского планктона: 1) мелозера — циклопы и 2) циклотелла-еписура (Кожов, 1955). Следует указать, что развитие циклотеллы в Байкале не бывает таким сильным количественно, как это наблюдается в некоторые годы для мелозеры.

Летние формы фитопланктона, главным образом синезеленые, появляются в разные годы также в различных количествах. В районе пос. Б. Коты их появлению в июле или августе часто предшествуют сильные северо-восточные ветры, нагоняющие сюда прогретые до 15—16°

и богатые синезелеными воды Селенгинского мелководья. Обычно относительно высокая численность летних форм фитопланктона в районе пос. Б. Коты бывает кратковременной.

Как показали исследования последних лет (Антипова и Кожов, 1953; Кожов, 1955), максимум биомассы водорослей в открытых районах Байкала приходится почти всегда на весну (апрель—июнь), когда температура воды в верхних слоях бывает еще низкой. В этот период, по мнению М. М. Кожова, создается основная масса продукции фитопланктона Байкала. Прогревание воды выше 7—8° на поверхности ведет к общему угасанию развития весенних форм фитопланктона и к смене его летними формами.

ПРОДУКЦИЯ КИСЛОРОДА ПРИ ФОТОСИНТЕЗЕ В ВОДАХ БАЙКАЛА В РАЙОНЕ ПОС. БОЛЬШИЕ КОТЫ

Как указывалось выше, наиболее полные данные по интенсивности фотосинтеза фитопланктона в районе пос. Б. Коты мы получили в 1955 г. Результаты исследований представлены в табл. № 1.

В феврале 1955 г., когда водорослей в Байкале было еще не много, фотосинтез был замечен в поверхностных слоях воды. На глубинах 5—20 м преобладали уже процессы потребления кислорода. Суточная продукция его в слое 0—25 м под 1 м² поверхности озера составляла 11—12 февраля только 1,17 г.

В марте с заметной интенсивностью фотосинтез шел на глубинах 5—20 м. Так, в серии 5—6 марта на глубине 10 м интенсивность фотосинтеза равнялась 0,30 мг О₂/л в сутки, интенсивность дыхания 0,01 мг О₂/л в сутки. В поверхностном слое воды интенсивность фотосинтеза в этот период, напротив, была мала, составляя всего 0,04 мг О₂/л в сутки, потреблялось же на процессы дыхания 0,12 мг О₂/л в сутки. Продукция кислорода в это время в слое 0—25 м под 1 м² поверхности озера достигала уже 4,62 г в сутки.

В начале апреля (серия 1—2 апреля) интенсивность фотосинтеза на глубинах 0—20 м составляла 0,15—0,20 мг О₂/л в сутки. В конце апреля (серия 21—22 апреля) интенсивность фотосинтеза заметно упала, причем максимум ее отмечался на глубине 10 м. Суточная продукция кислорода 1—2 апреля в слое 0—30 м под 1 м² площади поверхности озера равнялась 4,75 г, а 21—22 апреля упала до 1,65 г. Заметим, что численность фитопланктона в Байкале весной 1955 г. была невысокой, так как массового развития мелозеры в этом году не наблюдалось.

В мае и июне в связи с отмиранием весенних форм фитопланктона интенсивность фотосинтеза оставалась незначительной. Суточная продукция кислорода 25—26 мая равнялась 1,92 г в слое 0—25 м, а 8—9 июня в том же слое опустилась до 0,77 г под 1 м² поверхности озера.

В июле интенсивность фотосинтеза несколько возросла, однако еще во многих случаях интенсивность дыхания оказывалась выше интенсивности фотосинтеза. Величина суточной продукции кислорода 2—3 г под 1 м² поверхности озера в слое 0—25 м.

В августе картина несколько изменилась. Хотя в отдельных случаях интенсивность дыхания оказывалась несколько выше интенсивности фотосинтеза, но в общем последний уже преобладал. Так, например, в серии 11—12 августа интенсивность фотосинтеза на поверхности равнялась 0,30 мг О₂/л, интенсивность дыхания — 0,49 мг О₂/л. На глубине 5 м эти величины были почти равны — 0,10 и 0,09 мг О₂/л. На глубине 10 м они равнялись соответственно 0,29 и 0,17 мг О₂/л, т. е. фотосинтез уже явно преобладал над дыханием.

Глубина, м

Дата	0						5						10						15						20						25						30														
	A			B			A			B			A			B			A			B			A			B			A			B			A			B			A			B					
	t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C			t, °C								
1952																																																			
32—26.VII	15,1	0,27		0,91	14,2	0,00	0,00	0,01		12,9	0,32	0,22	0,08	11,6	0,05	0,00	0,00	6,4		1,06	5,9	0,09	—0,10																												
6—7.VIII	13,1	0,14		0,02	12,0	0,12	0,00	0,00		11,8	0,12	0,08	0,07	10,9	0,06	0,07	10,9	0,00		0,00	10,3	—0,08	0,13																												
9—10.VIII	14,5	0,15		0,10	14,3	0,06	0,00	0,14		14,2	0,05	0,09	1,24	14,2	0,00	1,24	14,2	0,00		—	13,4	0,10	0,10	0,12																											
12—13.VIII	14,9	0,16		0,33	12,0	0,16	0,00	0,18		11,9	0,08	0,02	0,36	10,0	0,13	0,36	10,0	0,00		0,22	7,8	0,11	0,11	0,11																											
24—25.XI	4,0	—0,04		0,07	4,1	0,05	0,00	0,16		4,1	0,07	0,01	1,32	4,1	0,10	1,32	4,1	0,00		0,05	4,1	0,01	0,23																												
1953																																																			
27—28.I	0,2	0,03		0,00	0,4	0,07	0,00	0,06		0,5	0,11	0,10	0,02	0,5	—0,03	0,02	0,6	0,00		0,00	0,6	0,05	0,00																												
28—29.I	0,2	0,00		0,00	0,3	0,30	0,00	0,00		0,3	0,02	0,04	0,04	0,5	—	0,04	0,5	0,00		—0,13	0,5	0,24	0,06																												
18—19.III	0,5	0,08		0,01	0,6	0,07	—0,04	0,04		0,6	0,09	0,06	0,00	0,6	0,00	0,00	0,6	0,00		0,00	0,6	—0,03	—0,03																												
18—19.IV	1,2	0,34		0,17	1,2	0,27	0,14	0,14		1,2	0,22	0,10	0,04	1,1	0,19	0,04	1,1	0,00		0,17	1,1	0,06	0,06																												
1954																																																			
20—21.VII	9,5	—		—	9,0	0,35	0,40	0,40		7,7	—	0,19	1,03	7,4	—0,07	1,03	7,2	0,00		0,11	6,0	—	—0,07																												
21—22.VII	9,2	0,10		0,40	8,0	0,41	0,28	0,28		7,7	0,28	0,21	0,00	7,6	0,00	0,00	7,6	0,00		0,10	7,2	0,06	0,10																												
24—25.VII	6,9	0,00		0,00	6,1	0,07	0,00	0,00		5,8	0,30	0,19	0,06	5,6	0,12	0,06	5,6	0,00		—0,07	5,4	0,00	0,10																												
27—28.VII	9,6	—0,03		0,10	8,6	0,30	0,17	0,17		8,6	0,31	0,15	0,03	8,4	0,11	0,03	8,4	0,00		0,11	8,5	0,21	0,07																												
29—30.VII	12,6	0,22		0,25	11,5	0,12	0,23	0,23		11,1	0,24	0,20	0,13	10,9	—	0,13	10,9	0,00		0,20	10,9	—0,04	0,36																												
16—17.VIII	12,8	0,11		0,12	12,5	0,06	—0,07	0,07		11,1	0,14	0,12	3,39	7,4	3,54	3,39	7,4	0,00		0,03	6,7	0,90	0,79																												
20—21.VIII	13,2	—		0,21	14,9	0,03	0,08	0,08		13,4	0,04	0,15	10,8	—	—	—	8,2	0,00		0,08	6,1	0,23	0,00																												
1955																																																			
11—12.II	0,2	0,29		0,20	0,4	0,00	0,01	0,01		—	0,00	0,02	0,15	0,5	0,04	0,15	0,5	0,00		—0,09	0,6	0,03	0,03																												
5—6.III	—	0,04		0,12	0,5	0,20	—0,08	0,08		0,6	0,30	0,01	0,19	0,6	0,26	—0,19	0,6	0,00		0,14	0,7	0,01	0,34																												
1—2.IV	—	0,15		—0,08	0,6	0,19	0,09	0,09		0,8	0,20	—0,03	0,46	0,9	0,05	0,46	0,9	0,00		0,20	0,9	1,56	0,12																												
21—22.IV	1,1	0,06		0,03	1,1	0,05	0,096	0,096		1,1	0,15	0,04	1,1	1,1	0,05	0,00	1,1	0,00		0,02	1,1	0,02	0,03																												
3—4.V	1,0	0,02		0,16	1,0	0,00	0,03	0,03		1,0	0,04	0,04	1,0	1,0	0,13	0,00	1,0	0,00		0,08	1,0	0,10	0,00																												
25—26.V	1,2	0,09		0,00	1,2	0,02	0,00	0,00		1,2	0,02	0,01	1,2	1,2	0,19	0,19	1,2	0,00		0,03	1,2	0,16	0,06																												
8—9.VI	3,0	0,03		0,00	3,0	0,00	—0,05	0,05		3,0	0,06	—0,08	3,0	3,0	0,07	0,04	3,0	0,00		0,01	3,0	0,00	—0,09																												
23—24.VI	3,7	0,21		0,10	3,6	0,07	0,02	0,02		3,6	—0,05	0,31	3,6	3,6	0,16	0,03	3,6	0,00		0,12	3,6	0,03	0,13																												
6—7.VII	4,7	0,04		0,02	3,9	—	—	—		3,9	0,00	0,00	3,9	3,9	0,03	0,00	3,9	0,00		0,03	3,9	—0,03	0,13																												
18—19.VII	6,2	0,25		0,05	5,9	0,01	—0,09	0,09		5,7	0,12	0,17	5,4	5,4	0,16	0,15	5,2	0,00		0,03	5,0	0,05	—0,07																												
11—12.VIII	15,7	0,30		0,49	15,3	0,10	0,09	0,09		12,3	0,29	0,17	10,9	10,9	0,07	0,01	7,3	0,00		0,07	6,0	0,17	0,14																												
18—19.VIII	15,5	0,37		0,29	15,0	—0,28	0,06	0,06		14,3	—0,05	—0,05	14,2	14,2	0,09	0,26	14,0	0,00		0,00	11,7	0,10	0,09																												
8—9.IX	14,1	0,30		0,11	13,8	—	—	—		13,8	0,05	0,01	13,8	13,8	0,09	0,19	13,8	0,00		0,00	13,7	0,09	0,26																												
25—26.X	6,6	0,13		0,13	6,3	0,10	0,03	0,03		6,3	0,10	0,09	6,3	6,3	0,07	0,11	6,3	0,00		0,04	6,3	0,05	0,01																												

Условные обозначения для табл. 1 и 3:

Примечание. А — интенсивность фотосинтеза, В — интенсивность дыхания. Знак «минус» у цифр графы «А» означает, что за период экспозиции имело место более интенсивное потребление кислорода в светлых склянках по сравнению с затемненными. Тот же знак у цифр графы «В» показывает рост содержания кислорода в темных склянках за период их экспозиции.

То же наблюдалось на глубине 15 м. Возрастание интенсивности фотосинтеза в августе 1955 г. объясняется подтоком богатых синезелеными водорослями вод, с Селенгинского мелководья.

В сентябре, пока вода оставалась достаточно теплой, интенсивность фотосинтеза по сравнению с августом существенных изменений не терпела. С началом охлаждения вод озера и выпадением из планктона летних форм водорослей, т. е. со второй половины сентября — начала октября интенсивность фотосинтеза упала.

Сравнивая интенсивность фотосинтеза в водах Байкала в 1955 г. с величинами его в соответствующие месяцы 1952—1954 гг., мы видим значительное их сходство. Так, например, 18—19 марта 1953 г. фотосинтез шел со значительной интенсивностью до глубины 10 м. Суточная продукция кислорода достигала в этот день в слое 0,25 м под 1 м² поверхности озера 1 г. В апреле 1953 г. в связи со значительной численностью мелозир фотосинтез шел весьма интенсивно — продукция кислорода 18—19 апреля составляла в слое 0—25 м 5,3 г под 1 м² поверхности озера в сутки. То же наблюдалось и в июле и августе. Можно предполагать, что в годы с циклотелльным типом развития фитопланктона интенсивность фотосинтеза не испытывает резких межгодовых различий.

Таблица 2

*Вертикальное распределение фитопланктона в озере Байкал в 1955 г.
(по материалам Н. Л. Антиповой)*

Глубина, м	Количество клеток водорослей в 1 л			
	19.IV	25.VI	5.VII	4.VIII
0	300	1400	1300	3965
5	910	520	2180	6950
10	800	1620	1000	6900
20	840	1000	1150	500
30	1140	1250	7700	950
50	1750	5640	1400	1400

При анализе данных, приведенных в табл. 1, обращает на себя внимание иногда незакономерное изменение значений интенсивности фотосинтеза и дыхания, наблюдаемые по вертикали в разные сроки. Наиболее вероятной причиной таких изменений является неравномерное вертикальное распределение фитопланктона (табл. 2).

ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА БАЙКАЛЬСКОГО ФИТОПЛАНКТОНА В ДРУГИХ РАЙОНАХ ОЗЕРА

Помимо наблюдений над интенсивностью фотосинтеза и дыхания в районе пос. Б. Коты в июле 1955 г., было проведено несколько серий наблюдений методом склянок в различных районах открытого Байкала и его заливах. В мелководных районах (Провал, Чивыркуйский залив против пос. Покойники) склянки ставили до глубины 4—5 м. В глубоководных районах озера опыты проводили до глубины 20—25 м. Результаты этих наблюдений сведены в табл. 3. Нетрудно заметить, что в заливах (Провал, Чивыркуйский залив) фотосинтез идет с большей интенсивностью, чем в районе пос. Б. Коты. Так, 3—4 июля в заливе Провал интенсивность фотосинтеза на поверхности равнялась 0,45 мг

O_2 /л, на глубине 1 м она была 1,05 мг O_2 /л в сутки. Продукция кислорода в слое 0—4 м под 1 м² поверхности озера составляла 2,21 г в сутки. В Чивыркуском заливе в серии 15—16 июля при более низкой температуре воды интенсивность фотосинтеза была несколько ниже, чем в заливе Провал. В поверхностных слоях воды преобладали процессы дыхания, например, на поверхности интенсивность фотосинтеза составляла 0,25 мг O_2 /л, а интенсивность дыхания 0,28 мг O_2 /л в сутки и только на глубине 4 и 5 м интенсивность фотосинтеза равнялась 0,13 мг O_2 /л и 0,57 мг O_2 /л, а интенсивность дыхания, соответственно, 0,07 и 0,41 мг O_2 /л в сутки. Продукция кислорода в слое 0—5 м под 1 м² поверхности озера равнялась 0,97 г в сутки.

Остальные серии опытов были поставлены в районах открытого Байкала. В Чивыркуйском заливе в серии, поставленной на выходе в открытый Байкал, 17—18 июля величины интенсивности фотосинтеза были такие же, как и в районе пос. Б. Коты. Продукция кислорода в слое 0—25 м под 1 м² поверхности озера равнялась 2,25 г в сутки. В районе Ушканьих островов в июле в поверхностных слоях воды фотосинтез шел с заметной интенсивностью и составлял 0,21 мг O_2 /л на поверхности и 0,34 мг O_2 /л на глубине 5 м. Продукция кислорода здесь в слое 0—20 м под 1 м² поверхности озера равна 3,12 г в сутки. 24—25 июля серия склянок была поставлена в районе бухты Анга. С большой интенсивностью для открытого Байкала шел фотосинтез в поверхностном слое (0,87 мг O_2 /л в сутки), заметным он был и на глубине 25 м (0,23 мг O_2 /л в сутки). Суточная продукция кислорода в слое 0—25 м под 1 м² поверхности озера составляла 7,95 г. Здесь, очевидно, сказалось влияние воды бухты, несомненно

Таблица 3

Интенсивность фотосинтеза и дыхания в различных районах озера Байкал в июле 1955 г. (в мг O_2 /л в сутки)

Глубина, м	Залив Провал, 3—4.VII			Малое Море у острова Урунгуй, 7—8.VII			Чивыркуйский залив, против верхнего изголовья острова Б. Колтыгей 17—18.VII			Ушканьи острова, 19—20.VII			Байкал против бухты Анга, 24—25.VII			Чивыркуйский залив против пос. Покойники, 15—16.VII			
	t, °C	A	B	t, °C	A	B	t, °C	A	B	t, °C	A	B	t, °C	A	B	t, °C	A	B	
0	18,9	0,45	0,39	10,5	—	0,27	10,8	0,00	—	0,14	4,2	0,21	0,04	12,5	0,87	0,83	14,7	0,25	0,28
1	18,2	1,05	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18,3	1,42	0,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,7	0,12	0,29
4	18,0	0,30	0,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,6	0,13	0,07
5	—	—	—	8,0	0,05	0,01	7,0	0,04	0,23	—	4,2	0,34	0,30	11,6	0,41	0,35	14,4	0,57	0,41
10	—	—	—	6,9	0,16	0,18	5,2	0,19	0,00	—	4,1	0,00	0,00	8,9	0,37	0,04	—	—	—
15	—	—	—	5,8	0,07	0,23	4,7	0,07	0,07	—	4,1	0,08	0,09	8,2	0,17	0,20	—	—	—
20	—	—	—	5,2	0,10	0,02	4,2	0,03	0,20	—	4,6	0,10	0,18	6,9	0,09	0,23	—	—	—
25	—	—	—	5,4	0,01	0,00	4,3	0,14	0,16	—	—	—	—	6,3	0,23	0,22	—	—	—

более богатой в это время фитопланктоном, чем воды открытого Байкала.

Приведенные данные согласуются с результатами, полученными С. И. Кузнецовым в 1953 г., определявшим интенсивность фотосинтеза в водных массах Байкала при помощи радиоактивного изотопа углерода C^{14} (Кузнецов, 1955).

Таким образом, можно сказать, что фотосинтез в различных районах открытого Байкала идет примерно с одинаковой интенсивностью и суточная продукция кислорода в слое 0—25 м колеблется от 1 до 7 г под 1 м² поверхности озера. В закрытых частях озера, где небольшие глубины и быстрое прогревание воды создают благоприятные условия для развития фитопланктона, фотосинтез идет с большей интенсивностью, но общая продукция кислорода часто оказывается меньшей, чем в районах открытого Байкала.

О ГОДОВОЙ ПРОДУКЦИИ КИСЛОРОДА ПРИ ФОТОСИНТЕЗЕ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Приведенные выше материалы позволяют подойти к вычислению годовой продукции кислорода при фотосинтезе в Байкале.

В табл. 4 мы приводим среднемесячные величины суточной продукции кислорода в Байкале за 1948—1955 гг. в слое 0—50 м.

Таблица 4

Среднемесячная величина суточной продукции кислорода при фотосинтезе в водах Байкала в слое 0—50 м в 1948—1955 гг. (в мг/л)

Месяц	1948 ¹	1952	1953	1954	1955	Среднее
Январь	0,013	—	0,009	—	—	0,011
Февраль	0,021	—	—	—	0,028	0,025
Март	0,016	—	0,014	—	0,033	0,021
Апрель	0,040	—	0,129 ³	—	0,043	0,041
Май	(0,030) ²	—	—	—	0,038	0,034
Июнь	0,030	—	—	—	0,045	0,038
Июль	0,053	0,068	—	0,090	0,053	0,066
Август	0,042	0,062	—	0,052	0,088	0,061
Сентябрь	0,035	—	—	—	0,049	0,042
Октябрь	0,030	0,014	—	—	0,038	0,027
Ноябрь	(0,110)	0,019	—	—	—	0,014
Декабрь	(0,010)	—	—	—	—	(0,010)

Примечание.

¹ Данные за 1948 г. принадлежат К. К. Вотинцеву.

² Цифры в скобках получены интерполяцией.

³ Интенсивность фотосинтеза в апреле 1953 г. относится к периоду развития мезоциры.

Величины эти найдены следующим образом. Вычисляли среднемесячные величины интенсивности фотосинтеза на отдельных глубинах по всем сериям опытов, проведенных в том или ином месяце. Затем, исходя из полученных данных, рассчитывали среднемесячные величины продукции кислорода по отдельным слоям воды (0—5, 5—10, 10—15 и т. д.) и суммированием их находили среднюю суточную продукцию в слое 0—50 м. По данным табл. 4 нетрудно подсчитать, что годовая продукция кислорода при фотосинтезе в слое 0—50 м составляла в 1948 г. 503 г., а в 1955 г. — 657 г. под 1 м² поверхности озера.

В годы с массовым развитием мелозеры интенсивность фотосинтеза в Байкале весной несомненно бывает более значительной. Так как систематических наблюдений не проводили, количественная характеристика интенсивности фотосинтеза отсутствует. Ориентировочно мы считаем годовую продукцию кислорода в богатые мелозирой годы равной 700—900 г под 1 м² поверхности озера (Вотинцев и Самарина, 1957).

О ВЫЧИСЛЕНИИ ПРОДУКЦИИ КИСЛОРОДА ПО ДАННЫМ СУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЕГО СОДЕРЖАНИЯ В ОЗЕРЕ

Мы уже указывали, что, помимо метода склянок, мы вычисляли продукцию кислорода в Байкале по суточным колебаниям его содержания в различных слоях воды. Такой метод вычисления продукции кислорода был впервые предложен С. В. Бруевичем и применен им на Каспийском море (Бруевич, 1936). Вслед за С. В. Бруевичем этот метод применил на озерах Г. Г. Винберг, предложив для этого следующую формулу:

$$PO_2^{24} = \Delta O_2 \cdot 24 + (O_2^{24} - O_2^0),$$

где

PO_2^{24} — суточная продукция кислорода;

O_2 — изменение концентрации кислорода в мг за час при отсутствии фотосинтеза;

O_2^0 — первое наблюдение за содержанием кислорода;

O_2^{24} — наблюдение за содержанием кислорода через 24 часа (Винберг и Яровицина, 1939).

На Байкале расчет первичной продукции по суточному ходу кислорода был произведен К. К. Вотинцевым (1953).

Все цитированные авторы, исключая Г. Г. Винберга, не проводили сравнения величин продукции кислорода, полученных по его суточным колебаниям, с величинами, полученными методом склянок. Г. Г. Винберг и Л. И. Яровицина сравнивали оба метода на примере озера Белого из группы Косинских озер под Москвой. По их данным, продукция кислорода, вычисленная на основании его суточного хода, значительно превышала величину, даваемую методом склянок. Это несоответствие обоих методов, по мнению авторов, могло объясняться влиянием донных макрофитов (интенсивность фотосинтеза которых не учитывается методом склянок, но влияет на суточные колебания кислорода), а также обменом с атмосферой. В одной из своих последних работ Г. Г. Винберг объясняет несоответствие данных, получаемых указанными методами, тем, что в условиях сильного перенасыщения воды кислородом и резкой дневной термической стратификации важной причиной возникновения суточных колебаний служат худшие условия обмена с атмосферой в дневное время. Следовательно, в водоемах с замедленным стоком при дневной температурной стратификации суточный ход содержания кислорода, растворенного в воде, определяется не только прекращением фотосинтеза ночью, но даже и разной скоростью потребления кислорода дном и обменом с атмосферой в дневное и ночное время (Винберг, 1955). Эти выводы сделаны Г. Г. Винбергом на основании исследований, проведенных на сравнительно небольших озерах. Наблюдения, которые мы провели на Байкале, показывают, что и здесь имеются значительные различия в величине суточной продукции кислорода, вычисленной по его суточным колебаниям и полученной методом склянок (табл. 5).

Таблица 5

Продукция кислорода, полученная методом склянок и расчетом по суточному ходу кислорода, по наблюдениям 1955 г. (в г/м² поверхности озера в сутки)

Месяц	Метод исследования	Продукция кислорода в слое, м			
		0-5	0-20	0-25	0-50
Февраль	Склянки	—	—	1,17	—
	Расчет	—	26,77	—	—
Март	Склянки	—	—	4,62	—
	Расчет	—	—	17,15	37,02
Апрель	Склянки	0,85	—	4,75	—
	Расчет	7,85	—	—	—
Май	Склянки	—	—	1,92	—
	Расчет	—	—	—	—
Июнь	Склянки	—	—	0,77	—
	Расчет	—	—	—	—
Июль	Склянки	—	—	2,35	—
	Расчет	—	—	13,89	19,14
Август	Склянки	—	—	4,07	6,17
	Расчет	—	—	9,11	16,73
Сентябрь	Склянки	—	—	2,25	—
	Расчет	—	—	15,80	25,05
Октябрь	Склянки	—	—	2,00	—
	Расчет	—	—	—	—

В наших опытах величина продукции кислорода, вычисленная по его суточным колебаниям в воде, постоянно превышала величину, получаемую методом склянок.

Таблица 6

Продукция кислорода в слое 0—25 м, полученная методом склянок и расчетом по суточному ходу кислорода, по наблюдениям 1948 г. (в г/м² поверхности озера в сутки) (по материалам К. К. Вотинцева)

Месяц	Продукция кислорода	
	вычисленная по суточному ходу кислорода	найденная методом склянок
Февраль	12,77	0,62
Март	9,17	0,27
Апрель	15,05	0,95
Июнь	31,05	0,80
Июль	13,70	1,27
Август	36,55	1,02
Сентябрь	11,20	0,35
Х	18,5	0,45

Сравнивая величины суточной продукции кислорода, вычисленные К. К. Вотинцевым на основании суточных колебаний кислорода в водах Байкала в 1948 г. (Вотинцев, 1953), с величинами суточной продукции, полученными в том же году методом склянок, мы видим ту же самую картину (табл. 6). Так как при работе на Байкале все суточные серии

наблюдений проводили вдали от берегов, где нет донной растительности, объяснить несоответствие обоих методов можно только непостоянством скорости обмена между водоемом и атмосферой, либо перемещениями водных масс в озере, в результате которых наблюдаемые в течение суток изменения содержания кислорода не отражают его истинного суточного хода. Это подтверждается первыми результатами работ по изучению влияния сгонно-нагонных явлений и внутренних волн на гидрохимический режим озера (Вотинцев и Верболова, 1958, рукопись). Эти данные позволяют считать, что вычисление продукции кислорода по его суточным колебаниям дает не соответствующие истине резко завышенные результаты. Поэтому применение данного метода даже на крупных озерах и, очевидно, на морях возможно лишь в тех случаях, когда имеется уверенность в отсутствии влияния гидродинамических факторов на суточный кислородный режим водоема. К выводу об ограниченной применимости данного метода пришел недавно и Г. Г. Винберг (Винберг, 1956).

ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА *ANABAENA* SP.

Помимо наблюдений над общей интенсивностью фотосинтеза фитопланктона на Байкале, в августе 1952 г. и в августе 1954 г. было поставлено несколько опытов по выяснению интенсивности фотосинтеза *Anabaena* sp. Несколько ранее мы изучали интенсивность фотосинтеза и дыхания *Rivularia* sp. в заливе Мухор Малого Моря на Байкале (Самарина, 1956, рукопись). Проведение подобных исследований необходимо для правильного решения вопроса о роли отдельных видов водорослей в общем энергетическом балансе водоема. Так, например, по данным Козарова (Kozarov, 1954), *Cyclotella fotti* в озере Охрида при температуре воды 7—8° имеет интенсивность фотосинтеза, равную $2,5 \cdot 10^{-4}$ мг O_2 на 1 клетку в сутки, что немного превышает интенсивность фотосинтеза мелозеры и ривулярии в Байкале.

Определение интенсивности фотосинтеза анабены мы вели следующим образом. Планктон собирали горизонтальными ловами планктонной сетью в поверхностном слое воды. Отловленный планктон разбавляли в бутылки водой и полученной концентрированной взвесью водорослей наполняли склянки с притертыми пробками объемом 120—150 мл. В двух или одной из склянок тотчас же фиксировался кислород методом Винклера. Часть оставшихся склянок помещали в светонепроницаемые мешки, другую часть оставляли светлыми. Склянки опускали в озеро на различные глубины. Одновременно в пробе воды проводили подсчет числа клеток водорослей¹. Через сутки склянки извлекали из озера и в них определяли содержание кислорода.

Так как просмотр под микроскопом показал, что во всех пробах преобладающей формой являлась анабена, а примесь других видов была крайне незначительна, то интенсивностью их фотосинтеза мы пренебрегли.

Результаты опытов представлены в табл. 7. Видно, что интенсивность фотосинтеза анабены падает с глубиной, но еще заметна на глубине 25 м. Наибольшая интенсивность фотосинтеза одной клетки анабены в 1952 г. наблюдалась 6—7 августа в поверхностном слое воды и равня-

¹ Определения и подсчет планктона были любезно выполнены Н. Л. Антиповой. За что приношу ей благодарность.

лась $8.1 \cdot 10^{-7}$ мг O_2 в сутки. В 1954 г. максимум интенсивности фотосинтеза анабены был отмечен 16—17 августа также в поверхностном слое воды и равнялся $8,09 \cdot 10^{-7}$ мг O_2 на одну клетку в сутки. К. К. Вотинцев (1952), наблюдая в 1950 г. интенсивность фотосинтеза байкальской мелозиры, нашел, что одна клетка выделяет за сутки $7—16 \cdot 10^{-7}$ мг O_2 . Таким образом, величины интенсивности фотосинтеза мелозиры весной и анабены летом оказываются сходными.

Таблица 7

Интенсивность фотосинтеза Анабаена
(в $1 \cdot 10^{-7}$ мг O_2 на одну клетку в сутки)

Глубина, м	Август 1952 г.						Август 1954 г.			
	6—7		9—10		12—13		16—17		20—21	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
0	13,1	8,10	14,5	4,53	14,9	2,36	12,8	8,06	16,2	2,10
5	12,0	5,30	14,3	3,50	12,0	1,57	—	—	14,9	2,05
10	11,8	3,90	14,2	—	11,8	0,78	—	—	13,4	0,67
15	11,6	2,60	14,2	0,33	—	—	8,5	4,30	—	—
20	10,9	0,81	—	—	—	—	—	—	—	—
25	10,3	0,09	13,4	0,73	7,8	1,97	—	—	—	—

Примечание. а—температура воды; б—интенсивность фотосинтеза.

В опытах 9—10 и 12—13 августа 1952 г. и 20—21 августа 1954 г. интенсивность фотосинтеза анабены упала. Как указывалось выше, анабена является представителем фитопланктона Селенгинского мелководья Байкала и появляется в районах пос. Б. Коты после северо-восточных ветров, дующих несколько дней. Вскоре после появления анабена отмирает. Этим, вероятно, можно объяснить и падение интенсивности ее фотосинтеза в опытах 9—10, 12—13 и 20—21 августа. Такое предположение подтверждается и данными табл. 1. В поверхностном слое 6—7 августа интенсивность фотосинтеза равнялась 0,14 мг O_2 /л и интенсивность потребления кислорода 0,02 мг O_2 /л в сутки, а 12—13 августа они были соответственно равны 0,16 и 0,33 мг O_2 /л.

ЛИТЕРАТУРА

Антипова Н. Л. и Кожов М. М. 1953. Материалы по сезонным и годовым колебаниям численности руководящих форм фитопланктона оз. Байкал. Тр. Иркут. гос. ун-та, т. 7, вып. 1—2, серия биол.

Бруевич С. В. 1936. Определение продукции органического вещества в море. Акад. В. И. Вернадскому. Сб. статей, т. 1.

Винберг Г. Г. 1934. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение 1. Тр. Лимн. ст. в Косине, вып. 18.

Винберг Г. Г. и Кузнецова З. И. 1939. Наблюдения над фотосинтезом и дыханием водной массы Глубокого озера. Тр. Лимн. ст. в Косине, вып. 22.

Винберг Г. Г. и Яровицина Л. И. 1939. Суточные колебания количества растворенного кислорода как метод измерения величины первичной продукции водоема. Тр. Лимн. ст. в Косине, вып. 22.

Винберг Г. Г. 1955. Значение фотосинтеза для обогащения воды кислородом при самоочищении загрязненных вод. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VI.

Винберг Г. Г. 1956. Первичная продукция планктона. «Журн. общ. биол.», т. 17, № 5.

Вотинцев К. К. 1952. Энергия фотосинтеза и сезонные изменения биомассы *Melosira baicalensis* Wise. «Докл. АН СССР», т. 84, № 3.

- Вотинцев К. К. 1953. Суточный ход кислорода и первичной продукции в верхнем слое озера Байкал. «Докл. АН СССР», т. 87, № 1.
- Вотинцев К. К. 1955. Пути миграции кремния в озере Байкал. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VIII.
- Вотинцев К. К. и Самарина А. В. 1957. Кислородный режим озера Байкал. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VIII.
- Вотинцев К. К. и Верболова Н. В. 1958. О влиянии сгонно-нагонных явлений и внутренних волн на гидрохимический режим озера Байкал. Рукопись. Байкал. Лимн. станция.
- Кожов М. М., 1955. Новые данные о жизни толщи вод озера Байкал. «Зоол. журн.», т. 34, № 1.
- Кузнецов С. И. 1955. Использование радиоактивной углекислоты C^{14} для определения сравнительной величины фотосинтеза и хемосинтеза в воде озер различных типов. Изотопы в микробиологии. Сб. статей.
- Щербakov А. П. 1953. Продукция органического вещества в Глубоком озере Тр. Всесоюзн. гидробиол. об-ва, т. V.
- Кезаров G. Contribution à la connaissance de *Cyclotella fotti*, Hustedt Diatomée planctonique du lac d'Ohrid.
-

И. В. НАЗАРЕНКО

ВЛИЯНИЕ ФОРМАЛЬДЕГИДА НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

(Институт общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР)

Формальдегид широко применяется в промышленности и как отход производства сбрасывается в водоемы со сточными водами. Что касается количественного содержания формальдегида в сточных водах, то опубликованных материалов по этому вопросу нам удалось обнаружить немного. Однако имеющиеся литературные данные показывают, что формальдегид в отдельных стоках некоторых производств может содержаться в высоких концентрациях. Так, Е. Ф. Кононова (1952), исследуя сточные воды предприятий химико-фармацевтической промышленности, нашла в маточнике от метиленсалициловой кислоты формальдегид в количестве 1 г/л. По данным Л. А. Штуковской (1935), содержание формальдегида в аммиачно-баритовых сточных водах, полученных от промывки ризольных смол (в производстве пластических масс), может достигать до 27 г/л.

По материалам зарубежных авторов, концентрация формальдегида в сточных водах производств синтетических пластмасс и каучука достигает 5 г/л (Gellman a Hewkelektan, 1950), а от производства резинового клея 2 г/л (Waldmeyer, 1952).

Литературные данные давали основание предполагать, что при попадании в водоемы формальдегид может оказывать вредное действие на процессы естественного самоочищения водоемов и на водные организмы.

Настоящее сообщение является частью работы по установлению предельно допустимой концентрации формальдегида в водоемах. Мы пытались выяснить, при каких концентрациях в воде формальдегид может оказывать вредное влияние на водные организмы, обитающие в наших водоемах. Опыты проводили в лабораторных условиях на мальках рыбы верховки (*Leucaspis delineatus*), дафниях (*Daphnia magna*), роголистнике (*Ceratophyllum demersum*) и протококковой водоросли (*Ankistrodesmus falcatus*). Изучали влияние формальдегида в концентрациях от 1 до 50 мг/л. В качестве контроля служили изучаемые организмы, помещенные в исходную воду без формальдегида.

Предварительными опытами было установлено, что формальдегид в воде малоустойчив, поэтому, чтобы поддерживать концентрации формальдегида на одном и том же уровне на протяжении всего периода наблюдений, в опытах с рыбами, дафниями и роголистником растворы в аквариумах мы ежедневно меняли.

Опыты с рыбами. Воду с различными концентрациями формальдегида наливали по шесть литров в аквариумы, затем в каждый аквариум

помещали по пять рыб. Вели наблюдения за выживаемостью и поведением рыб. Проведено три серии опытов.

В двух последних параллельно проведенных сериях опытов получены данные (табл. 1).

Таблица 1

Действие формальдегида на выживаемость рыб

Концентрация формальдегида, мг/л воды	Число рыб в начале опыта	Число рыб, погибших за весь период наблюдений (51 сутки)	
		абсолютное	в % к исходному
Контроль	10	2	20,0
1	10	2	20,0
5	10	4	40,0
10	10	7	70,0
20	10	10	100,0

При концентрации формальдегида в воде 50 мг/л гибель рыб наступила в первые же часы.

Опыты показывают, что в длительном эксперименте вредное влияние формальдегида на выживаемость рыб проявляется уже при концентрации в воде 5 мг/л. Нельзя, однако, с уверенностью отрицать неблагоприятное действие его и при концентрации 1 мг/л, так как, хотя к концу наблюдений в опытных и контрольных аквариумах погибло одинаковое число рыб, но в воде с указанной концентрацией формальдегида гибель рыб наступила в более ранние сроки (на 33-и и 44-е сутки), чем в контрольной воде (на 48-е и 51-е сутки).

Таблица 2

Действие формальдегида на выживаемость дафний

Концентрация формальдегида мг/л	Число живых дафний									
	Исходное	Продолжительность наблюдений								
		в часах			в сутках					
		1	1,5	19	1	2	3	4	5	23
Контроль	20	20	20	20	20	18	14	14	12	5
1	20	20	20	20	20	20	16	15	12	6
5	20	20	20	20	20	15	13	9	8	6
20	20	20	20	11	10	2	0	—	—	—
50	20	19	18	0	—	—	—	—	—	—

Опыты с дафниями. Испытуемую воду разливали по 100 мл в химические стаканы, затем в каждый стакан помещали по десять дафний с партеногенетическими яйцами. Вели наблюдения за выживаемостью и размножением взрослых дафний и их первого поколения, а также за выживаемостью второго поколения. Провели пять серий наблюдений. Результаты одной из серий опытов по влиянию формальдегида на выживаемость взрослых дафний проводятся в табл. 2, кривая прироста этих организмов изображена на рис. 1.

Проведенные исследования показывают, что формальдегид в воде в концентрациях 20 мг/л и выше оказывает токсическое влияние на

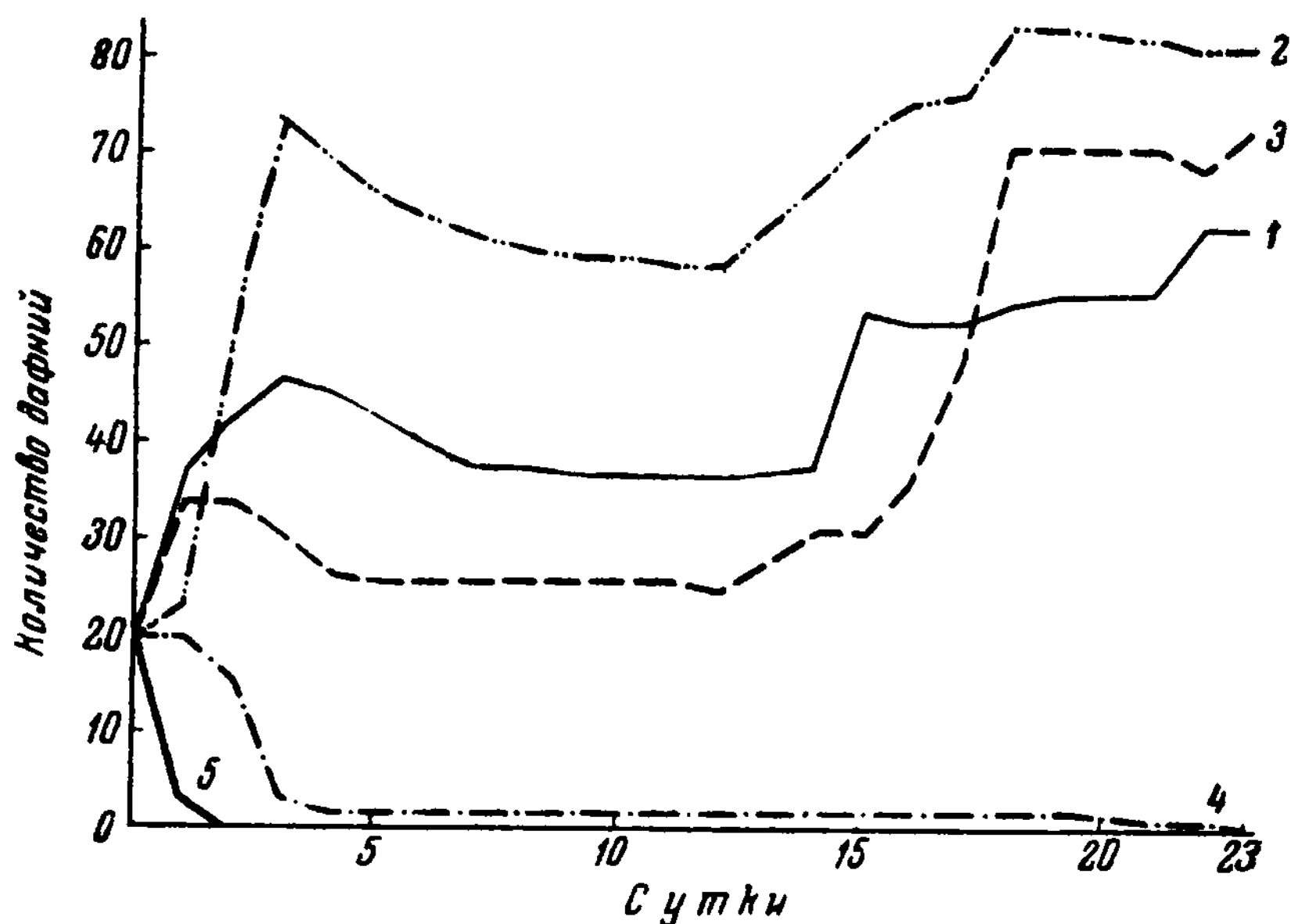


Рис. 1. Влияние формальдегида (мг/л) на дафний.

1 — контроль; 2 — 1,0; 3 — 5,0; 4 — 20,0; 5 — 50,0

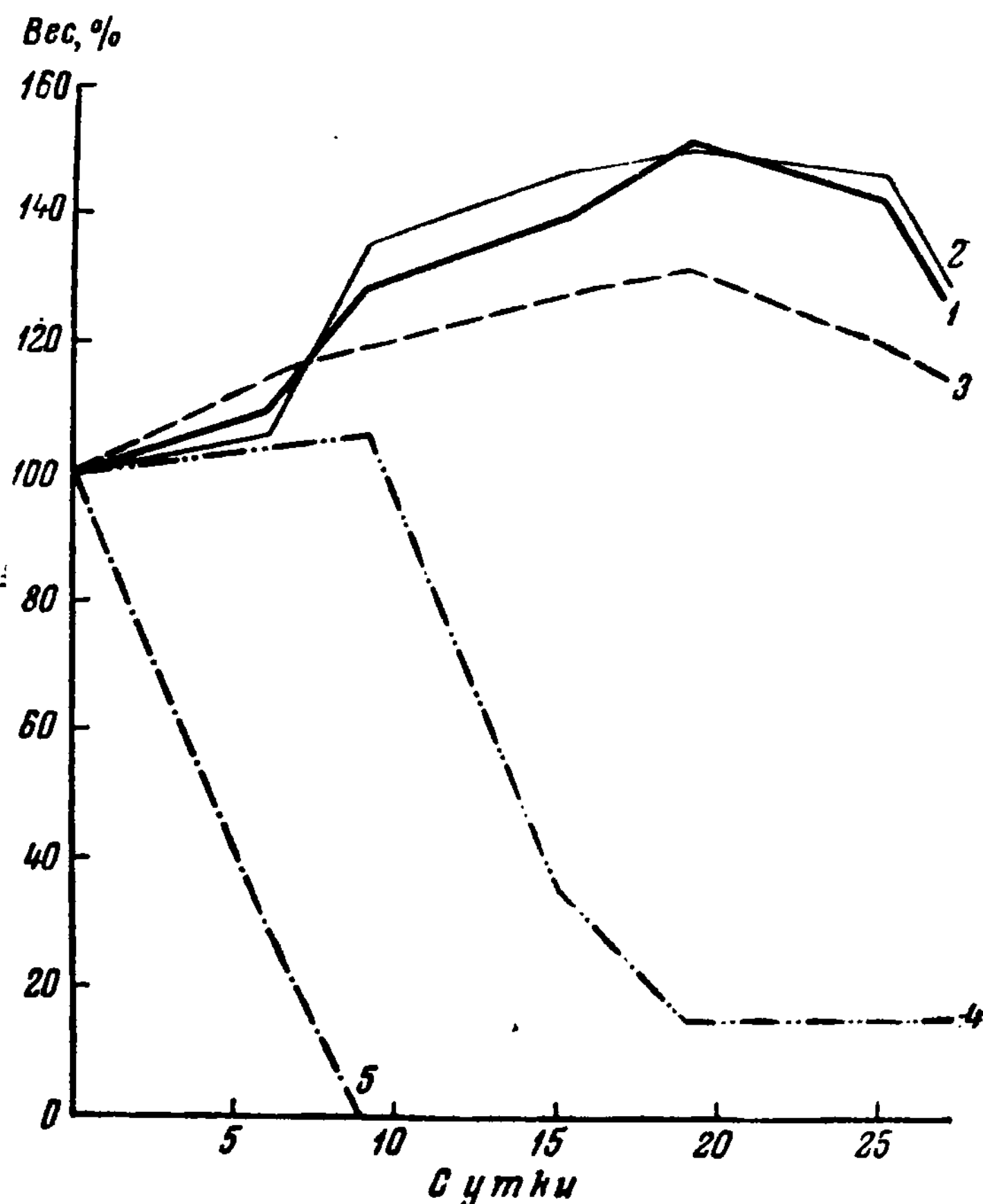


Рис. 2. Влияние формальдегида (мг/л) на роголистник

1 — контроль; 2 — 0,5; 3 — 1,0; 4 — 5,0; 5 — 20,0

выживаемость дафний. Однако и при концентрации 5 мг/л в первые дни отмечается более ускоренная, по сравнению с контролем, гибель взрослых особей и некоторое отставание в количественном приросте организмов. При концентрации формальдегида 1 мг/л отмечается повышенный, по сравнению с контролем, прирост численности дафний.

Опыты с роголистником. Воду с различными концентрациями формальдегида наливали по 200 мл в химические стаканы, в которые затем погружали веточки роголистника, по возможности одинаковой величины и внешнего вида. О влиянии формальдегида судили по изменению внешнего вида и веса растений, для чего перед опытом, а затем через определенные промежутки времени в течение опыта каждое растение взвешивали.

Результаты одной из серий опытов, показывающие изменения веса растений (в % к исходному) при различных концентрациях формальдегида в воде, приводятся на рис. 2.

Как видно, вредное действие формальдегида на роголистник проявляется при концентрации 5 мг/л и выше. Однако слабое неблагоприятное влияние можно отметить уже при концентрации 1 мг/л.

Опыты с протококковой водорослью. Воду с протококковой водорослью разливали по 50 мл в плоскодонные колбы, затем в каждую колбу добавляли формальдегид с таким расчетом, чтобы в воде создавались концентрации от 5 до 50 мг/л. Колбы плотно закрывали ватными пробками и оставляли для наблюдения на столе. Проводили макроскопические наблюдения за изменением интенсивности окраски содержимого колб, а затем в определенные сроки от начала опыта производили количественный учет клеток водоросли под микроскопом. Было проведено три серии опытов.

Результаты двух серий опытов приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Влияние формальдегида на протококковую водоросль

Концентрация формальдегида, мг/л	Количество клеток водоросли				
	исходное в 1 мм ³	на 18-е сутки		на 46-е сутки	
		абсолютное в 1 мм ³	в % к исходному	абсолютное в 1 мм ³	в % к исход- ному

Вторая серия опытов

Контроль	1887	2656	140,7	3289	174,3
1	1887	3844	203,7	4383	232,2
5	1887	1140	60,4	734	38,8
20	1887	1679	88,9	317	16,8
50	1887	1288	68,2	344	18,2

Третья серия опытов

Контроль	1719	3164	184,0	3304	192,2
1	1719	3084	179,4	3429	199,4
5	1719	937	54,5	976	56,8
20	1719	1552	90,8	63	3,6

Как видно, формальдегид оказывает вредное влияние на протококковую водоросль в концентрациях 5 мг/л и выше.

Таким образом, в результате проведенной экспериментальной работы можно сказать, что при попадании в водоем формальдегид может оказывать неблагоприятное воздействие на рыб и роголистник в концентрации 1 мг/л, на дафний и протококковую водоросль в концентрации 5 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

- Кононова Е. Ф. 1952. Предприятия химико-фармацевтической промышленности. В кн. «Производственные сточные воды», вып. 3. М., Медгиз.
- Штуковская Л. А. 1935. Количественное определение специфических загрязнений и свойств промышленных сточных вод. М., Изд-во Ин-та ВОДГЕО.
- Gellman L. a. Hewkelekian H. 1950. Biological oxidation of formaldehyde sewage and industrial wastes. *Sevage and Industrial wachted* 22, N 10.
- Waldmeyer T. 1952. Treatment of formaldehyde wastes by activated sluge methods. *The surveyor*, vol. CXI, N 3149.
-

С. Г. ЛЕПНЕВА

К ИЗУЧЕНИЮ ПОТАМОБИОНТОВ АМУРА.
КУКОЛКИ MACRONEMATINAE (TRICHOPTERA,
HYDROPSYCHIDAE)

(Зоологический институт АН СССР)

По течению Амура и многих других рек его бассейна широко распространены крупные ручейники из подсемейства *Macronematinae*, относящиеся к наиболее характерным потамобионтам этой речной системы. В Амуре известны три вида *Macronematinae*: *Macronema radiatum* McL., *Aethaloptera rossica* Mart. и *Amphipsyche proluta* McL.; в бассейне Енисея и верхней Оби — два первых, а в верхнем Иртыше только *Aethaloptera rossica*. В период вылета эти крупные ярко окрашенные насекомые массами появляются над водой.

Личинки названных видов *Macronematinae* описаны С. Г. Лепневой (1947), упомянувшей и о домиках куколок *Macronema radiatum* и *Amphipsyche proluta*. Места жизни *Macronematinae* Амура и их роль в питании рыб описаны О. А. Ключаревой (1952). На основе довольно большого материала условия обитания, распространение и отчасти количественное развитие *Macronema radiatum* и *Aethaloptera rossica* в Енисее освещались С. Г. Лепневой (1948) и В. Н. Грезе (1957), в Оби — С. Г. Лепневой (1930).

Куколки *Macronematinae* в сборах гидробиологов и ихтиологов встречаются значительно реже, чем личинки. В коллекциях Зоологического института АН СССР наиболее крупные серии куколок *Macronema radiatum* и *Amphipsyche proluta* из Амура представлены в сборах В. К. Солдатова (1910 и 1912 гг.).

Macronema radiatum McLachlan, куколка.

Длина 13—14 мм. Усики длиннее тела, обвернутые кругом его заднего конца. На голове, спереди, в пределах лобного щитка крепкие прямые золотисто-бурые щетинки, на концах крючковидно-изогнутые. Наличник буроватый, по сторонам семь-восемь тонких коротких желтоватых щетинок. Верхняя губа (рис. 1, а) маленькая, светлая слабо склеротизированная, подогнутая вниз, с тонкими, короткими щетинками: три первичных по сторонам, вблизи переднего края, три назад, в медиальном районе, вместе с одной-двумя небольшими вторичными. Жвалы (рис. 1, б, в) бурые, сверху несколько вогнутые, снизу выпуклые, в дистальном разделе на конце заостренные, со стороны лезвия мелкопильчатые; на правой жвале два зуба, на левой четыре, из них один крупный; расширенное основание жвалы и примыкающей части дистального раздела снаружи с группой коротких буровато-желтых щетинок; две первичные щетинки крупнее прочих.

Крыловые чехлы до V—VI сегмента брюшка, задние ноги до VIII; плавательные волоски средних ног густые на первом-третьем члениках, лапки с дорзальной стороны длиннее, чем с вентральной (рис. 1, г).

Брюшные жабы плеиральные и вентральные у заднего края сегментов. Плеиральные жабы на II—VII сегментах крупные, у основания конусовидные, на вершине конуса переходящие в стиль обычной

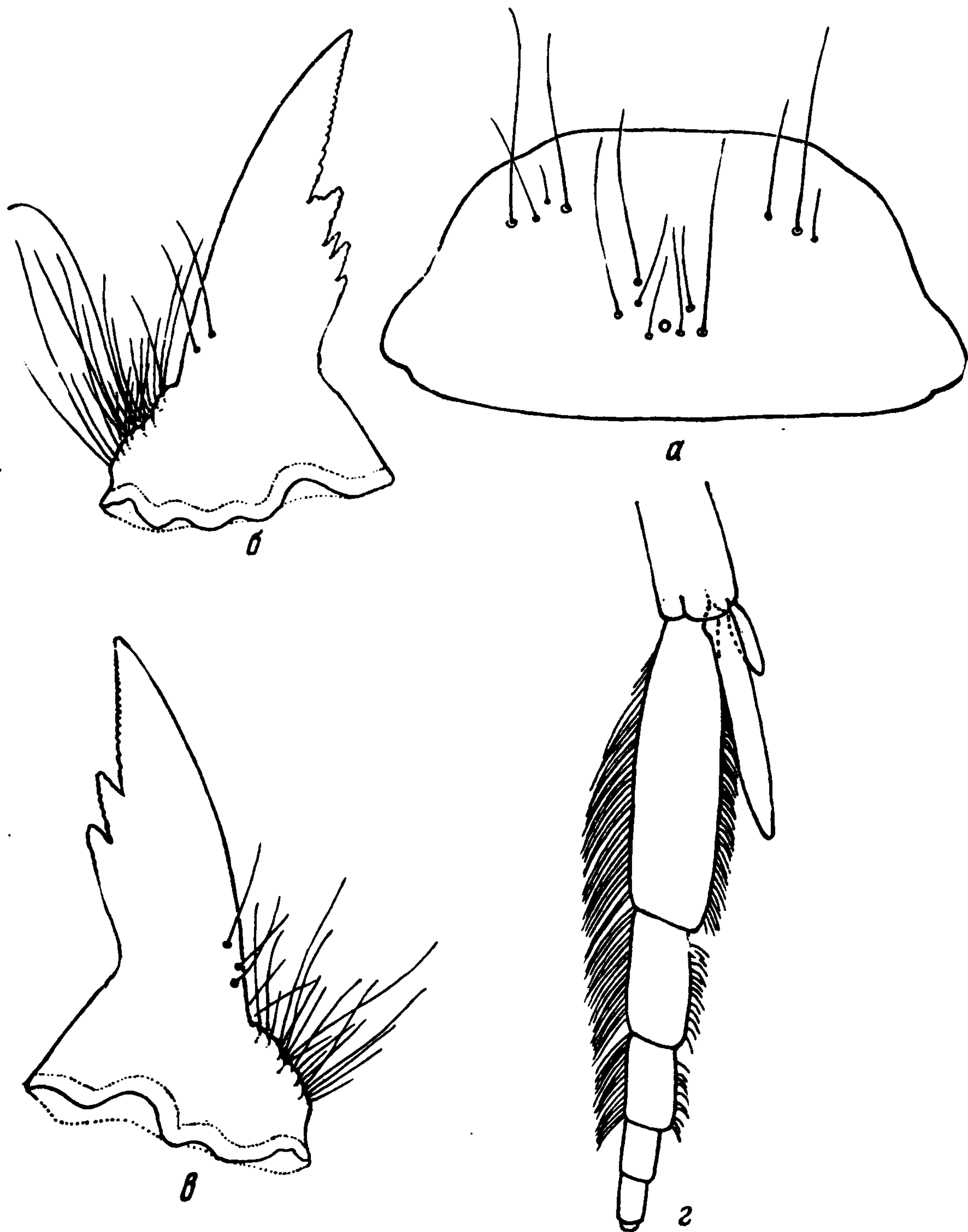


Рис. 1. *Macroneura radiatum* McL., куколка:

а — верхняя губа; б — верхняя левая челюсть; в — верхняя правая челюсть;
г — лапка плавательной (средней) ноги (Оригин.)

ветвистой жабы; число нитей: II 32, III 27—29, IV 23—24, V 20—22, VI 20—21, VII 18. Вентральные жабы на II сегменте из трех стилей, на III—V из двух, на VI—VII из одного; основания каждой двух медиальных стилей тесно сближенные. Число нитей вентральных жабр: II 20+24+17; III 21+19; IV 25+17; V 24+17; VI 20; VII 17.

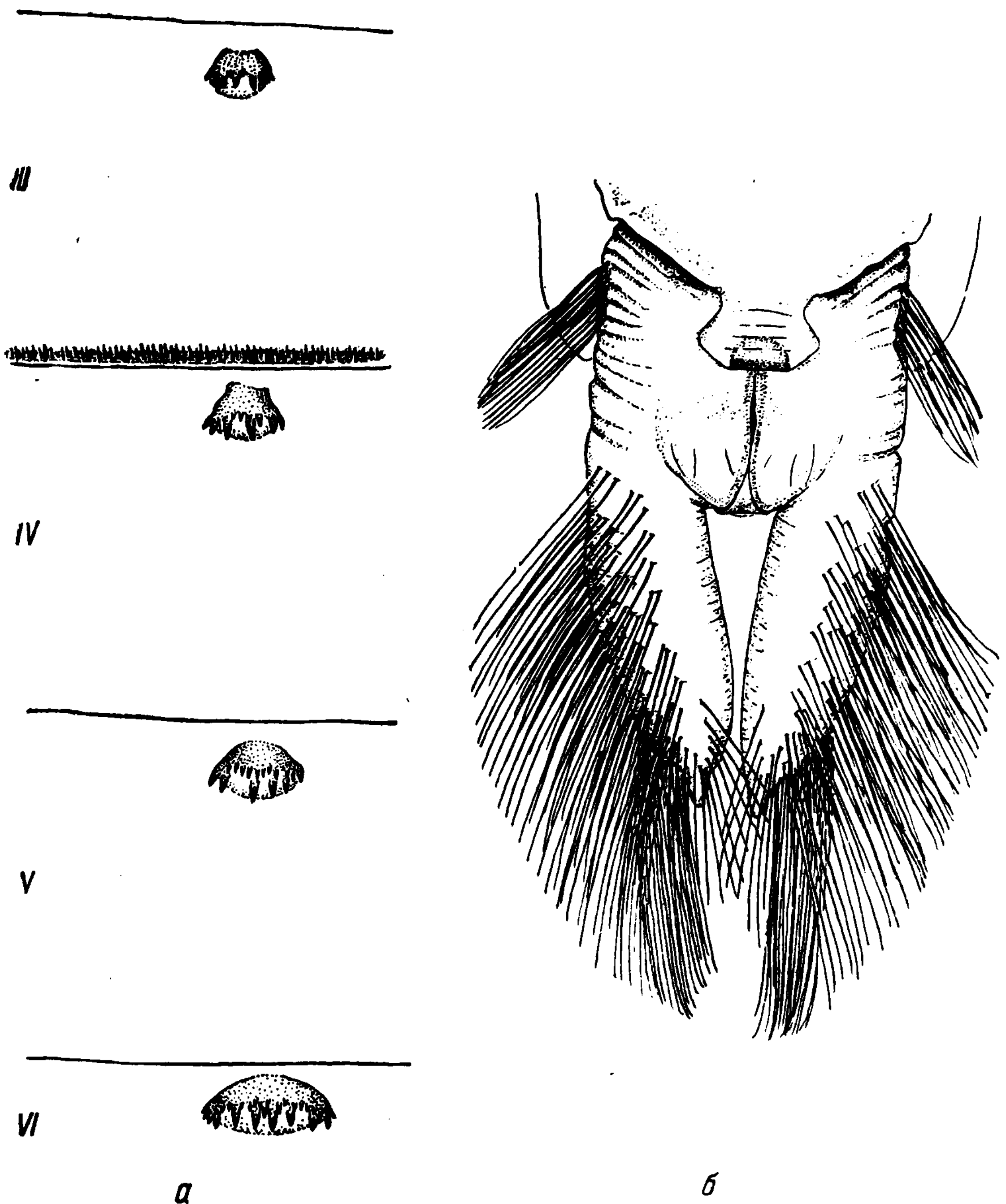


Рис. 2. *Macropoma radiatum* McL., куколка.
 а — щитки и шипики прицепного аппарата III—VI сегментов брюшка
 б — анальные придатки самца (Оригин.)

Прицепной аппарат пресегментально (рис. 2, а) на III—VIII сегментах, постсегментально на III; зубчики крупные и мелкие; число зубчиков пресегментальных пластинок дано на табл. 1.

Таблица 1

Число зубчиков пресегментальных пластинок

Сегмент	III	IV	V	VI	VII	VIII
Зубчики крупные . . .	3—4	4—5	4—5	4—6	3—5	3—4
Зубчики мелкие . . .	3—4	5—6	5—6	8—10	8—10	6—8

Пресегментальные пластинки V—VII сегментов крупнее прочих: постсегментально у заднего края III сегмента на тоненьких узких пластинках поперечные ряды очень мелких шипиков, простирающиеся почти во всю ширину каждой половинки сегмента; шипик имеет форму маленькой прямой шпильки.

IX сегмент с параллельными боковыми сторонами; у основания по сторонам по 18—20 тонких сероватых щетинок. Анальные придатки широкие, на конце сосочковидно суженные (рис. 2, б); снаружи и отчасти вентрально крепкие, золотисто-бурые щетинки, на концах тонкие, крючковидно изогнутые. Чехлы нижних придатков гениталий самца прямые, чехол пениса короткий, широкий.

Домик куколки различной формы, в зависимости от условий окукления; в случае единичного окукления домик имеет вид трубки, слегка изогнутой, прикрепленной к субстрату краями стенок переднего конца трубки, который изнутри закрывается сделанной из одного слоя песчинок выпуклой крышечкой; задний конец трубки округлый; если трубка вентральной стороной примыкает к твердому субстрату или к трубке другой куколки, в месте соприкосновения стенка не строится, здесь остается вентральная щель большего или меньшего размера; передний и задний края щели на некотором расстоянии от переднего и заднего конца трубки, так что домик куколки всегда спереди и сзади трубковидный.

Домик куколки различной формы, в зависимости от условий окукления; в случае единичного окукления домик имеет вид трубки, слегка изогнутой, прикрепленной к субстрату краями стенок переднего конца трубки, который изнутри закрывается сделанной из одного слоя песчинок выпуклой крышечкой; задний конец трубки округлый; если трубка вентральной стороной примыкает к твердому субстрату или к трубке другой куколки, в месте соприкосновения стенка не строится, здесь остается вентральная щель большего или меньшего размера; передний и задний края щели на некотором расстоянии от переднего и заднего конца трубки, так что домик куколки всегда спереди и сзади трубковидный.

Amphipsyche proluta
McLachlan, куколка.

Рис. 3. *Amphipsyche proluta*
McL., куколка, самец

Длина куколки 8,5—9,0 мм; тело, как и домик, в вентральную сторону несколько изогнутое (рис. 3). Усики светлые, значительно длиннее тела, с крупными члениками, концы усиков обвернуты кругом последних сегментов брюшка три с половиной раза. Глаза большие. Между глазами на лбу длинные прямые щетинки, на концах крючковидно-изогнутые. Наличник по сторонам с семью-восемью тонкими короткими светлыми щетинками; верхняя губа небольшая, короткая, буроватая, спереди и по бокам плавно округлая; на поверхности, несколько отступя от края, по сторонам от медиальной линии по три-четыре очень маленьких щетинки. Верхние челюсти (рис. 4, а) бурые, перехват на границе дистального и базального разделов глубже, чем у *Macropeta*. Зубы жвал без пильчатости; на левой жвале, кроме конечного, два крупных зуба и два маленьких, на правой два крупных и один (базальный) меньших размеров: крупные наружные щетинки в базальном разделе, в дистальном лишь редкие, мелкие, светлые; среди коротких светлых вторичных щетинок несколько удлиненных буроватых; обе первичные щетинки длиннее остальных.

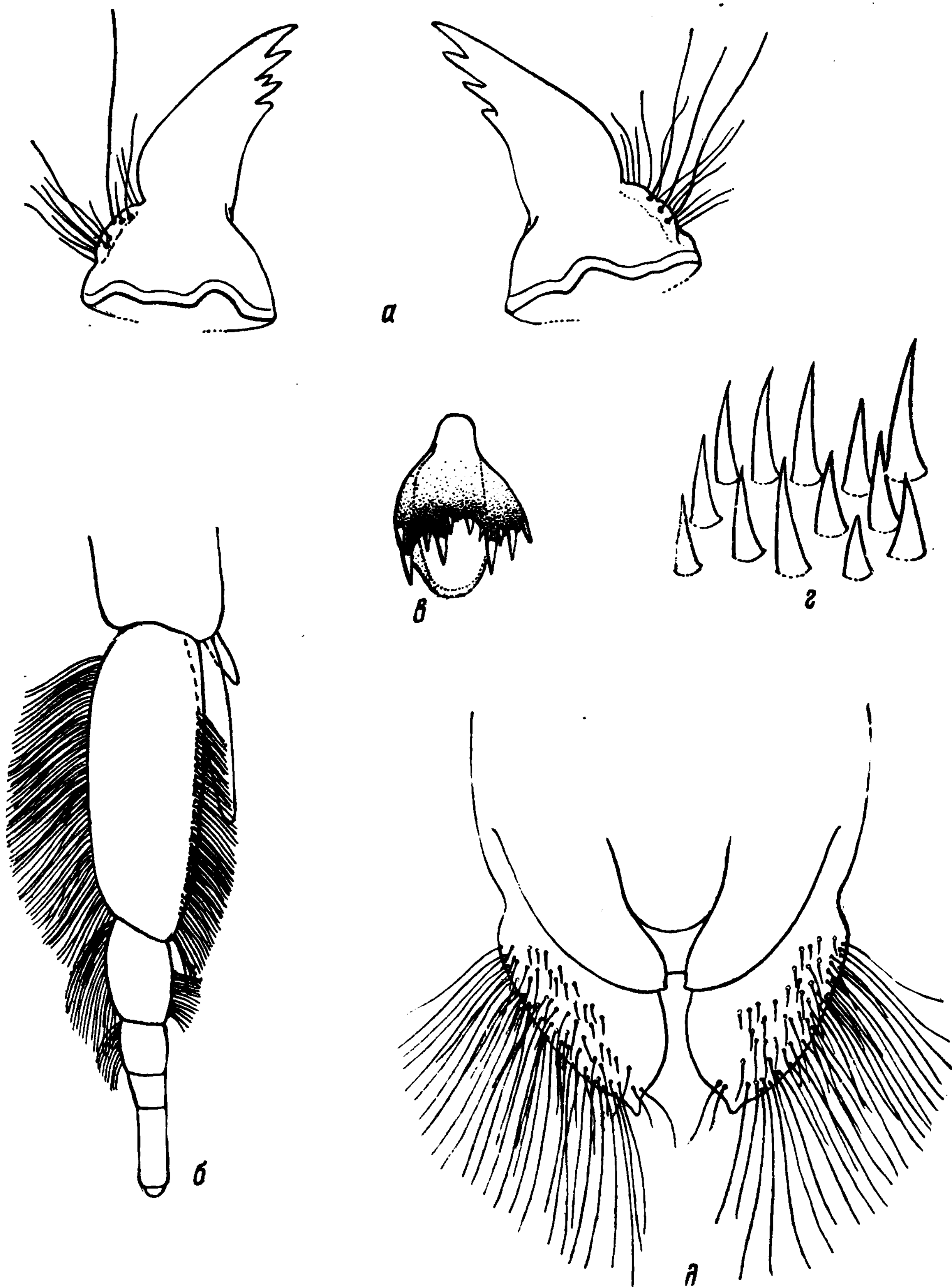


Рис. 4. *Amphipsyche proluta* McI., куколка.

а — верхние челюсти дорсально; б — лапка плавательной (средней) ноги; в — пресегментарный отдел прикрепного аппарата; г — шипики из постсегментарного ряда III сегмента; д — анальные придатки самца (Орнви.)

Передние крылья до конца V сегмента, задние короче; задние ноги до конца тела. Первый членик лапки средней ноги удлинённый, широкий, по длине равный четырем прочим; плавательные щетинки на первом и втором члениках и в небольшом количестве, только дорзально, на третьем (рис. 4, б).

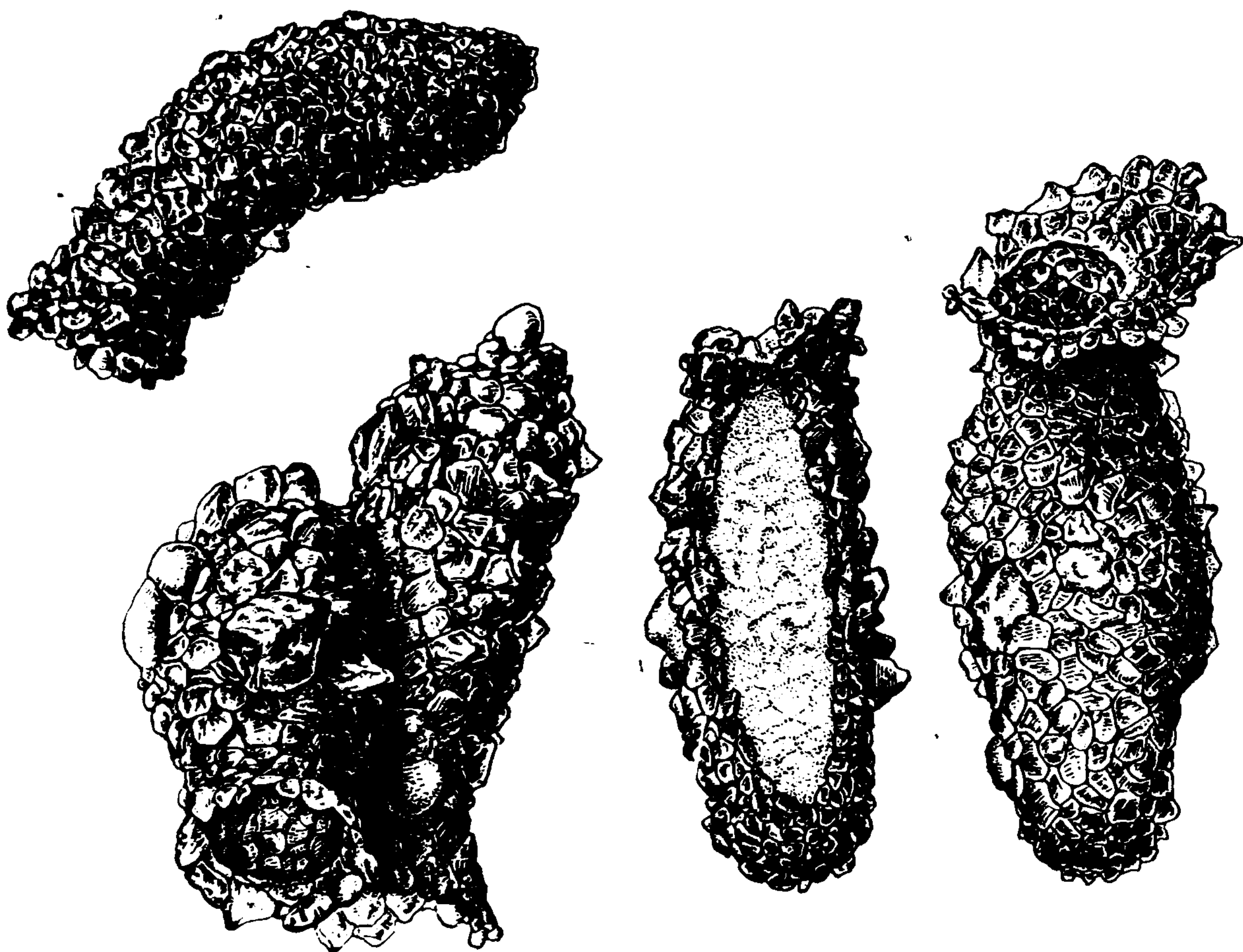


Рис. 5. *Amphipsyche proluta* McL. Домики куколки (Оригин)

Пресегментальные пластинки (рис. 4, в) на III—VIII сегментах неправильно треугольной формы, на V—VII сегментах крупнее, чем на прочих; зубцы крупные и мелкие, общее число зубцов: III 16—19; IV 22—23; V 17—19; VI 19—20; VII 18—19; VIII 10—11. У заднего края III сегмента ряды мелких обращенных вперед шипиков (65—67), расположенных в беспорядке в два-три ряда в виде поперечной полоски, более широкой, чем у *Macropeta* (рис. 4, г).

Жабры на II—VIII сегментах, с каждой стороны в одном плейральном и в двух вентральных рядах — боковом и медиальном; плейральные жабры состоят из направленного назад конусовидного основания с удлиненной жаберной ветвью на вершине, в дорзальную сторону изогнутой; медиовентральные жабры и боковая вентральная II сегмента из двух стилей, прочие из одного; жаберные нити на стилиях длинные, с одной или с двумя перетяжками, как бы с неясной членистостью. Расположение жабр и число жаберных нитей видно на табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Расположение жабр и число жаберных нитей

Сегмент	Плеуральные	Вентральные	
		боковые	медиальные
II	23	15+12	18+14
III	24	13	18+14
IV	21	13	10+11
V	17	14	12+10
VI	14	15	12+10
VII	15	14	12+10
VIII	15	15	—

Анальные лопасти (рис. 4, б) короткие, широкие, изогнутые в дорзальную сторону, на конце сосочковидно суженные, снаружи с многочисленными прямыми крепкими золотистыми щетинками, большинство которых дистально крючковидно-изогнутые. Гениталии самца в виде двух скобовидно изогнутых нижних придатков и чехла пениса между ними.

Домик (рис. 5) куколки, расположенной изолированно, представляет настоящую несколько изогнутую трубку без вентральной щели, прикрепленную к субстрату передним концом, свободный задний конец трубки округлый, несколько расширенный; спереди, вблизи места прикрепления, трубка домика кувшинковидно суженная; в этом месте домика помещается выпуклая передняя крышечка, мозаично построенная из одного слоя песчинок, прикрывающая обращенную к субстрату голову личинки. Домики куколок встречаются массами, тесно примыкая друг к другу, приобретая при этом искаженную форму; в таких случаях в домиках могут быть щели, в естественном состоянии закрытые стенками соседних построек.

Куколка *Amphipsyche proluta* Mart. во многом сходна с куколкой индийского вида *Am. indica* Mart. (Hafiz, 1937); от куколки *Am. meridiana* Ulmer, вида с иной экологией, ставшего известным из потоков и прибойной зоны озер островов Суматры и Явы (Ulmer, 1957) куколка амурского вида отличается отсутствием зубчатости жвал, более обильным опушением плавательных ног, формой анальных придатков и устройством домика.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Г р е з е В. Н. 1957. Кормовые ресурсы рыб реки Енисея и их использование. Изв. Всес. н.-и. ин-та оз. и реч. рыбн. хоз., т. 41.
- К л ю ч а р е в а О. А. 1952. Личинки ручейников (Trichoptera) бассейна Амура и их роль в питании рыб. Тр. Амур. ихтиол. экспед. 1945—1949, т. III.
- Л е п н е в а С. Г. 1930. К изучению донной фауны верхней Оби. Зап. Гос. гидр. инст., т. 3.
- Л е п н е в а С. Г. 1947. Личинки ручейников подсемейства Macronematinae (Trichoptera, Hydropsychidae) СССР. Энтوم. обозр., т. XXIX, № 3—4.
- Л е п н е в а С. Г. 1948. Личинки ручейников бассейна Енисея. Изв. Биол.-географ. н.-и. ин-та при Иркутск. Гос. Унив., т. X, в. 2.
- Н а ф и з, Н. 1937. Notes on the larva and pupa of *Amphipsyche indica* Martynov. Rec. Ind. Mus., v. XXXIX, p. II.
- U l m e r G. 1957. Köcherfliegen (Thichopteren) von den Sunda Inseln, Teil III. Arch. f. Hydrob., Supl. B. XXIII.

БИОЛОГИЯ МОРЯ**А. И. ИВАНОВ****ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА
И КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ***(Одесская биологическая станция Института гидробиологии АН УССР)*

Северо-западную часть по праву можно назвать житницей Черного моря. Крупные реки (Дунай, Днепр, Южный Буг и Днестр), обеспечивающие большой приток пресных вод и минеральных солей, лиманы и заливы, мелководье и другие гидрологические особенности создают благоприятные условия для обильного развития в этой части Черного моря фитопланктона и других звеньев пищевой цепи в море, заканчивающейся рыбами и морскими млекопитающими.

Северо-западная часть является одним из наиболее важных рыбопромысловых районов Черного моря. Вполне понятен тот научный и практический интерес, который имеет изучение биологии этой части моря. Следует также учесть, что именно здесь, в северо-западной части, скажутся в первую очередь изменения гидрологического и гидробиологического режимов Черного моря, вызванные гидростроительством на Днепре и других крупных реках, впадающих в Черное море.

Изучение фитопланктона северо-западной части Черного моря проводится на Одесской биологической станции Института гидробиологии Академии наук УССР с 1954 г. в комплексе с исследованием зоопланктона, ихтиопланктона, зообентоса и определением биохимического состава морских организмов. При этом особое внимание уделяется приустьевым акваториям, которые являются наиболее продуктивными и специфичными районами Черного моря (Виноградов, 1956, 1958).

Пробы фитопланктона, послужившие материалом для настоящей статьи, собирали во время рейсов экспедиционного судна Института гидробиологии АН УССР «Академик Зернов» в северо-западной части Черного моря, в 1954—1956 гг. Для количественного учета фитопланктонных организмов пробы воды отбирали со стандартных горизонтов батометрами Нансена. Дальнейшая обработка их производилась большей частью осадочным методом. Кроме того, для определения качественного состава фитопланктона послужили пробы, взятые сетью Джеди. Наряду с батометрами и планктонными сетями, при сборе проб фитопланктона применяли также мембранные фильтры (Усачев, 1936). Метод Усачева обладает некоторыми преимуществами, особенно, если планктон беден и представлен мелкими формами. Можно профильтровать достаточное количество воды и уловить те формы, которые пропускаются планктонными сетями и редко попадают в осадочные пробы. Всего было обработано 439 количественных и 364 качественных проб фитопланктона.

В северо-западной части Черного моря часто наблюдается массовое развитие фитопланктонных организмов, вызывающее «цветение» воды. Как известно, характер влияния организмов фитопланктона на промысловые скопления рыб при условии массового развития фитопланктона может быть как положительным, когда фитопланктон служит пищей зоопланктону и молоди рыб, так и отрицательным, когда рыба уходит из районов, охваченных «цветением» (Мантейфель, 1941). Для более точного определения границ «цветения» воды в приустьевых районах северо-западной части Черного моря, а также для выяснения связей по количественному распределению фитопланктона с распределением рыбы, на Одесской биологической станции проводили аэронаблюдения (Иванов, 1956).

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Качественный состав фитопланктона северо-западной части Черного моря изучали В. Лебедев (1916), П. И. Усачев (1928, 1947), Б. Н. Аксентьев (1926, 1930), А. И. Прошкина-Лавренко (1953, 1955, 1955а), А. И. Иванов (1957, 1957а).

За время исследований с 1954 по 1956 г. включительно в планктоне северо-западной части Черного моря мы обнаружили 347 видов и разновидностей водорослей. Наиболее богатой в качественном отношении оказалась группа *Diatomeae* (157 видов и 27 разновидностей). Меньшим количеством видов и разновидностей были представлены *Dinoflagellatae* (54 вида и 3 разновидности), *Protococcaceae* (39 видов 14 разновидностей), *Cyanophyceae* (23 вида и 2 разновидности), *Euglenaceae* (10 видов), *Vollocaceae* (5 видов), *Silicoflagellatae* (3 вида и 1 разновидность), *Coccolithineae* (3 вида), *Chrysomonadineae* (2 вида), *Heterocontae* (1 вид), *Tetrasporinae* (1 вид), *Ulotrichineae* (1 вид), *Desmidiales* (1 вид).

Своеобразный режим северо-западной части Черного моря накладывает яркий отпечаток на качественный состав, распределение и количественное развитие фитопланктона. Характерной особенностью его является большое число видов водорослей пресных (121 вид, 21 разновидность) и солоноватых вод (35 видов и 10 разновидностей), а также водорослей, свойственных бентосу и обрастаниям (36 видов и 10 разновидностей) (рис. 1).

Несмотря на большую динамичность гидрологического режима и, следовательно, динамичность распределения планктонных организмов, в северо-западной части Черного моря по составу фитопланктона можно выделить следующие районы: 1) приустьевые акватории; 2) акватории заливов; 3) собственно северо-западную часть (рис. 2). Границы указанных районов непостоянны. Они зависят от направления ветров и течений, величины стока рек, сезона года и других причин.

В планктоне приустьевых акваторий, к которым относятся редко смыкающиеся между собой Придунайский, Приднестровский и Приднестровско-Бугский районы, встречается наибольшее количество пресноводных водорослей (см. рис. 1). Самыми распространенными водорослями в Приднестровско-Бугском районе были: *Aphanizomenon flos-aquae* и виды родов *Anabaena*, *Microcystis*, *Merismopedia*, вызывавших здесь летнее и раннеосеннее «цветение» воды, а также *Chaetoceros heterovalvatus*, *Ch. Wighamii*, *Diatoma elongatum*, *D. vulgare*, *Melosira*

granulata, *Thalassiosira subsalina*, *Th. parva* и большое количество видов из группы протококковых водорослей.

В Придунайском районе синезеленые водоросли встречаются редко. Меньшим количеством видов, чем в Приднепровско-Бугском районе, здесь были представлены и протококковые водоросли. Из диатомовых, наряду с *Diatoma elongatum*, *D. vulgare* и *Ch. Wignamii* в значительно большем количестве, чем в Приднепровско-Бугском районе, встречался

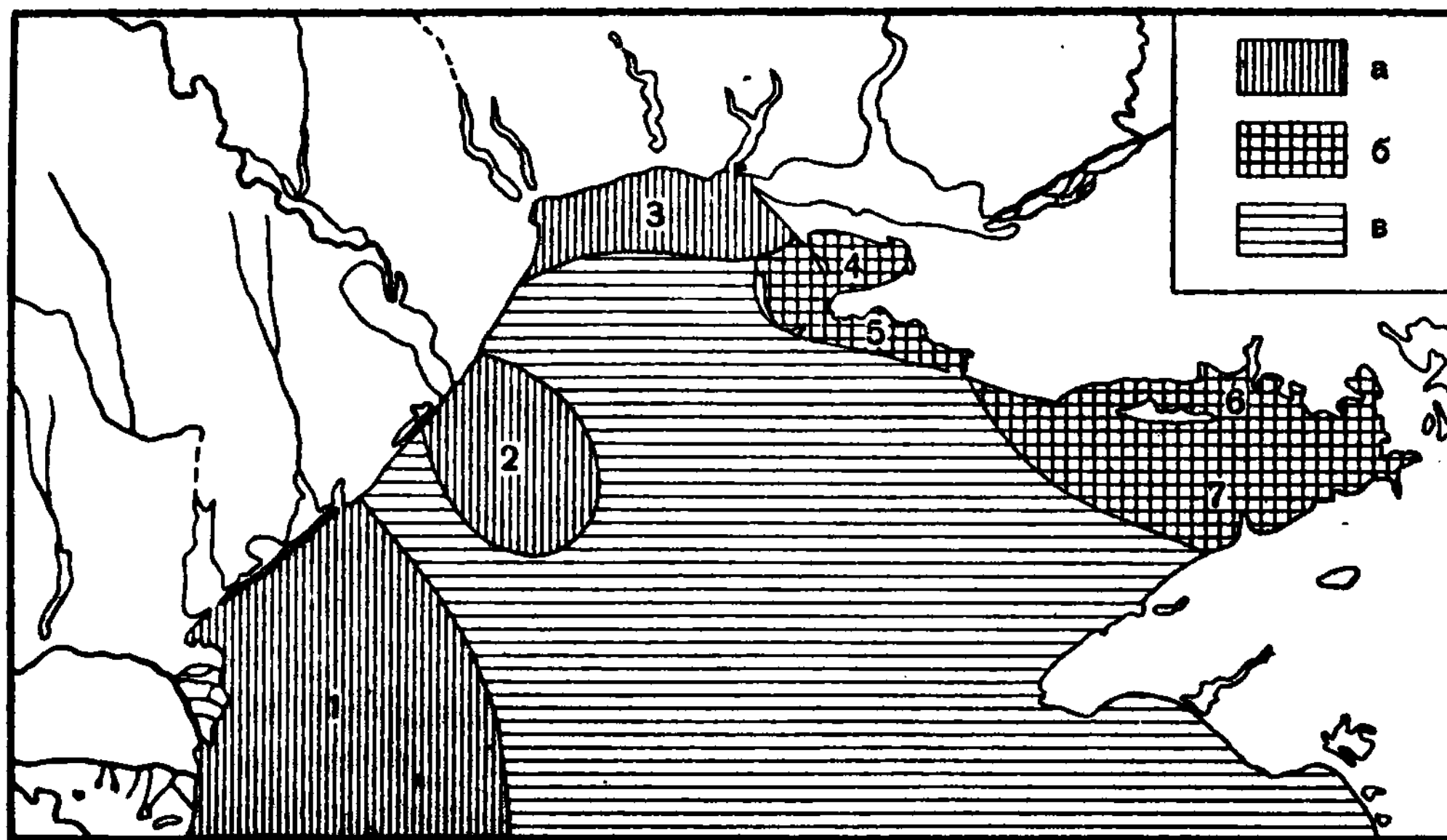


Рис. 1. Районирование северо-западной части Черного моря по составу фитопланктона

А — приустьевые районы (1 — Придунайский; 2 — Приднестровский; 3 — Приднепровско-Бугский); Б — заливы (4 — Егорлыцкий, 5 — Тендровский, 6 — Жарылгачский, 7 — Каркинитский); В — собственно северо-западная часть

Chaetoceros Logencianus и в меньшем количестве *Ch. heterovalvatus*, *Thalassiosira parva* и *Th. subsalina*.

Фитопланктон Приднестровского района напоминает по своему качественному составу несколько обедненный планктон Придунайского района. Кроме перечисленных видов, в планктоне всех трех опресненных районов встречались водоросли, характерные как для северо-западной, так и для других частей Черного моря.

Наряду со сходными чертами, связанными с опреснением, повышенным содержанием минеральных солей и другими гидрологическими и гидрохимическими условиями, фитопланктон каждого из приустьевых районов имеет в то же время и существенные различия, которые заключаются в следующем. В Приднепровско-Бугском районе часто наблюдается «цветение» воды как морскими видами водорослей, так и солоноватоводными и пресноводными водорослями, выносимыми из Днепровско-Бугского лимана. Особенно характерно для этого района летнее и раннеосеннее «цветение» воды синезелеными водорослями. Реки Дунай и Днестр, несущие со своими водами огромное количество минеральных взвесей, имеют обедненный фитопланктон. Море у этих рек мало пополняется пресноводными водорослями. Большая мутность вод Дуная и Днестра служит препятствием для развития в них и в примыкающих к ним участках моря синезеленых водорослей, особенно чувствительных к механическому (Кордэ, 1941) и экранирующему

действию минеральных взвесей. В Придунайском и Приднестровском районах не приходилось наблюдать «цветение» воды синезелеными водорослями, которые при повышенной мутности воды осаждаются на дно (Иванов, 1957а).

Для мелководных заливов северо-западной части Черного моря, обильно заросших донными водорослями и цветковыми растениями, характерно присутствие в планктоне большого количества видов водорослей (около 31% видового состава фитопланктона этих заливов), свойственных бентосу и обрастаниям. Видовой состав истинно-планктонных организмов в заливах мало отличается от открытых участков моря, однако количественное развитие отдельных видов различно. В заливах особенно обильно развивается *Chaetoceros abnormis*.

Фитопланктон третьего района — собственно северо-западной части — представлен в основном видами, характерными и для других районов Черного моря. Из их числа можно назвать *Chaetoceros socialis* f. *vernalis*., *Ch. socialis* f. *autumnalis*, *Cyclotella caspia*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschoides*, *Exuviaella cordata*, *Clenodinium pilula*, *Peridinium steinii*., *Ceratium fusus*, *C. furca*., *C. tripos*.

Вместе с перечисленными видами здесь встречаются в небольшом количестве водоросли, свойственные опресненным районам.

Фитопланктон северо-западной части имеет некоторые отличия от других районов Черного моря, которые заключаются в том, что, кроме большого количества пресноводных и солоноватоводных видов водорослей, здесь имеется ряд своих «собственных» видов. К числу последних можно отнести: *Chaetoceros abnormis*, *Ch. Wighamii*, *Ch. heterovalvatus*, *Ch. Lorenzianus*, *Coscinodiscus Granii*, *C. Jonesianus* var. *commutatus*., *Thalassiosira parva*, *Th. subsalina* и др.

В северо-западной части Черного моря в 1954—1956 гг. мы нашли водоросли, которые лишь сравнительно недавно были обнаружены Н. В. Морозовой-Водяницкой (1954) в других районах Черного моря, — *Dinohysis baltica*, *Gymnodinium splendens*, *Gyrodinium fusiformis*, *Nitzschia delicatissima*, *Rhabdosphaera hispida*., *Dictyocha fibula*, *Meringosphaera mediterranea*., *Eutreptia Lanovii*.

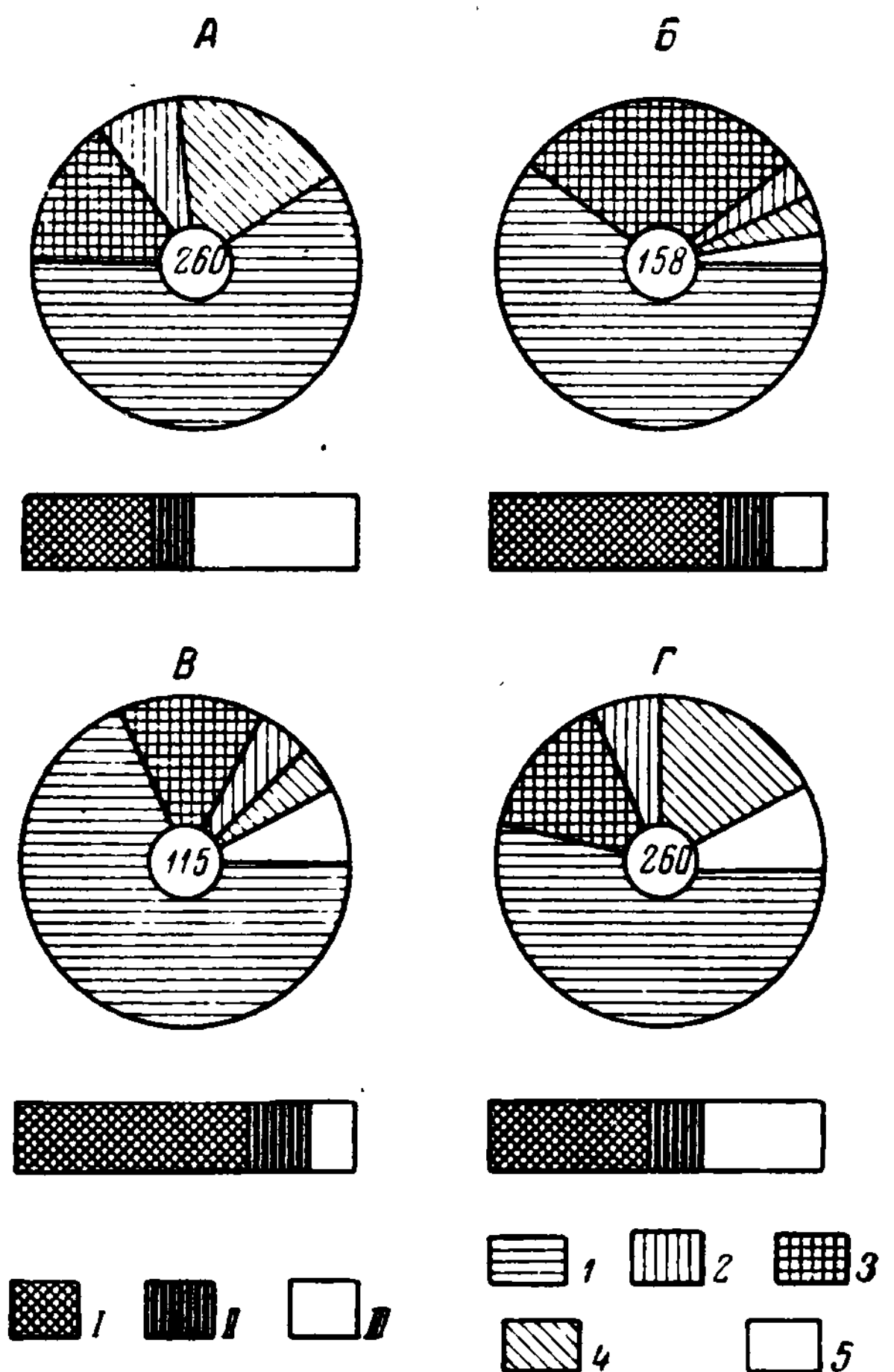


Рис. 2. Видовой состав фитопланктона северо-западной части Черного моря в вегетационный период 1954—1956 гг.

А — приустьевые районы; Б — собственно северо-западная часть; В — заливы; Г — вся северо-западная часть, I — морские виды; II — солоновато-водные, III — пресноводные; 1 — Diatomeae; 2 — Cyanophyceae; 3 — Dinoflagellatae; 4 — Protococcales; 5 — прочие группы водорослей. Цифры в центре — число видов

Кроме того, мы зарегистрировали пока не указанные для собственно Черного моря *Dinobryon pellucidum* и *Distephanus speculum* var. *oconarium*.

Интересно отметить следующее обстоятельство: *Gymnodinium splendens* и *Eutreptia Lanovii*, встречающиеся в Черном море в небольших количествах, в Шаболатском лимане вызвали «цветение» воды (И. И. Погребняк, 1952). В массовом количестве *Gymnodinium splendens* мы обнаружили в августе 1955 г. в Сухом лимане (возле Одессы). В том же году мы встречали *G. splendens* в Восточном Сиваше, а *Eutreptia Lanovii* в Молочном лимане.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОННЫХ ОРГАНИЗМОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Литературные данные о количественном развитии фитопланктонных организмов северо-западной части Черного моря, имеющиеся в работах П. И. Усачева (1928), Г. И. Коноплева (1937), А. И. Иванова (1956), являются, к сожалению, недостаточными, так как мало характеризуют приустьевые районы, наиболее продуктивные в Черном море.

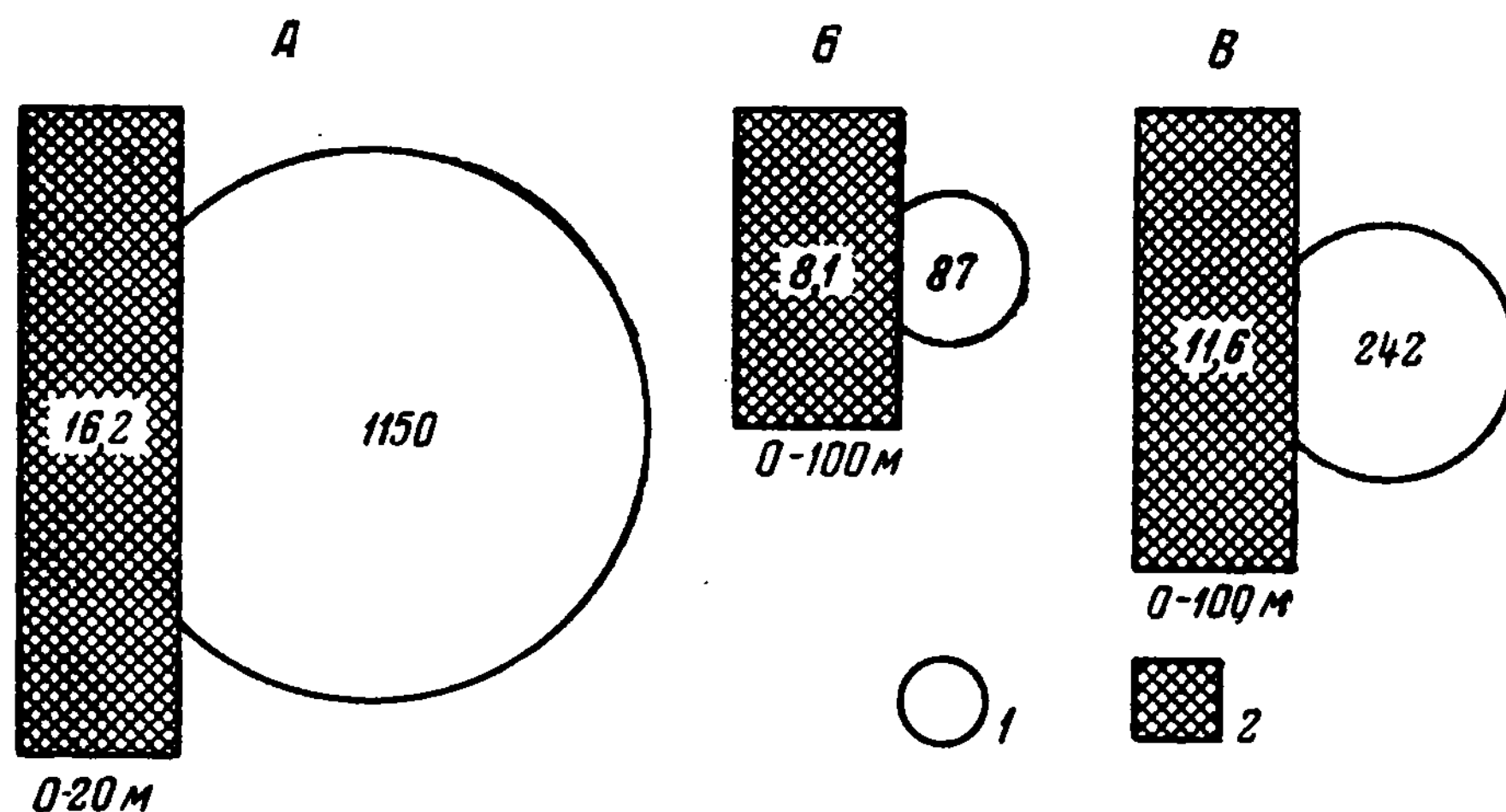


Рис. 3. Среднее количество фитопланктона за вегетационный период 1954—1956 гг. в различных частях Черного моря.

А — северо-западная часть; Б — западная часть; В — восточная часть;
1 — биомасса фитопланктона в мг/м³ в слое 0—25 м; 2 — количество фитопланктона в г под 1 м² моря

Показатели биомассы и численности фитопланктонных организмов в северо-западной части, в силу особенностей ее гидрологического режима, значительно выше, чем в других районах Черного моря (рис. 3). Средняя биомасса фитопланктона верхнего 25-метрового слоя воды в северо-западной части была равна в 1954—1956 гг. 1156 мг/м³, в западной части, по данным Г. К. Пицыка (1954), — 86 мг/м³, а в восточной части Черного моря, по данным Н. В. Морозовой-Водяницкой (1950), — 242 мг/м³. Средняя биомасса фитопланктона под 1 м² поверхности моря в северо-западной части составляла 16,2 г (для всего слоя воды), в западной части — 8,1 г (для стометрового слоя воды), в восточной части Черного моря — 11,6 г (для двухсотметрового слоя воды). Следует учесть, что глубины в северо-западной части Черного моря небольшие (на редких станциях они превышают 50 м).

Средняя биомасса фитопланктона в разные сезоны года и в разные годы имела значительные колебания (табл. 1).

Таблица 1

Биомасса фитопланктона в северо-западной части Черного моря в 1954—1956 гг.

Дата	Общая биомасса		Преобладающие виды водорослей
	г/м ³	г под 1 м ²	
1954			
Апрель . . .	0,2	4,8	<i>Chaetoceros socialis</i> f. <i>vernalis</i> , <i>Skeletonema costatum</i>
Июнь . . .	0,4	7,3	<i>Cyclotella caspia</i> , <i>Exuviaella cordata</i>
Август . . .	1,9	26,9	<i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>
Октябрь . .	0,4	4,3	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i>
1955			
Март . . .	2,5	40,4	<i>Thalassiosira parva</i> , <i>Th. subsalina</i> , <i>Cyclotella caspia</i>
Апрель . .	0,1	2,1	<i>Rhizosolenia alata</i>
Июль . . .	2,2	33,1	<i>Rh. calcar avis</i> , <i>Rh. fragilissiman</i> , <i>Cyclotella caspia</i>
Август . .	6,2	125,6	<i>Rhizosolenia calcar avis</i>
Октябрь . .	0,1	2,0	<i>Chaetoceros socialis</i> f. <i>autumnalis</i>
1956			
Апрель . .	0,7	13,0	<i>Ch. socialis</i> f. <i>vernalis</i>
Июнь . . .	0,6	6,8	Представители родов <i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i>
Июль . . .	0,7	9,3	<i>Chaetoceros</i> sp., <i>Cyclotella caspia</i> , <i>Rhizosolenia calcar avis</i>
Ноябрь . .	0,1	1,2	<i>Chaetoceros socialis</i> f. <i>autumnalis</i>

Наибольший удельный вес в общей биомассе фитопланктона имела группа *Diatomeae*, составившая 84% общей биомассы, второе место занимали *Dinoflagelatae* (10%), третье место — *Cyanophyceae* (5% общей биомассы) (рис. 4).

В количественном развитии фитопланктона наблюдается два максимума: ранневесенний и летний. Ранневесенний максимум вызывается бурным развитием диатомей *Chaetoceros socialis* f. *vernalis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subsalina*, *Th. parva*. При этом биомасса *Ch. socialis* f. *vernalis* достигает 1,7 г/м³, *Skeletonema costatum* 1,0 г/м³, *Thalassiosira subsalina* и *Th. parva* 18,7 г/м³. Летний максимум также вызывается диатомовыми водорослями (*Cyclotella caspia*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia calcar avis* и др.), а в некоторых районах моря ди-нефлагеллятами (*Exuviaella cordata* и *Prorocentrum micans*) или сине-зелеными водорослями (*Aphanizomenon flos-aquae*, видами родов *Microcystis*, *Anabaena* и др.). При летнем максимуме фитопланктона биомасса *Leptocylindrus danicus* достигает 7 г/м³, *Rhizosolenia calcar avis* — 22 г/м³, *Exuviaella cordata* — 3,1 г/м³, *Prorocentrum micans* — 7,8 г/м³, *Aphanizomenon flos-aquae* — 1,1 г/м³, *Microcystis* — 1,7 г/м³.

В отношении вертикального распределения фитопланктона можно отметить следующее. Наибольшая биомасса, а также численность фитопланктона в северо-западной части Черного моря наблюдались обычно в поверхностном слое воды. В некоторых случаях, например в апреле 1954 г., более богатым был фитопланктон в придонных слоях. Такое распределение фитопланктона могло быть связано с общим опусканием зоны массового развития фитопланктона в конце

весеннего «цветения» воды (П. П. Ширшов, 1937). Увеличение биомассы и численности фитопланктона у дна наблюдалось и вблизи устьев Дуная и Днестровского лимана, что можно, по-видимому, объяснить оседанием фитопланктона под влиянием повышенной мутности дунайских и днестровских вод.

На ночных станциях резкого изменения в распределении фитопланктона, по сравнению с дневными, не наблюдалось. В поверхностном слое воды, правда, его количество несколько уменьшалось, очевидно за счет выедания зоопланктоном. В районе филофорового поля в придонных пробах, взятых над скоплениями филофоры, фитопланктон был очень беден (здесь были обнаружены лишь единичные особи мелких динофлагеллят).

В северо-западной части Черного моря выделяются три района наиболее интенсивного количественного развития фитопланктона: Приднепровско-Бугский, Приднестровский и Придунайский. Именно здесь, в районах гидрологических фронтов вблизи «стыка» морских вод с опресненными, наиболее часто наблюдается «цветение» воды. В Приднепровско-Бугском районе это «цветение», повторяем, вызывается

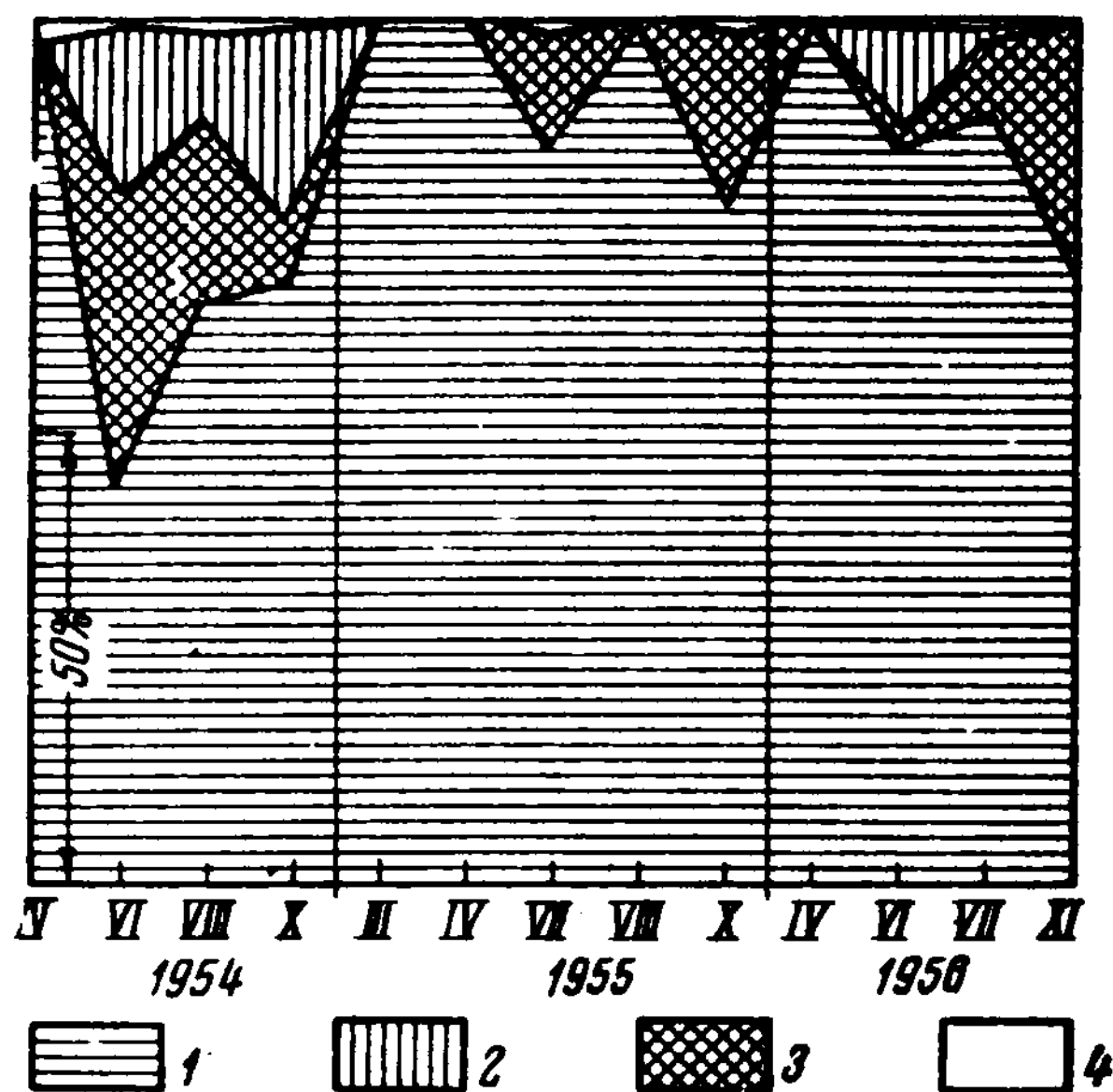


Рис. 4. Сезонные изменения состава биомассы фитопланктона (в %) в северо-западной части Черного моря за период 1954—1956 гг.

1 — Diatomeae; 2 — Cyanophyceae; 3 — Dinoflagellatae; 4 — прочие группы

диатомовыми, синезелеными и перидиниевыми водорослями, а в Приднестровском и Придунайском районах — диатомовыми и реже перидиниями. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что сравнительно высокая биомасса фитопланктона была отмечена и вблизи «прорвы» Тендровской косы, где воды Тендровского залива смешиваются с водами открытой части моря (рис. 5). Эти же районы, как сообщили нам Л. Г. Коваль и Б. П. Зайцев, характеризуются наиболее высокой в северо-западной части моря биомассой кормового зоопланктона и большой концентрацией пелагических личинок рыб.

В апреле 1954 г. наблюдалось «цветение» воды в приустьевых акваториях северо-западной части Черного моря диатомовыми водорослями *Chaetoceros socialis* f. *vernalis* и *Skeletonema costatum*. Численность *Ch. socialis* f. *vernalis* превысила при этом 3 млн. клеток/л. Летом этого года в большом количестве развилась *Cyclotella caspia* (свыше 6 млн. клеток/л) и *Euxyiaella cordata* (свыше 650 000 клеток/л).

В августе 1954 г. в прибрежных участках наблюдалось две зоны «цветения» воды, вызванного *Leptocylindrus danicis*. Первая зона простиралась от Дуная до Приморского (численность *Leptocylindrus* в этой зоне превысила 72 млн. клеток/л), а вторая протянулась от Одессы до мыса Аджиаск. От мыса Аджиаск до Днестровско-Бугского лимана «цветение» воды лептоцилиндрусом сменилось «цветением» синезелеными водорослями (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aerugi-*

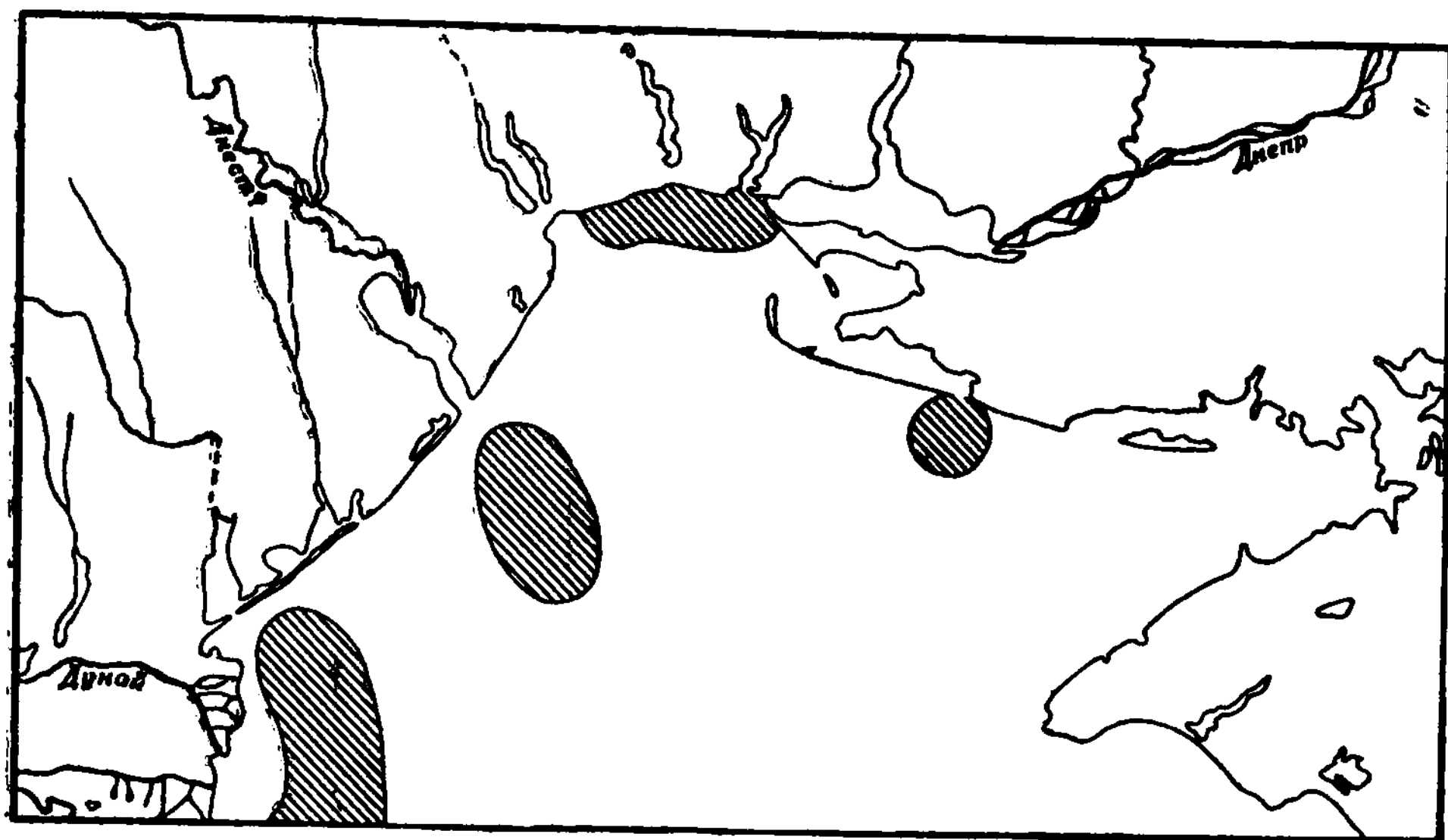


Рис. 5. Районы наиболее интенсивного «цветения воды», повторяющегося из года в год в северо-западной части Черного моря

поса и видами родов *Anabaena* и *Merismopedia*.). В зоне интенсивного «цветения» воды синезелеными водорослями, у села Рыбаковки, с самолета было отмечено большое скопление скумбрии. Дефицита кислорода здесь не было. «Цветение» воды синезелеными водорослями продолжалось и в октябре 1954 г.

Весной 1955 г. (в марте) «цветение» воды вызвали *Thalassiosira subsalina* и *Th. parva*, а в апреле *Rhizosolenia alata*. Интересно отметить, что вид, считающийся океаническим, дал вспышку (свыше 83000 клеток/л) в Придунайском районе моря.

Лето 1955 г. ознаменовалось исключительно сильным «цветением» воды водорослью *Rhizosolenia calcar avis*. Подобное «цветение» наблюдалось в северо-западной части Черного моря в 1924—1926 гг. (Усачев, 1928). Биомасса ризосолении достигла на некоторых станциях, взятых в Придунайском районе, 22 г/м³ (рис. 6).

Какие же причины могли способствовать столь бурному развитию *Rhizosolenia calcar avis*. Цудзита (Tsujita, 1955), который изучал «цветение» воды у берегов Японии, вызванное развитием *Rhizosolenia styliformis* Brightw (в январе 1949 г.) и *Rh. styliformis* var. *latissima* Brightw. (в мае-июне 1955 г.) на основании эколого-физиологического анализа пришел к выводу, что в некоторых случаях «цветение» воды было связано с усилением энергии солнечной радиации. Максимальное развитие *Rhizosolenia calcar avis* в северо-западной части Черного моря, обычно, наблюдается летом. Июль 1955 г., когда началось «цветение» воды ризосоленией, отличался малым количеством осадков и значительным числом безоблачных дней. Если учесть, что после теплой зимы 1954—1955 г. *Rh. calcar avis* встречалась в заметных количествах еще в мартовских пробах, то можно допустить, что условием, способствующим массовому развитию ризосолении были теплая зима 1954/55 г. и безоблачные штилевые погоды летом 1955 г.

В отличие от 1954 г. летом 1955 г. в северо-западной части Черного моря не наблюдалось «цветения» воды синезелеными водорослями. В Приднепровско-Бугском районе планктон имел морской характер. В сентябре в Днепровско-Бугском лимане и нижнем течении Днепра почти до г. Херсона наблюдалось сильное осолонение воды. Можно

напомнить, что именно в это время шло наполнение водой Каховского водохранилища. Возможно этим обстоятельством и сильным нагоном в лиман морской воды и можно объяснить отсутствие «цветения» воды синезелеными водорослями в северо-западной части Черного моря летом и осенью 1955 г.

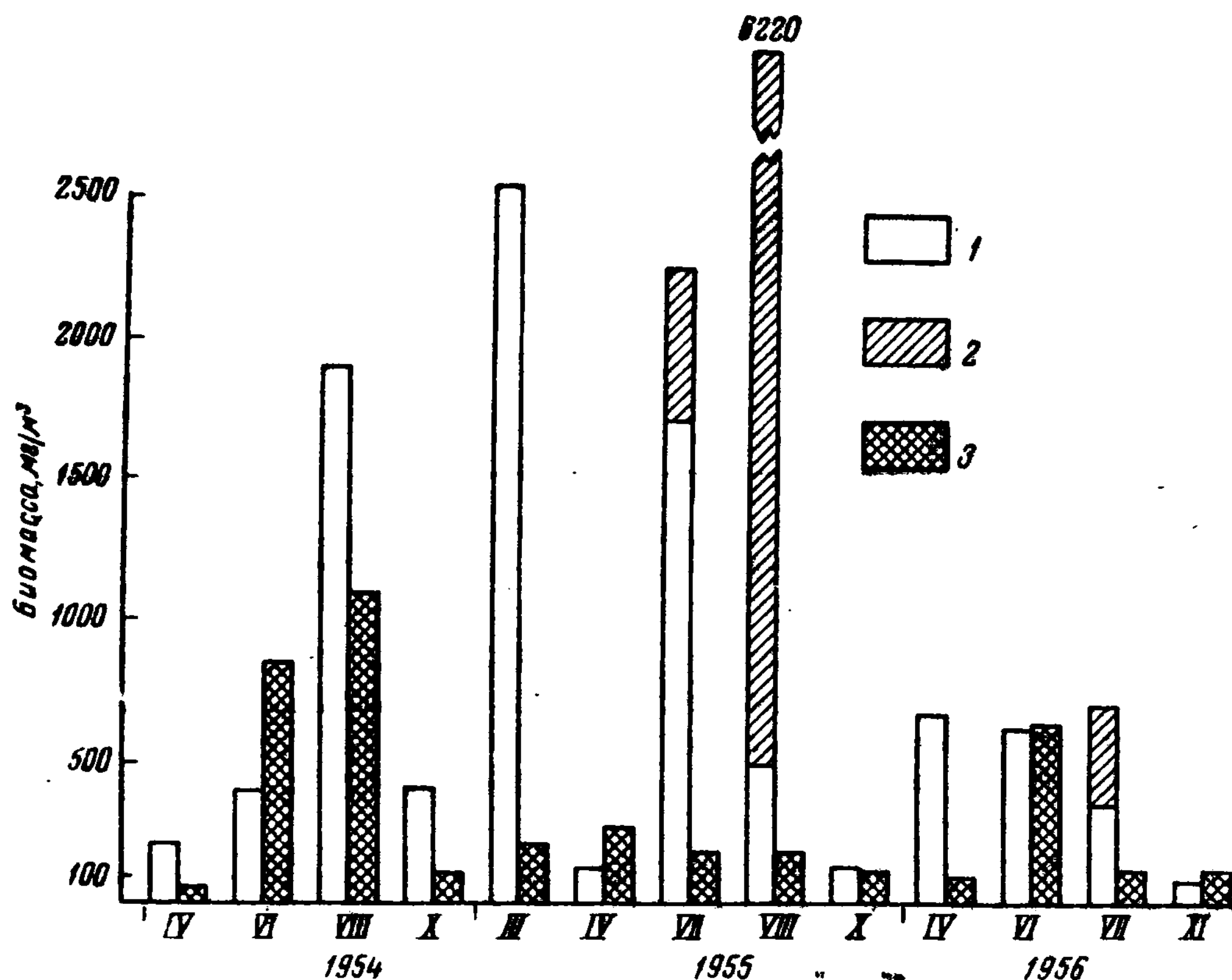


Рис. 6. Изменение биомассы фитопланктона и кормового зоопланктона северо-западной части Черного моря в 1954—1956 гг. (в $\text{мг}/\text{м}^3$).

В 1956 г. общая картина развития фитопланктона была почти такой же, как в 1954 г., в большем, правда, количестве развились *Melosira granulata*, *Thalassionema nitzschioides* и особенно *Chaetoceros* sp.

В количественном развитии некоторых видов фитопланктона проявляется своеобразная пульсация (табл. 2), носящая не только сезонный, но и многолетний характер.

Между количеством фитопланктона и зоопланктона, как видно из рис. 6 (данные по биомассе кормового для рыб зоопланктона были любезно представлены нам Л. Г. Ковалем), имеется как прямая, так и обратная связь. Очевидно, для более полного выяснения связи фито- и зоопланктона надо выделять кормовые для зоопланктона организмы фитопланктона, подобно тому как это делает А. П. Кусморская (1950) для зоопланктона. По нашим наблюдениям, в тех случаях, когда фитопланктон представлен мелкими формами, как это было летом 1954 г. и в июле 1956 г. (в июле 1956 г. зоопланктон северо-западной части, по данным Л. Г. Коваль, был беден вследствие очень сильных и продолжительных сгонных ветров), биомасса зоопланктона выше, чем тогда, когда развиваются «некормовые» для зоопланктона виды фитопланктона. Наглядным примером может служить 1955 г., когда наблюдалось исключительное по своей силе «цветение» воды водорослью *Rhizosolenia calcar-avis*.

Таблица 2

Максимальная биомасса руководящих видов фитопланктона
северо-западной части Черного моря в 1954—1956 гг. (в г/м³)

Водоросль	1954	1955	1956	Примечание *
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	1,12	0,01	0,01	III; 8.8.54
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1,68	0,05	2,0	»
<i>Exudiala cordata</i>	1,33	1,88	0,14	III; 6.7.55
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0,17	2,02	0,14	I; 14.7.55
<i>Ch. socialis f. vernalis</i>	1,65	0,31	0,90	I; 26.4.54
<i>Ch. socialis f. autumnalis</i>	0,01	0,23	0,92	III; 14.10.55
<i>Cyclotella caspia</i>	3,72	0,32	0,74	I; 30.6.54
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7,20	0,04	0,02	I; 27.8.54
<i>Melosira granulata</i>	0,04	0,02	1,80	II; 19.6.56
<i>M. italica</i>	1,25	0,47	0,22	III; 15.10.54
<i>Rhizosolenia alata</i>	0,02	1,67	0,02	I; 24.4.55
<i>Rh. calcar avis</i>	0,45	22,20	4,80	I; 25.8.55
<i>Rh. fragilissima</i>	0,19	0,96	0,31	II; 10.7.55
<i>Skeletonema costatum</i>	0,28	1,04	0,55	II; 26.3.55
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,15	0,08	0,58	III; 24.7.56
<i>Thalassiosira subsalina, Th. parva</i>	0,07	18,69	0,25	II; 26.3.55

* Район и дата, когда была зарегистрирована максимальная за 1954—1955 гг. биомасса. I — Придунайский район; II — Приднестровский район; III — Приднепровско-Бугский район.

Фитопланктон северо-западной части Черного моря по своему качественному составу и по количественному развитию близок к планктону Азовского моря (Усачев, 1927, 1947; Окул, 1941; Пицык, 1950, 1954). Если же учесть, что в последние годы Азовское море пополняется черноморскими видами фитопланктона (Пицык, 1955), то это сходство становится еще бóльшим.

ВЫВОДЫ

1. В планктоне северо-западной части Черного моря в 1954—1956 гг. было обнаружено 347 видов и разновидностей, из них: Diatomeae — 184; Dinoflagellatae — 57; Protococcaceae — 53; Cyanophyceae — 25; Euglenaceae — 10; Volvocaceae — 5; Silicoflagellatae — 4; Coccolithineae — 3; Chrysomonadineae — 2; Heterocontae — 1; Tetrasporineae — 1; Ulotrichineae — 1; Desmidiaceae — 1.

2. По составу фитопланктона в северо-западной части Черного моря можно выделить три района: 1) приустьевые акватории (Приднепровско-Бугский, Приднестровский и Придунайский районы); 2) акватории заливов (Тендровского, Егорлыцкого, Каркинитского и Джарылгачского); 3) собственно северо-западная часть.

Фитопланктон каждого из районов специфичен. Главным отличием планктона Приднепровско-Бугского района от Приднестровского и Придунайского районов является то, что в первом районе развиваются в массовом количестве синезеленые водоросли, а во втором и третьем районах развитие синезеленых водорослей ограничивается большой мутностью вод Дуная и Днестра.

3. Количественные показатели биомассы и численности фитопланктонных организмов в северо-западной части выше, чем в других районах Черного моря. Средняя биомасса фитопланктона в северо-западной

части была равна за три года исследований 1,16 г/м³ и 16,2 г под 1 м². Наиболее высокие показатели биомассы и численности фитопланктонных организмов наблюдались в приустьевых акваториях моря, вблизи гидрологических фронтов. Здесь массовое развитие фитопланктона часто вызывало «цветение» воды.

Приложение

СПИСОК ВОДОРΟΣЛЕЙ, ОБНАРУЖЕННЫХ В СБОРАХ ПЛАНКТОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В 1954—1956 гг.¹

Diatomeae

Achnanthes brevipes Ag. 4
brevipes var. *intermedia* (Kütz.) Cl. 3
brevipes var. *parvula* (Kütz.) Cl. 3
longipes Ag. 1, 2, 3, 4
Achnanthes sp. 4
Actinocyclus Ehrenbergii Ralfs 1, 2, 4
Ehrenbergii var. *crassus* (W. Sm.) Hust. 3
Ehrenbergii var. *tenellus* (Breb.) Hust. 1
Actinoptychus undulatus (Bail.) Ralfs 3
Amphiprora alata Kütz. 1
paludosa Kütz. 3
Amphora sp. 1, 2
Asterionella formosa Hass 1, 2
gracillima (Hantzsch) Heib. 1, 2
Bacillaria paradoxa Gmel. 4
Biddulphia mobiliensis Bail. 3
Campulodiscus echeneis Ehr. 1
Thuretii Bréb. 3
Thuretii var. *lineolata* Pr.-Lavr. 3
Cerataulina Bergonii Perag. 1, 2, 3, 4, 5
Chaetoceros abnormis Pr.-Lavr. 1, 2, 3, 4, 5
affinis Laud. 1, 2, 3, 4, 5
affinis var. *Schüttii* (Cl.) Pr.-Lavr. 4
affinis var. *Willei* (Gran.) Hust. 1, 2, 3, 4, 5
Borgei Lemm. 1, 3
ceratosporum Ostf. 1, 3
compressus Laud. 5
curvisetus Cl. 1, 2, 3, 4, 5
danicus Cl. 1, 2, 3, 4, 5
densus Cl. 2, 3
dubius Pr.-Lavr. 1, 5
heterovalvatus Schütt. 1, 2, 3
holsaticus Schütt. 1
insignis Pr.-Lavr. 1, 3
laciniosus Schütt. 1, 3
lauderii Ralfs 2, 3, 4, 5
Lorencianus Grun. 1, 2, 3
Lorencianus var. *solitarius* Pr.-Lavr. 1, 2, 3
Lorencianus var. *subsalinus* Pr.-Lavr. 1, 2, 3
Muelleri Lemm. 1, 2, 3
Paulsenii Ostf. 1, 2, 3, 4
peruvianus Brightw. 2
rigidus Ostf. 1, 2, 3
scarbosus Pr.-Lavr. 2, 4, 5
seiracanthus Gran. 4
septentrionalis Oest. 4

Chaetoceros similis Cl. 1, 2, 3, 5
similis var. *solitarius* Pr.-Lavr. 1, 3
simplex Ostf. 1, 2, 3, 5
socialis Land. 1, 2, 3, 4, 5
socialis f. *autumnalis* Pr.-Lavr. 1, 2, 3, 4, 5
socialis f. *vernalis* Pr.-Lavr. 1, 2, 3, 4, 5
subtilis Cl. 1, 2, 3, 4
teres Cl. 1
Wighamii Brightw. 1, 2, 3, 4
Chaetoceros sp. sp. 1, 2, 3
Chaetoceros sp. 1, 2, 3, 4, 5
Cocconeis pediculus Ehr. 2
scutellum Ehr. 2
scutellum var. *minutissima* Grun. 2, 3
scutellum var. *parva* Grun. 2
Cocconeis sp. 2, 3
Coscinodiscus apiculatus Ehr. 3, 4, 5
Gigas Ehr. 1, 2, 3
Granii Gongh. 1, 2, 3, 4
Granii var. *aralensis* (Ostf.) Hust. 3
Janischii A. S. 1, 2, 3, 4
Jonesianus (Grev.) Ostf. 1, 2, 3, 4, 5
Jonesianus var. *commutatus* (Grun.) Hust. 1, 2, 3, 4
lacustris Grun. 1
lineatus Ehr. 1, 3
perforatus Ehr. 1, 2, 3
perforatus var. *cellulosus* Grun. 1
perforatus var. *Pavillardii* (Forti) Hust. 1, 3
radiatus Ehr. 1, 2, 3, 4
Coscinodiscus sp. 1, 2, 3, 4, 5
Cyclotella caspia Grun. 1, 2, 3, 4, 5
Cyclotella Kützingiana Thwait. 1, 2
Meneghiniana Kütz. 1, 2, 3
Cyclotella sp. 1, 2, 4, 5
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Sm. 1
Cymatopleura sp. 1
Cymbella cymbyformis (Ag.?) Kütz.) V. H. 1
Detonula confervaceae (Cl.) Gran. 3
Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag. 1, 2, 3
vulgare Bory 1, 2, 3
Diploneis sp. 1
Ditylum Brightwellii (West) Grun. 1, 2, 3, 4
Fragilaria capucina Desm. 2
construens (Ehr.) Grun. 1, 2
crotonensis Kitt. 1, 2
Gomphonema divaceum (Lyngb.) Kütz. 2

¹ Цифрами указано, в каких районах моря водоросль найдена: 1 — в Придунайском и Приднестровском; 2 — в Приднепровско-Бугском; 3 — в открытых участках моря; 4 — в Тендровском и Егорлыцком заливах; 5 — в Каркинитском и Джарылгачском заливах.

- divaceum var. minutissimum Grun. 2
 Grammatophora marina (Lyngb.) Kütz.
 1, 3
 oecania (Ehr.) Grun. 1, 3
 Gyrosigma distortum (W. Sm.) Cl. 1, 3
 distortum var. Parkeri Harr. 1
 Kützingii (Grun.) Cl. 1
 Gyrosigma sp. 4
 Hyalodiscus ambiguus Grun. 3, 4
 scoticus (Kütz.) Grun. 3
 Hantzschia amphyois (Ehr.) Grun. 1
 Leptocylindrus danicus Cl. 1, 2, 3, 4, 5
 minimus Grun. 1, 2
 Licmophora gracilis (Ehr.) Grun. 4
 Ehrenbergii (Kütz.) Grun. 4
 Melosira granulata (Ehr.) Ralfs 1, 2
 granulata var. angustissima (O. Müll.)
 Hust. 1, 2, 4
 italica (Ehr.) Kütz. 1, 2
 italica var. tenuissima (Grun.) O. Müll. 1, 2
 Jorgensii Ag. 1
 moniliformis (O. Müll.) Ag. 1, 2, 4
 moniliformis var. subglobosa Grun. 1, 2, 4
 nummuloides (Dillw.) Ag. 3
 sulcata (Ehr.) Kütz. 1, 3
 varians Ag. 2
 Melosira sp. 1, 2, 3, 5
 Navicula cryptocephala Kütz. 1, 2
 lyra Ehr. 2
 meniscus Schum. 2
 palpebralis Breb. 4
 palpebralis Breb. 4
 Navicula sp. 1, 2, 3, 4
 Nitzschia acicularis W. Sm. 1, 2
 apiculata (Greg.) Grun. 1
 closterium (Ehr.) W. Sm. 1, 2, 3, 4
 delicatissima Cl. 1, 2, 3
 holsatica Hust. 1, 2, 3
 hungarica Grun. 1
 longissima (Breb.) Ralfs 1, 2, 3, 4
 palea (Kütz.) W. Sm. 4
 punctata (W. Sm.) Grun. 4
 reversa W. Sm. 1, 3
 seriata Cl. 1, 2, 3
 sigma (Kütz.) W. Sm. 1, 3
 Nitzschia sigmoidea (Ehr.) W. Sm. 1, 4
 tenuirostris Mer. 1, 3, 4
 tryblionella Hantzsch. 1, 2
 tryblionella var. levidensis (W. Sm.)
 Grun. 1
 Nitzschia sp. sp. 2, 3
 Nitzschia sp. 1, 2, 4, 5
 Pinnularia sp. 1
 Pleurosoma angulatum (Queck.) W. Sm. 3
 elongatum W. Sm. 2
 formosum W. Sm. 4
 Pleurosoma sp. 3, 4
 Podosira hormoides (Mont.) Kütz.
 Rhabdonema adriaticum Kütz. 3, 4
 Rhizosolenia alata Brightw. 1, 2, 3, 4, 5
 calcar avis Schulze 1, 2, 3, 4, 5
 fragilissima Bergon 1, 2, 3, 5
 Rhoicosphaenia curvata (Kütz.) Grun. 1, 2
 Sceletonema costatum Grun. 1, 2, 3, 4, 5
 Stephanodiscus astraia (Ehr.) Grun. 1, 2
 astraia var. minutulus (Kütz.) Grun. 1, 2
 Hantzschii Grun. 1, 2
 Striatella unipunctata (Lyngb.) Ag. 3, 4
 Surirella gemma Ehr. 3
 ovalis Bréb. 1, 2
 ovata Kütz. 1, 2
 Surirella sp. 4
 Synedra actinastroides Lemm. 1, 2
 acus Kütz. 1, 2, 4
 baculus Greg. 4
 beroliensis Lemm. 2
 Synedra crystallina (Ag.) Kütz. 4
 fulgens (Grev.) W. Sm. 4
 Gaillonii (Borg.) Ehr. 4
 tabulata (Ag.) Kütz. 2, 4
 ulna (Nitzsch) Ehr. 1, 2, 4
 ulna var. aequalis (Kütz.) Hust. 2, 4
 ulna var. biceps (Kütz.) Schönl. 1
 ulna var. danica (Kütz.) Grun. 2
 undulata Bailey 4
 Vaucheriae Kütz. 1
 Synedra sp. 1, 2
 Thalassionema nitzschioides Grun. 1, 2, 3,
 4, 5
 Thalassiosira coronata Pr.-Lavr. 1, 3
 decipiens (Grun.) Jörg. 1, 2, 3, 4
 exentrica (Ehr.) Cl. 1, 2, 3, 4
 exentrica var. fasciculata Hust. 1
 parva Pr.-Lavr. 1, 2, 3, 4
 subsalina Pr.-Lavr. 1, 2, 3, 4
 Thalassiosira sp. 1, 2, 3
 Dinoflagellatae
 Ceratium furca (Ehr.) Clap. et Lachm. 1,
 2, 3, 4, 5
 fusus (Ehr.) Duj 1, 2, 3, 4, 5
 tripos (O. F. Müller) Nitzsch 1, 2, 3, 4, 5
 Dinophysis acuta Ehr. 2, 3
 baltica (Pauls.) Kof. et Skogsb. 3
 caudata Kent 3
 fortii Pavillard 3
 ovum Schütt. 2
 saccus Stein 1, 2, 3, 4, 5
 sphaerica Stein 1, 3
 Dinophysis sp. 2
 Exuviaella baltica Lohm. 1, 3
 caspica Kiss. 1, 2
 compressa Ostf. 1, 2, 3, 4
 cordata Ostf. 1, 2, 3, 4, 5
 cordata var. aralensis Kiss. 1, 2, 3, 4, 5
 Glenodinium aciculiferum Lemm. 2
 behninsii (Lind.) Kiss. 1, 2, 3
 danicum Paulsen 3
 lenticula (Bergh.) Schiller 1, 2, 3, 4
 paululum Lind. 2, 3
 pilula (Ostf.) Schiller 1, 2, 3, 4, 5
 Glenodinium sp. 1, 2, 3, 5
 Gonialax diegensis Kofoid 3
 polyedra Stein 3, 4
 polygramma Stein 1, 3
 scrippsae Kofoid 1
 spinifera (Clap. et Lachm.) Diesing 1, 2, 3
 Gonialax sp. 1, 2, 3
 Gymnodinium fusus Schütt. 3
 najadeum Schiller 1, 2, 3, 4
 neapolitanum Schiller 2
 rhomboides Schütt. 1, 3
 splendens Lebour 1, 2, 3
 Gymnodinium sp. 1, 2, 3, 4, 5
 Gyrodinium fusiformis Kof. et Schwezy 2, 3
 lachryma (Mennier) Kof. et Schwezy 3
 Gyrodinium sp. 1, 2, 3, 4

Peridinium achromaticum Levander 1, 3
cinctum (O. F. Müller) Ehr. 2
Peridinium claudicans Paulsen 3
depressum Bailey 3
divergens Ehr. 1
exentricum Paulsen 3
globulus var. *quarnerense* Schröder 3
granii Ostf. 1
knipowitschii Ussatschew 1, 3
latum Paulsen 3
latum var. *halophila* (Lind.) 2
minusculum Pav. 1, 2, 3
oceanicum Vanhöffen 1
orbiculare Paulsen 2
pellucidum (Bergh.) Schütt. 3
steinii Jorg. 1, 2, 3
Peridinium sp. 3
Phalacroma rotundatum (Clap. et Lachm.)
 Kof. et Michener 1, 2, 3, 5
Prorocentrum micans Ehr. 1, 2, 3, 4, 5
Pyrophacus horologicum Stein 1, 2, 3

Protococcaceae

Actinastrum Hantzschii Lagerh. 1, 2
Ankistrodesmus acicularis (A. Br.) Korschik. 1, 2
acicularis var. *mirabilis* (W. et W.) Korschik. 1, 2
angustus Bergh. 1, 2
Bibrajanus (Reinsch.) Korschik, 2
Braunii Bruunt. 2
falcatus (Corda) Ralfs 1, 2, 3, 4
falcatus var. *acicularis* West. 2
longissima var. *acicularis* (Chod.) Brunnth. 1, 2
Coelastrum microporum Naeg. 2
sphaericum Naeg. 2
Crucigenia apiculata Schmidle 2
irregularis Wille 2
rectangularis (A. Br.) Gay. 2
tetrapedia (Kirch.) W. et W. 1
Dictyosphaerium Ehrenbergianum Naeg. 2
pulchellum Wood. 1, 2, 4
Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohl. 1
lunaris (Kirch.) Moeb. 1, 2, 3
Micractinium pusillum Fr. 2
quadrissetum (Lemm.) G. M. 1
Oocystis Borgei Snow. 1, 2
elliptica West 2
Novae — *Semliae* Wille 1, 2
solitaria Wittr. 1, 2
Oocystis sp. 2
Pediastrum Boryanum (Turp.) Menegh. 1, 2
duplex Meyen 1, 2
tetras (Ehr.) Ralfs 2
tetras var. *tetraodon* (Corda) Rabenh. 1, 2
Paradoxia multiseta Swir. 1
Scenedesmus acuminatus var. *biseriatus* Reih. 1, 2
arcuatus Lemm. 4
bijugatus (Turp.) Kütz. 2
bijugatus var. *alternans* (Reinsch.) Hansg. 2
obliquus (Turp.) Kütz. 1
obliquus var. *alternans* Chrystjuk 1
opoliensis var. *carinatus* Lemm. 2
quadricauda (Turp.) Bréb. 1, 2, 3

quadricauda var. *abundans* Kirchn. 2
Scenedesmus quadricauda var. *armatus* (Chod.) Deduss. 2
quadricauda var. *eualternans* Proschk. 2
quadricauda var. *setosus* Kirchn. 1, 2
tetradesmiformis (Wolosz.) Chod. 1
Schroederia setigera Smith 1, 2
Tetradesmus lunatus Korschik. 2
Tetraëdron caudatum (Corda) Hansg. 2
incus (Teil) G. M. Smith 2
Tetrastrum glabrum (Roll) Ahlstr. 1, 2
multiselum (Schmidle) Chod. 1
staurogenieforme (Schroed.) Lemm. 1, 2
Tetradesmus Wisconsinensis G. S. Smith 2
Tetradesmus sp. 2

Cyanophyceae

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb. 2
Kisseleviana Elenk. 2
Scheremetievi Elenk. 2
spiroides Kleb. 1, 2, 4
spiroides f. *contorta* (Kleb.) Elenk. 2
Anabaena sp. 1
Anabaena sp. 1
Anabaena sp. 1
Aphanizomenon flos — aquae (L.) Ralfs 1, 2, 3, 4
Coelosphaerium Kützingianum Näg. 1, 2, 3, 4
Coelosphaerium sp. 2
Merismopedia glauca (Ehr.) Näg. 2, 4
minima G. Beck 2
punctata Meyen 1, 2
tenuissima Lemm. 1, 2, 4
Microcystis aeruginosa Kütz. emend. Elenk. 2
Microcystis pulverea (Wood.) Forti emend. Elenk. 1, 2, 4
pulverea f. *incerna* (Lemm.) Elenk. 2
Microcystis sp. 2
Oscillatoria Kisseleviana Anissim. 2
planktonica Wolocz. 1, 2, 4
tenuis Ag. 2
Oscillatoria sp. 1, 2, 4
Lynbya confervoides Ag. 3
Spirulina Meneghiniana Zanard. 2

Euglenaceae

Euglena charkoviensis Swir. 1
granulata (Kleb.) Lemm. 1, 2, 3
pisciformis Kleb. et Swir. 1
proxima Dang. 1
Euglena sp. 1, 3, 5
Eutreptia Lanovii Steuer 1, 3, 4
viridis Perty 1, 2, 3
Eutreptia sp. 3, 4
Phacus pyrum (Ehr.) Stein 1
Trachelomonas fluviatilis Lemm. em. Swir. 1, 3

Volvocaceae

Carteria sp. 2
Chlamydomonas sp. 1, 2, 3
Eudorina elegans Ehr. 2
Pandorina morum Bory. 1
Pteromonas torta Korschik. 2

Silicoflagellatae

Dictiocha fibula Ehr. 1, 3, 4

Distephanus speculum (Ehr.) Haeck. 1, 3, 4
speculum var. *octonarius* (Ehr.) Joerg. 1,
3, 5

Eubria tripartita (Schum.) Lemm. 1, 3

Coccolithinea

Rhabdosphaera hispila Lohm. 1, 3, 4
stilifera Lohm. 4

Pontosphaera Haeckeli Lohm. 3

Chrysomonadineae

Dinobryon pellucidum Levander 1

Mallomonas sp.

Phaeocystis globosa Scherf. 1

Heterocontae

Meringosphaera mediterranea Lohm. 1, 3

Tetrasporinea

Gloeococcus Schroedei (Chodat) Lemm. 2

Ulotrichineae

Ulotrix sp. 1

Desmidialis

Closterium exiguum West 2

ЛИТЕРАТУРА

- Аксентьев Б. Н. Материалы к фитопланктону Одесского залива. Журн. н.-лосл. катедр Одеси, т. II, № 4, 1926.
- Виноградов К. А. 1956. К биологии северо-западной части Черного моря. «Зоол. журн.», т. XXXV, в. 4.
- Виноградов К. А. 1958. Очерки по истории Отечественных гидробиологических исследований на Черном море.
- Иванов А. И. 1954. Фитопланктон Днестровского лимана и нижнего течения р. Днестра. Автореферат канд. дисс. Изд-во Ин-та гидробиол. АН УССР.
- Иванов А. И. 1956. О применении аэрометодов при исследовании фитопланктона приустьевых районов северо-западной части Черного моря. «Ботанич. журн.», т. XII, 11.
- Иванов А. И. 1957. Особенности распространения фитопланктона северо-западной части Черного моря. Тезисы докладов Делегатского съезда Всес. ботанич. об-ва в мае 1957 г.
- Иванов А. И. 1957а. Работы Одесской биологической станции по изучению фитопланктона северо-западной части Черного моря. Вопросы экологии, т. 1 (по материалам Третьей экологической конференции).
- Коваль Л. Г. Особенности зоопланктона северо-западной части Черного моря в 1954 г. (Там же).
- Коноплева Г. И. 1932. Сезонні зміни зоопланктону Одеської затоки. Тр. Одеського держуніверситету, Біологія, т. 2.
- Кордэ Н. В. 1941. Об объеме понятия «речной планктон» в связи с вопросом о генезисе последнего. Изв. Ивановского с.-х. ин-та, в. 3.
- Кусморская А. П. О зоопланктоне Черного моря. Тр. АЗЧерниро, вып. 14.
- Лебедев В. 1916. Наблюдения над составом и сменой поверхностного планктона Одесского залива. Записки Общ. с.-х. южной России, т. 87, книга 1.
- Мантейфель Б. П. 1941. Планктон и сельдь Баренцова моря. Тр. ВНИРО, вып. 7.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1950. Численность и биомасса фитопланктона в Черном море. «Докл. АН СССР», т. 73, № 4.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1954. Численность и биомасса фитопланктона Черного моря, ч. II. Тр. Севастопольской биологической станции АН СССР, т. VIII.
- Окул А. В. 1941. Материалы по продуктивности планктона Азовского моря. «Зоол. журн.», т. XX, вып. 2.
- Пицык Г. К. 1950. О количественном развитии и горизонтальном распределении фитопланктона в западной половине Черного моря. Тр. АЗЧЕРНИРО, вып. 14.
- Пицык Г. К. 1954. О количественном составе и распределении фитопланктона в Черном море. Тр. ВНИРО, т. XXVIII.
- Пицык Г. К. 1955. Фитопланктон Азовского моря в условиях зарегулирования стока. р. Дона. Тр. АЗЧЕРНИРО, вып. 16.
- Погребняк И. И. 1952. Фитобентос и кормовые ресурсы Шаболатского лимана по рыболовству лиманов северо-западного Причерноморья.
- Прошкина-Лавренко А. И. 1953. Новые и интересные виды рода *Chaetoceros* из Черного моря. Ботанические материалы Отдела споровых растений. Бот. ин-т АН СССР, IX.
- Прошкина-Лавренко А. И. 1955. Реликтовые диатомовые в планктоне Черного моря. Бот. материалы Отд. споровых растений БИН АН СССР, X.
- Прошкина-Лавренко А. И. 1955а. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М. Изд-во АН СССР.

- Усачев П. И. 1927. О фитопланктоне Азовского моря. Сборник в честь проф. Н. М. Книповича. М.
- Усачев П. И. 1928. О фитопланктоне северо-западной части Черного моря. Дневник Всес. съезда ботаников в Ленинграде в январе 1928 г.
- Усачев П. И. 1936. Методика сборов и обработка планктона. Тр. I Всекаспийской научн. рыбохоз. конференции 17—24 января 1935 г., т. I.
- Усачев П. И. 1947. Общая характеристика фитопланктона морей СССР. «Усп. совр. биол.», т. XXIII, вып. 2.
- Ширшов П. П. 1937. Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом. Тр. Всес. арктического ин-та, т. 82.
- Akhent'ev V. N. (Аксентьев Б. Н.) Arten von Chaetoceros aus dem Odessauer Meerbusen. Intern. Rev. der Ges. Hydrobiol. u. Hydrolog., Bd. 24, H 1—2, 1930.
- Tsujita Tokimi. Comparative Studies on the Red Tide Appeared in the Waters Adjacent to Western Japan. Rec. Oceanogr. Works Japan, 2, No 3. 1955.
-

В. В. КОШЕВОЙ

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА
В ЧЕРНОМ МОРЕ

В настоящее время количественное распределение фитопланктона Черного моря в открытой его части изучено еще совершенно недостаточно. Правда, Н. В. Морозова-Водяницкая (1950, 1954) приводит такие данные для восточной части Черного моря, а Г. К. Пицук (1950) — для западной. Оба автора вели наблюдения в августе-сентябре 1948 г., используя сборы фитопланктона осадочным методом.

Материалом для настоящей статьи послужили пробы, собранные в конце ноября — начале декабря 1954 г. на разрезе м. Меганом — Синоп, Синоп — м. Бафра, м. Бафра — Керчь (рис. 1).

Фитопланктон собирали осадочным методом. Батометром емкостью 1 л на 13 станциях с глубиной 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 м собирали пробы. Материал обрабатывали на Карадагской биологической Севастопольской биологической станции. Для проб с глубин 0, 10, 25 м первый подсчет производился при сгущении пробы до 30 см³, второй — при сгущении пробы до 10 см³. Для проб с глубин от 50 до 100 м подсчет производился оба раза при сгущении до 10 см³.

В открытом море мы обнаружили 72 вида водорослей: Dinoflagellatae — 38 видов, Diatomeae — 16 видов, Coccolithineae — 8 видов, Siliocoflagellatae — 2 вида, Pterospermaceae — 2 вида, Flagellatae (очень мелких) — 4 вида и два вида ближе не определенных.

Основную роль в общей биомассе фитопланктона играли следующие виды: диатомовые — *Cyclotella caspia*, *Rhizosolenia calcar avis*, *Hemiaulus Nauckii*, *Thalassionema nitzschioides*; перидинии — *Exuviaella cordata*, *E. compressa*, *E. pusilla*, *E. baltica*, *E. perforata*, *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Peridinium pedunculatum*; кремнежгутиковые: *Hermesinum adriaticum*, *Distephanus speculum*; кокколитины — *Rhabdosphaera tubulosa*.

Нижняя граница распространения фитопланктона достигала границы сероводородной зоны, т. е. около 125—150 м.

Как видно из рис. 1, количество фитопланктона увеличивалось по мере продвижения на юг. Условно разделяя разрез по составу и биомассе фитопланктона на три района: северный (четыре станции), центральный (четыре станции) и южный (пять станций), можно сказать, что северный район срединной части Черного моря в конце ноября — начале декабря характеризуется общим количеством (под 1 м² поверхности) равным 1,6 г, центральный — 6,0 г и южный — 7,0 г. Районы отличались не только количеством фитопланктона, но и различным соотношением основных групп (табл. 1).

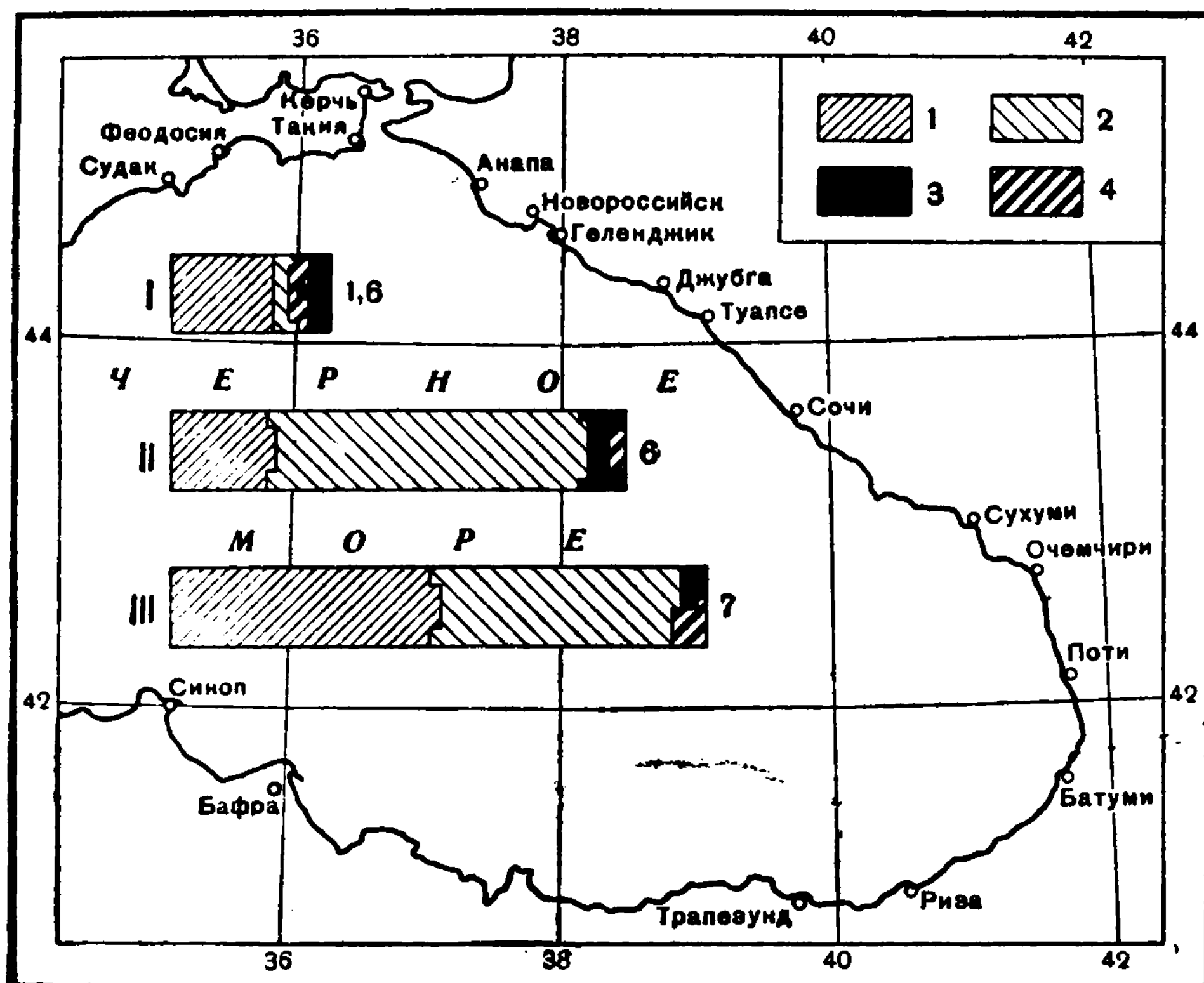


Рис. 1. Распределение и состав фитопланктона в северном (I), центральном (II) и южном (III) районах Черного моря в конце ноября — начале декабря 1954 г. (в г под 1 м² поверхности в слое 0—100 м)

1 — перидиней; 2 — диатомей; 3 — кокколитины; 4 — кремнежгутиковые

Северный район отличался минимальной биомассой фитопланктона, которая колебалась от 21 мг/м³ до 32 мг/м³ (для слоя 0—25 м). Наибольшая биомасса перидиниевых была 20 мг/м³, диатомей — 5 мг/м³,

Таблица 1

Состав фитопланктона центральной части Черного моря в % от общей биомассы

Группа	Район		
	северный	центральный	южный
Dinoflagellatae	56	21	48
Diatomeae	14	72	47
Silicoflagellatae	11	2	2
Coccolithineae *	19	5	3
Всего . .	100%	100%	100%

* Биомасса Flagellata и Pterospermaceae настолько мала, что ею можно пренебречь.

кокколитин — 7 мг/м³, кремнежгутиковых — 4 мг/м³. Биомасса фитопланктона центрального района колебалась от 72 мг/м³ до 325 мг/м³ (для слоя 0—25 м). Диатомовые преобладали, биомасса их достигала 170 мг/м³. Биомасса перидиниевых не превышала 50 мг/м³. Биомасса фитопланктона южного района колебалась от 16 мг/м³ до 210 мг/м³. Максимальная биомасса диатомовых равнялась 103 мг/м³, перидиниевых — 104 мг/м³.

Основная масса диатомовых в северном районе держалась в слое 0—10 м, в центральном, и южном — в слое 0—25 м. Наибольшая численность диатомовых (12 900 клеток/л) отмечена главным образом на одной из станций южного района. Она была обусловлена скоплением *Cyclotella caspia* (11 000 клеток). Эта форма относится к числу массовых во всех районах, но ввиду незначительных размеров (4—5 μ) роль ее в общей биомассе невелика. *Rhizosolenia calcar avis* на некоторых станциях центрального района в слое 25 м составляла до 90% от биомассы всего фитопланктона. Вообще диатомовые встречались до глубины 175 м, средняя численность их в слое 0—50 м (для всех станций) была 5000 клеток/л.

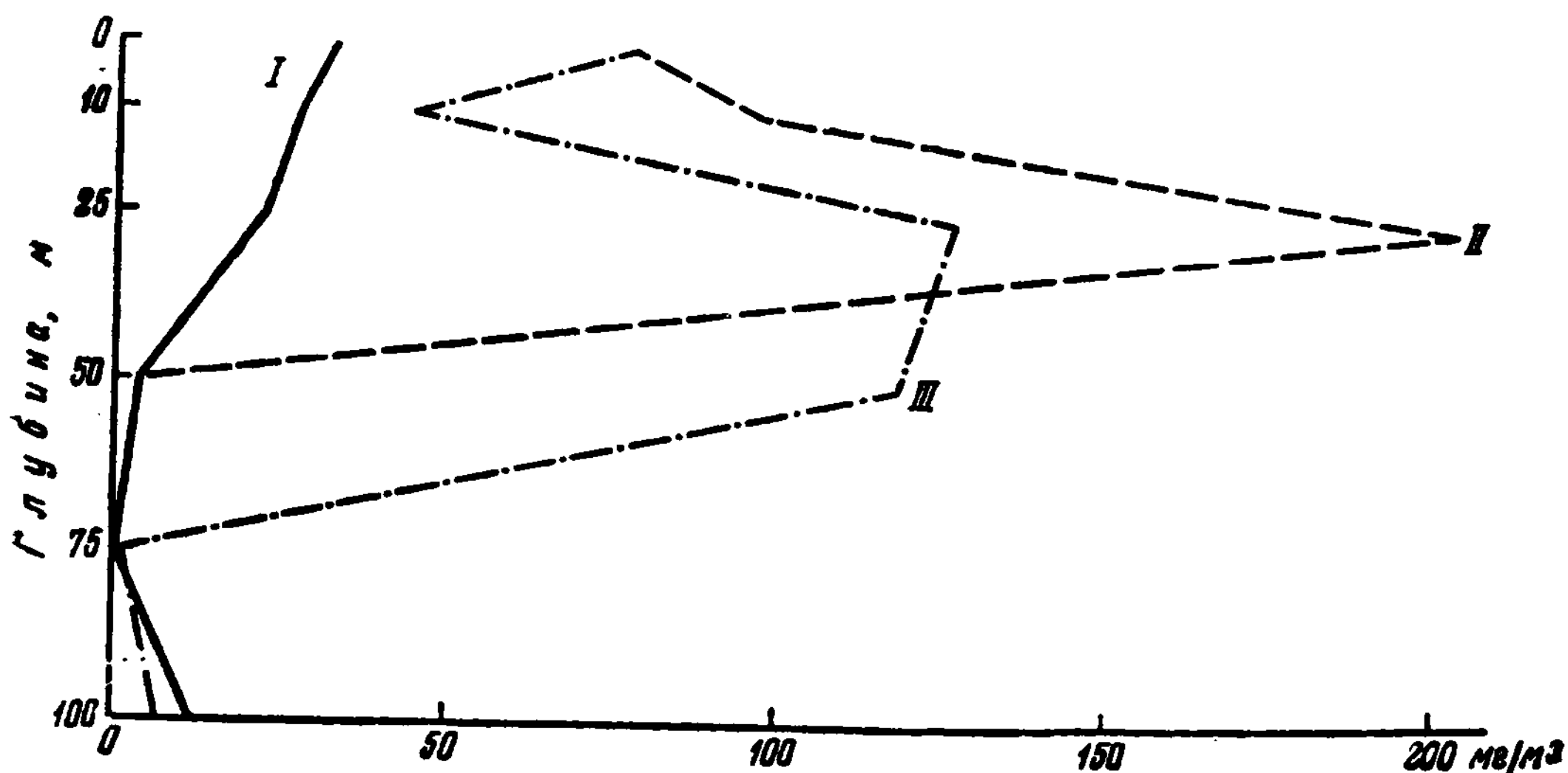


Рис. 2. Вертикальное распределение биомассы фитопланктона (мг/м^3) в конце ноября — начале декабря 1954 г. в северном (I), центральном (II) и южном (III) районах Черного моря по разрезу м. Меганом — Синоп; Синоп — м. Бафра, м. Бафра — Керчь

Наибольшая биомасса перидиниевых для северного района (20 мг/м^3) и центрального (50 мг/м^3) отмечена у самой поверхности, а для южного района (104 мг/м^3) — на глубине 50 м. Перидинии отмечены до глубины 125 м, средняя численность их в слое 0—50 м (для всех станций) была 3000 клеток/л.

Кремнежгутиковые играли незначительную роль в общей биомассе фитопланктона. Они встречались от поверхности до глубины 50 м, больше всего их было в южном районе. Следует отметить скопление кремнежгутиковых на одной из станций Анатолийского побережья, где на глубине 25 м их численность достигала 4500 клеток/л и биомасса равнялась 27 мг/м^3 , что составляло более 60% от всей биомассы фитопланктона.

Кокколитины были самой многочисленной группой в слое 0—50 м для всех районов и насчитывали десятки тысяч клеток в литре. Размеры их основного представителя *Rhabdosphaera tubulosa* не превышали 4—5 μ , поэтому биомасса его в среднем для слоя 0—25 м достигала лишь 9 мг/м^3 . Вследствие микроскопических размеров эту форму очень легко просмотреть. Она улавливается лишь осадочным методом. Наибольшее количество *Rhabdosphaera tubulosa* (158 000 клеток/л, что составляло 54% общей биомассы фитопланктона) мы обнаружили на глубине 75 м у Анатолийского побережья.

Биомасса остальных групп (птероспермовых, мелких жгутиковых и др.) составляла сотые доли процента от общей биомассы фитопланк-

тона. Как видно из рис. 2, наибольшее количество фитопланктона держится в верхнем 25-метровом слое, а в южном районе в слое до 50 м. В слое 0—10 м максимальная биомасса фитопланктона не превышала 190 мг/м³, в слое 0—25 м — 325 мг/м³. Средняя биомасса фитопланктона для слоя 0—10 м равнялась 60 мг/м³, для слоя 0—25 метров — 70 мг/м³, для слоя 0—50 м — 63 мг/м³, для слоя 0—100 м — 43 мг/м³, для слоя 0—175 м — 30 мг/м³.

При сравнении наших данных с данными указанных выше авторов необходимо учитывать, что наш материал собран в конце ноября — начале декабря, т. е. в период, соответствующий окончанию вегетации фитопланктона, особенно перидиней, вследствие чего, очевидно, биомасса фитопланктона была меньше, чем в сентябре, по данным упомянутых авторов.

Таким образом, можно сделать вывод, что количественные данные по биомассе фитопланктона Черного моря, полученные нами, близки к тем, которые приводит Н. В. Морозова-Водяницкая (1950, 1954) для восточной и Г. К. Пицык (1950) для западной части Черного моря: биомасса во всех случаях оказалась сходной — она не достигает 100 мг/м³. В среднем она равна 70 мг/м³ для слоя 0—25 м и 43 мг/м³ для слоя 0—100 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Морозова-Водяницкая Н. В. 1950. Численность и биомасса фитопланктона в Черном море. «Докл. АН СССР», т. 73, № 4.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1954. Фитопланктон Черного моря, ч. II. Тр. Севастоп. биол. ст., т. VIII.
- Пицык Г. К. 1950. О количественном развитии и горизонтальном распределении фитопланктона в западной половине Черного моря. Тр. Азово-Черноморск. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз-ва и океанографии, вып. 14.

Е. Б. МАККАВЕЕВА

СЕЗОННАЯ СМЕНА ВОДОРΟΣЛЕЙ, ЭПИФИТИРУЮЩИХ
НА ЦИСТОЗИРЕ В РАЙОНЕ СЕВАСТОПОЛЯ

В некоторых своих работах Н. В. Морозова-Водяницкая впервые выделяет как «вполне определенный биоценоз» комплекс, состоящий из цистозир и сопутствующих ей макроэпифитов (1940 и др.)

Если эпифитизм на цистозире и был уже давно отмечен некоторыми авторами (Воронихин, 1908; Зернов, 1913; Арнольди, 1921; Чернов, 1929), то это были либо указания на то, что иногда водоросли могут вместо скал прикрепляться к цистозире, либо неполные списки водорослей, найденных на цистозире, причем их сезонные изменения не учитывались.

Заслуга Н. В. Морозовой-Водяницкой состоит в том, что она впервые разделяет флору скал, основной фон которой составляет *Cystoseira barbata* (Ag.) Wgr., на две большие группы: 1) цистозировое сообщество, куда относит произрастающие рядом и у подножия цистозир на субстрате водоросли и 2) макроэпифиты, субстратом для которых служит таллом самой цистозир (1927). Она же впервые описала сезонные изменения в качественном и количественном составе макроэпифитных форм в Новороссийской бухте (1930) и провела количественный учет флоры скал.

Н. В. Морозова-Водяницкая указала на ряд преимуществ, которые приобретают водоросли, эпифитирующие на цистозире, по сравнению с прикрепленными к скалам и камням.

1. Упругость и эластичность слоевища цистозир ослабляет удары волн и тем предохраняет от срывания прикрепленные к стволу и побегам цистозир эпифиты.

2. При посредстве стволов цистозир эпифиты возвышаются над основным грунтом дна и тем предохраняются от разрушительного действия перекаत्याющейся по дну гальки, камней и щебня.

3. Мелководные формы могут отступать от берега, где летом наблюдается перегрев скал, а зимой промерзание, оставаясь на излюбленной глубине (1930, 1936).

Среди водорослей, эпифитирующих на цистозире, Морозова-Водяницкая (1927) намечает две группы, к одной из которых относит типичных макроэпифитов (сезонные багрянки и зеленые водоросли), а к другой — два вида бурых водорослей (*Sphacelaria cirrhosa* Ag. (Roth.) и *Leathesia umbellata* (Ag.) Menegh), у которых намечается тенденция к паразитизму, о чем свидетельствует угнетенный вид хозяина.

Мы не ставили перед собой задачу полного комплексного изучения биоценоза цистозир и попытались проследить сезонную динамику эпифитирующих на цистозире макроэпифитов.

Для сбора материала мы пользовались особым прибором, построенным по принципу «цилиндра Водяницкого», покрывающим площадь в 0,0625 м². Количественному учету подвергались все крупные водоросли, прикрепленные к срезанному прибором кусту цистозире, и полученные данные пересчитывались на 1 кг сырого веса хозяина. Нам казалось возможным выяснить таким путем некоторые зависимости в количественном развитии, с одной стороны, между хозяином и эпифитами, и, с другой стороны, отдельных массовых видов макроэпифитов. Количественные исследования проводились в Казачьей бухте в районе Севастополя. Качественный состав эпифитов на цистозире в Казачьей бухте почти не отличается от описанного Н. В. Морозовой-Водяницкой, хотя природные условия Новороссийской бухты, где она вела наблюдения, несколько иные.

Сезонную динамику и смену эпифитов мы проследили в течение 1955—1956 гг. В холодное время года пробы брали в плавательном костюме. На сезонную смену водорослей в Черном море указывала еще С. М. Переяславцева (1910), отмечавшая два сезона в жизни водорослей: холодный (декабрь — июнь) и теплый (июнь — декабрь). С. А. Зернов (1913), изучая животные объекты, отмечал в их жизни четыре сезона: весна (с конца февраля до середины мая), лето (с середины мая по октябрь), осень (с октября по декабрь) и зима (с декабря по февраль), но, основываясь на данных Б. В. Баженова, замечает, что у водорослей весна начинается раньше, чем у животных, уже с конца февраля.

Четкое разграничение сезонов в развитии флоры Черного моря дано в работах Н. В. Морозовой-Водяницкой (1930). Вслед за Н. В. Морозовой-Водяницкой мы отмечаем следующие сезоны: зима (декабрь — февраль), весна (февраль — третья декада мая), лето (конец мая — конец сентября), осень (конец сентября — декабрь).

На табл. 1 дается сезонная динамика водорослей, эпифитирующих на цистозире в Казачьей бухте. В табл. 1 употребляются следующие обозначения: 1 — массовое развитие (цветение) — Ц; 2 — большое количество — Б; 3 — малое количество — М; 4 — среднее количество — С; 5 — единичные экземпляры — Е.

В табл. 2 приводятся результаты взвешивания массовых видов эпифитов. Эпифиты отделяли от цистозире и взвешивали по видам на технических весах. Взвешиванию подвергались только массовые виды. Вес других видов эпифитов настолько ничтожен, что динамика случайна и не носит характера сезонности. Эти эпифиты могут встречаться в виде одной или нескольких дерновинок.

По данным табл. 1, большинство водорослей встречается на цистозире в определенное время года в течение нескольких месяцев, и только шесть из них (встречаемость свыше 50%) почти круглый год. Из последних три вида (*Leathesia*, *Cladophora* и *Stilophora*) являются светлюбивыми формами и встречаются в преобладающем количестве в летнее время года, один вид — осенью (*Polysiphonia*), один вид — зимой и осенью (*Sphacelaria*) и один вид зимой (*Laurencia*). Эти шесть видов являются типичными эпифитами на цистозире. *Sphacelaria cirrhosa* может покрывать в период своего плодоношения и камни (осенью), но затем опять встречается только на цистозире. Из сезонных форм *Homeostroma debile* встречается только в летнее время, *Dictyota fasciola* — в конце лета и осенью. *Chantransia* и *Porphyra* характерны для зимнего сезона, а *Enteromorpha*, *Ectocarpus* и *Corallina* эпифитируют в периоды их массового развития в бухте.

Таблица 1

Сезонная динамика водорослей, эпифитирующих на *Cystoseira barbata* (Ag.) Wor. в Казачьей бухте (1955—1956 гг.)

Синезеленые Зеленые	Группа водорослей	Дата взятия проб												Средняя годовая встречаемость, % *	
		весна			лето			осень			зима				
		24.VI		31.V	30.VII		27.VIII	27.IX		28.X	29.XI	29.XII			30.I
		21.II	15.IV												
	Lyngbya semiplena (Ag) G. J. Ag. Enteromorpha intestinalis (L) Link. Cladophora gracilis (Griff.) Kutz.	— — E	— — E	— B B	— — C	— — C	— — B	— — E	E — C	E — C	— — —	— — E	18,2 9,1 81,8		
Бурые	Ectocarpus confervoides (Roth.) Le Jolis. Sphacelaria cirrhosa (Roth.) Ag. Cladostephus verticillatus (Lightf.) AG. Homeostroma debile (Kutz. et J. G. Ag.) Wor. Leathesia umbellata (Ag.) Menegh. Stilophora rhisodes (Ehrht.) J. G. Ag. Dictyota fasciola (Roth.) Lamour.	— Ц B — — — —	E B — E M E —	— B — E B C —	— B — E B C —	— B — E B C —	— C — B E M	— C — B E M	— B — B E C	— C — M E B	— C — M E B	— C — M E B	— C — M E B	9,1 100 45,5 27,3 72,7 63,6 45,5	
	Красные	Porphyra Leucosticta Thur. Chantransia virgatula (Harv.) Thur. Gelidium corneum Lamour. Laurencia obtusa (Huds). Lamour. Polysiphonia variegata (Ag.) Zanard. Polysiphonia subulifera (Ag.) Harv. Ceramium ciliatum (Ellis.) Ducl. C. tenuissimum (Lyngb.) J. G. Ag. C. rubrum (Huds) Ag. C. diaphanum (Lightf.) Roth. Corallina rubens L.	B — — B — C — B Ц — E	— B — B M C — — — — —	— — — — — — — E — — —	— — — — — B M M C M —	— — — — — — — — — — —	— — E M — C — — — — —	— — — M — C — — — — —	— — — C C B — — — — C M —	— — — B C B — — — — — —	— — — C M — — — — — — —	— — B C — — — — — — — —	— — — — — — — — — — — E	18,2 9,1 18,2 81,8 18,2 90,9 9,1 36,4 36,4 18,2 18,2

* Средняя годовая встречаемость высчитывалась по формуле $P = \frac{c \cdot 100}{C}$; где P — средняя годовая встречаемость; c — число месяцев, когда встречается данный вид; C — общее число месяцев.

Таблица 2

Сезонная динамика биомассы массовых видов макрофитов, эпифитирующих на *Cystoseira barbata* (Ag.) Wor.
в Казачьей бухте (в г.)

Сезоны	Дата взятия пробы (1955-1956 гг.)	Температура °		S, %	CO ₂	O ₂	Polysiphonia subulifera (Ag.) Harv.		Laurencia obtusa (Huds.) Lamour.		Dictyota fasciola (Roth.) Lamour.		Stilophora rhizodes (Ehrht.) J. G. Ag.		Общий вес эпифитов	
		возду-ха	воды				На 1 кв. цисто-зир	На 1 м ² пло-щадн дна	На 1 кв. цисто-зир	На 1 м ² пло-щадн дна	На 1 кв. цисто-зир	На 1 м ² пло-щадн дна	На 1 кв. цисто-зир	На 1 м ² пло-щадн дна	На 1 кв. цисто-зир	На 1 м ² пло-щадн дна
Весна	21.II	14	8	18,3	145,2	7,83	7,21	12,4	36,1	62,8	—	—	—	—	43,31	75,2
	15.IV	11	12	18,15	138,6	9,44	6,91	8,88	40,1	51,2	—	—	4,0	5,2	51,01	65,28
	31.V	18	15	18,21	140,8	7,16	—	—	—	—	—	—	33,1	89,6	33,1	89,6
	24.VI	21,5	19	18,28	138,6	6,54	7,6	19,04	—	—	—	—	106,8	268,0	114,4	287,04
	30.VII	24	23	18,24	143,0	4,81	724,1	840,0	4,1	4,8	1,03	1,2	—	—	729,23	846
Лето	27.VIII	23	22,5	18,24	145,2	4,06	337,8	304,0	1,78	1,6	4,27	3,84	—	—	343,85	309,44
	27.IX	19	19,5	18,09	149,6	8,25	70,1	71,2	30,3	30,8	9,8	10,0	—	—	110,2	112,0
	28.IX	16	17	18,15	140,8	5,92	106,4	218,4	43,7	89,6	11,4	23,36	—	—	161,5	331,36
	29.XI	7	9	18,06	145,2	7,71	0,37	1,2	34,7	112,4	—	—	—	—	35,07	113,6
Осень	29.XII	5	6	17,96	147,4	8,92	2,94	3,72	353,8	447,2	—	—	—	—	356,74	450,92
	30.I	0	4	18,08	143,0	10,48	19,53	16,64	102,53	87,36	—	—	—	—	112,06	104,0

Cladostephus и *Gelidium* — одиночные формы, никогда не достигающие крупных размеров. *Lyngbia*, *Ceramium*, *Polysiphonia variegata* эпифитируют иногда в значительном количестве, но все же в меньшем, чем первые шесть, и не являются обязательными компонентами биоценоза.

В табл. 2 приведены результаты ежемесячного взвешивания четырех массовых видов эпифитов, а также данные по температуре воды и воздуха, солености, содержанию CO_2 и O_2 в период взятия проб. Видно, что изменение температуры воды не оказывает решающего влияния на динамику общего веса эпифитов. То же можно сказать и относительно химических факторов (S°/oo , CO_2 , O_2), которые хотя и обнаруживают сезонные колебания, но в таких границах, которые не выходят за пределы возможности существования эпифитов.

Основным фактором, как это уже утверждали многие авторы, является свет. В связи с сезонными изменениями освещенности складывалась в процессе филогенетического развития биология того или иного вида.

Другие факторы влияют обычно не на появление вида, а на более или менее массовое его развитие. Так, полисифония встречается круглый год, но предпочитает конец лета. Вспышка в ее развитии, когда биомасса сильно и резко возрастает, может наступить в июле, августе или в сентябре, что может зависеть от каких-либо отдельных благоприятных факторов.

Во время данных исследований мы обращали особое внимание на вопрос о взаимоотношении эпифитов и хозяина.

Как уже отмечала Н. В. Морозова-Водяницкая (1927), некоторые водоросли (зеленые и багрянки) являются чистыми эпифитами и не оказывают угнетающего влияния на цистозиру, другие (обычно бурые) причиняют явный вред хозяину. Так, *Sphacelaria* и *Leathesia* вызывают ненормальную тонкость побегов и почти полное отсутствие боковых ветвлений.

Для того чтобы проверить, имеется ли какая-либо связь между общей биомассой массовых видов эпифитов и развитием цистозеры, были построены две логарифмические кривые сезонной динамики биомассы цистозеры и общего количества эпифитов, приходящихся на единицу веса цистозеры (рис. 1). Ход этих кривых диаметрально противоположен, поэтому можно предположить, что массовое развитие эпифитов отрицательно влияет на хозяина. Стебли эпифитов, с одной стороны, заслоняют цистозиру от света, а с другой стороны, сокращают ее ассимиляционную поверхность в местах присасывания и прирастания к стволу и ветвям.

Для большей убедительности были построены две другие кривые, аналогичные первым, для чего мы воспользовались данными Н. В. Морозовой-Водяницкой (1936) по Новороссийской бухте за 1929—1930 гг. Из табл. 8 были взяты данные по цистозире и массовым эпифитам *Dilophus* и *Dictyota*, *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Laurencia*. Подлесок и единичные формы с ничтожным весом во внимание не принимались, как и в Казачьей бухте, так как их влияние на цистозиру фактически отсутствует. Данные по эпифитам были пересчитаны на 1 кг сырого веса цистозеры. Логарифмические кривые, построенные по этим данным, носят такой же характер, как и первые.

Рассматривая ход кривой динамики цистозеры в Казачьей бухте, легко заметить значительное увеличение биомассы, начиная с первых чисел февраля, соответствующих биологической весне морской флоры.

Одновременно наблюдается уменьшение количества эпифитов, начавшееся с конца декабря. Уже с конца февраля количество эпифитов начинает увеличиваться, что слегка снижает рост цистозиры, но затем биомасса цистозиры резко увеличивается к июню, а затем также резко

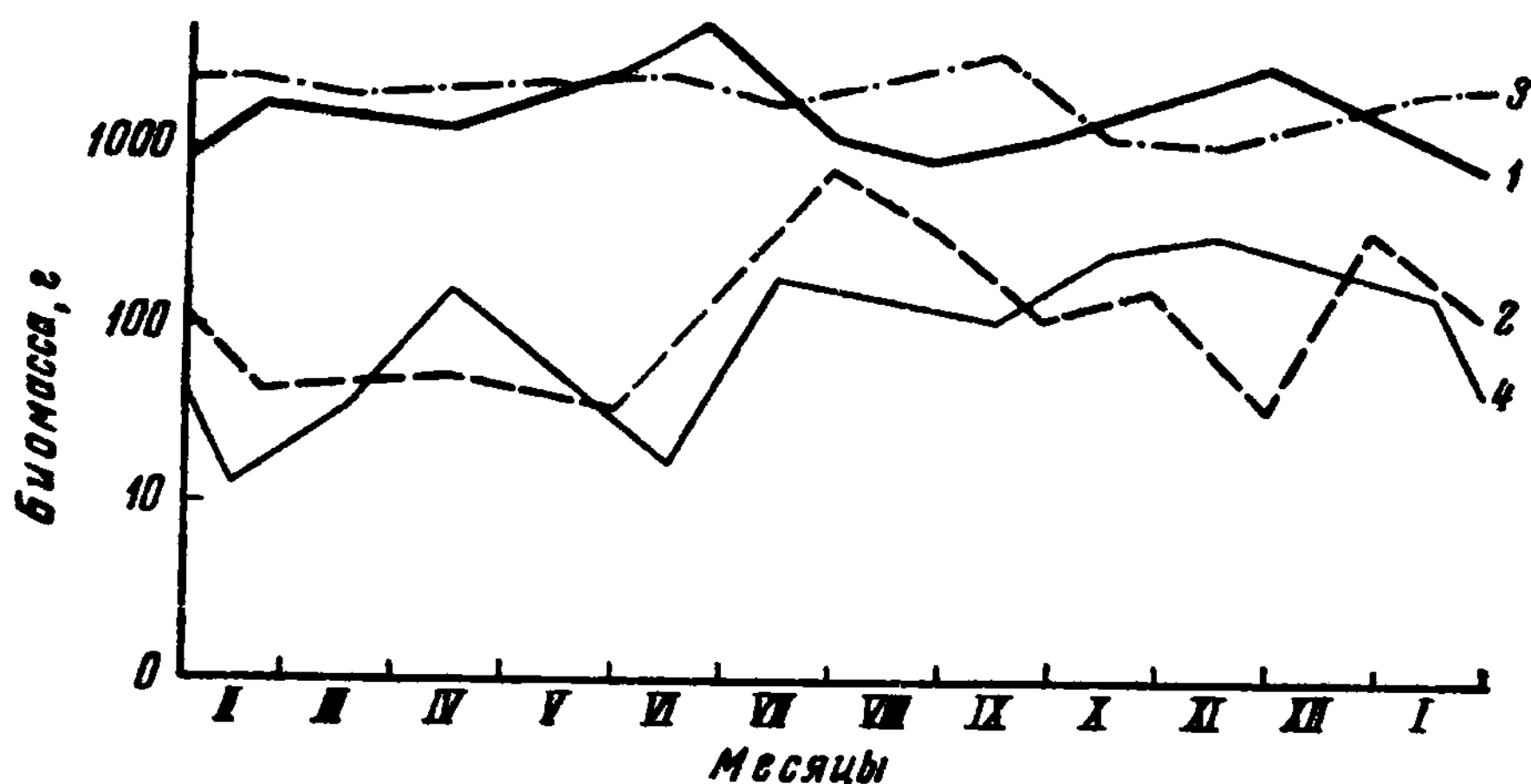


Рис. 1. Логарифмические кривые сезонной динамики биомассы цистозиры и массовых видов эпифитов.

1 — сезонная динамика биомассы цистозиры в Казачьей бухте (в г на m^2); 2 — сезонная динамика биомассы эпифитов в Казачьей бухте (в г на 1 кг сырого веса цистозиры); 3 — сезонная динамика биомассы цистозиры в Новороссийской бухте (в г на m^2); 4 — сезонная динамика биомассы эпифитов в Новороссийской бухте (в г на 1 кг сырого веса цистозиры)

падает к концу августа, когда быстро увеличивающееся с мая количество эпифитов достигает своего максимума. Новый подъем соответствует спаду биомассы летних сезонных эпифитов и в конце ноября

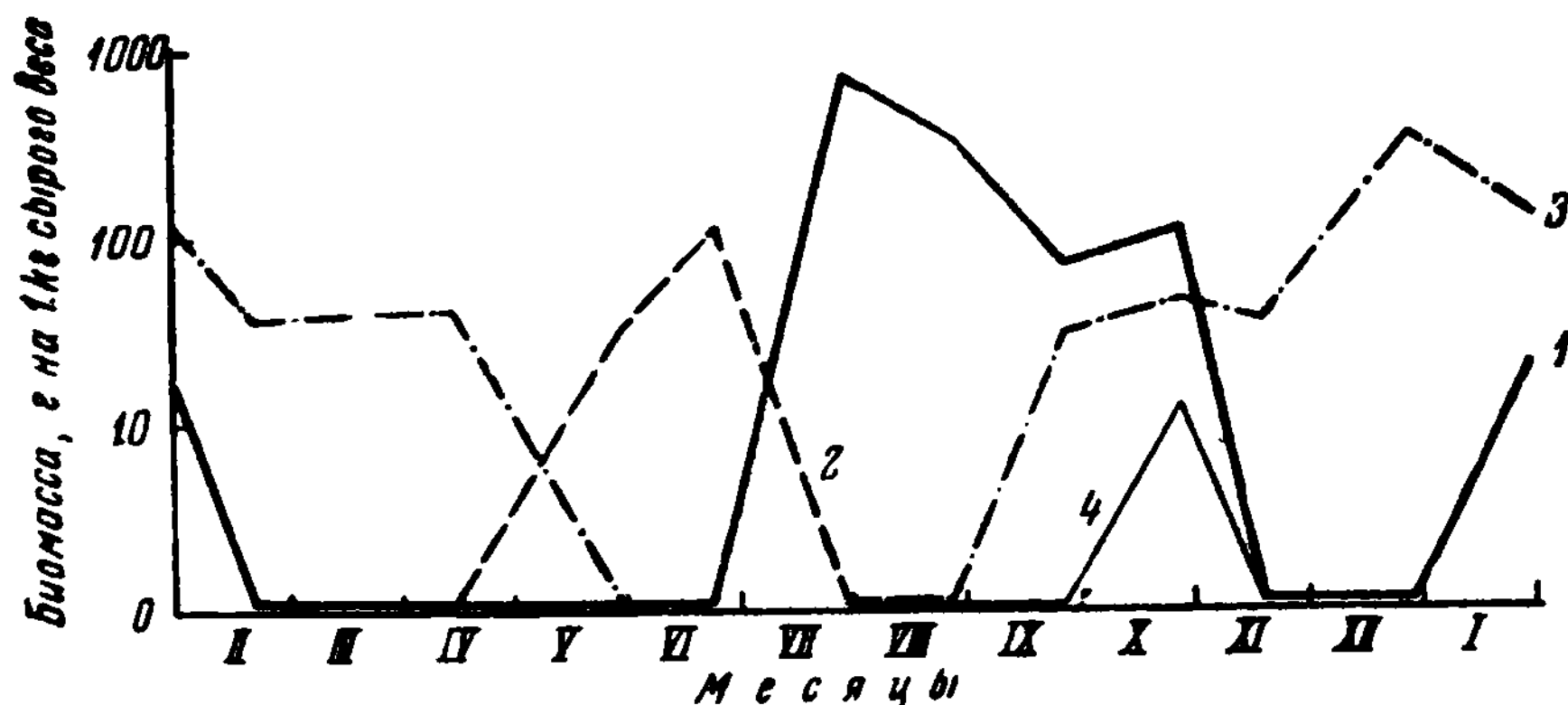


Рис. 2. Логарифмические кривые сезонной динамики биомассы массовых видов водорослей, эпифитирующих на цистозире в Казачьей бухте (в г на 1 кг сырого веса цистозиры)

1 — полисифония; 2 — стилофора; 3 — лауренция; 4 — диктиота

наблюдается второй осенний пик в развитии цистозиры, уступающий первому, летнему. Массовое развитие сезонных зимних эпифитов вызывает снижение роста цистозиры, которое продолжается и в конце декабря, хотя количество эпифитов тоже резко снижается. Это общее для цистозиры и ее эпифитов снижение можно, по-видимому, объяснить неблагоприятными экологическими факторами зимнего времени (уменьшение освещенности, штормы, снижение температуры).

При изучении динамики биомассы эпифитов мы обнаружили, что массовое развитие какого-либо одного вида оказывает угнетающее

влияние не только на цистозиру, но и на другие виды эпифитов. Это правило четко сформулировано В. П. Воробьевым (1949):

«Интенсивное развитие одного вида (или группы видов) происходит за счет подавления другого (другой группы), т. е. происходит в известной степени саморегуляция¹, обусловленная возможной степенью развития жизни в данных условиях местообитания и при данном населении» (Бентос Азовского моря, Крымиздат 1949 г., стр. 147).

Это явление подтверждается некоторыми работами, в том числе и работой Н. В. Морозовой-Водяницкой по фитопланктону Черного моря (1948).

На приведенном нами графике последовательно, начиная с зимы, господствуют следующие массовые виды эпифитов: лауренция, стилофора, полисифония. Диктиота развивается в сравнительно меньших количествах, но и то в этот период наблюдается некоторое уменьшение биомассы других видов.

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. На цистозире в Казачьей бухте эпифитирует 21 вид водорослей, из которых шесть видов встречаются почти круглый год.

2. Массовое развитие эпифитов оказывает угнетающее влияние на цистозиру.

3. Массовое развитие различных видов эпифитов никогда не бывает одновременным, а один преобладающий вид сменяется другим.

4. Смена массового развития одного вида массовым развитием другого вида эпифитов связана с сезонными изменениями среды, которые способствуют виду, наиболее приспособленному к ним, победить своих конкурентов.

ЛИТЕРАТУРА

- Арнольди К. В. 1921. Распределение растительности в суджукской лагуне (у Новороссийска). Изв. Ростовского гос. ун-та, № 10.
- Воробьев В. П. 1949. Бентос Азовского моря. Тр. Азово-Черноморск. ин-та рыбн. хоз. и океанографии, вып. 13.
- Воронихин Н. Н. 1908. О распределении водорослей в Черном море у Севастополя. Тр. Импер. СПб. общ. естествоисп. т. XXXVII, вып. 3.
- Зернов С. А. 1913. К вопросу об изучении жизни Черного моря. Записки АН физ.-мат. отделения, т. 32.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1927. Наблюдения над экологией водорослей Новороссийской бухты. Тр. Кубано-Черноморск. н.-и. ин-та, вып. 52.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1930. Сезонная смена и «миграции» водорослей Новороссийской бухты. Тр. Новороссийской биол. станции им. В. М. Арнольди, вып. 4.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1936. Опыт количественного учета данной растительности в Черном море. Тр. Севастопольск. биол. станции, т. V.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1940. Эпифитизм и вегетативное размножение цистозир в Черном море. Тр. Новороссийск. биол. станции, т. 2, вып. 3.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1948. Фитопланктон Черного моря, часть I. Тр. Севастопольск. биол. станции, т. VI.
- Переяславцева С. М. 1910. Материалы для характеристики флоры Черного моря. Спб.
- Чернов В. К. 1929. К биологии водорослей у Южного берега Крыма. «Русск. гидро-биол. журн.», т. VIII, № 8—9.

¹ Термин «саморегуляция» выбран автором явно неудачно, и, не меняя смысла формулировки, его можно заменить термином «конкурентная борьба».

В. Г. БОГОРОВ, М. Е. ВИНОГРАДОВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

(По материалам 26-го рейса э/с «Витязь»)

Планктон центральных районов Тихого океана только в последнее десятилетие привлек к себе внимание исследователей различных стран. Одной из побудительных причин для этого явилось развитие тунцеловного промысла в открытых частях океана.

Начиная с 1948—1950 гг., различные экспедиции проводят сезонные наблюдения за планктоном главным образом для определения районов его наибольших концентраций. Результаты подобных исследований опубликованы в статьях King а. Demond (1953), Hida а. King (1955), King а. Hida (1957) о планктоне центральных районов океана между 25° с. ш. и $5-10^{\circ}$ ю. ш. к западу от 180° , Sette а. Staff (1954) о вариациях в количестве планктона между 180° и 120° з. д. и 25° с. ш. 10° ю. ш., Legand (1957) о планктоне на разрезе от Новой Каледонии до экватора, King а. Hida (1954, 1957a) о планктоне гавайских вод и др. Эти работы рассматривают планктон главным образом с точки зрения пищевой базы тунцов и поэтому при детальном анализе количественного распределения обычно почти не приводят сведений о его видовом составе.

Цель исследования планктона в 26-ом рейсе «Витязя» — получение характеристики его поширотного изменения в интервале от 30° с. ш. до 40° ю. ш. Более высокие широты Тихого океана обоих полушарий были охвачены планктонными исследованиями в предыдущих рейсах «Витязя» на севере и «Оби» на юге. Очевидно, что для зональной характеристики планктона нас в равной степени интересовало и его количественное распределение, и изменения в видовом составе. Однако данная статья касается только первого вопроса. Предварительные данные о видовом составе планктона рассматриваемых районов имеются в отчете А. К. Гейнрих (1958).

Сборы планктона проводили на двух меридиональных разрезах; первый — по меридиану $186^{\circ}30' - 185^{\circ}30'$ в. д. от 32° с. ш. до $41^{\circ}20'$ ю. ш. был начат 13 ноября 1957 г. и кончен 11 января 1958 г.; второй — по меридиану $172^{\circ}30' - 173^{\circ}30'$ в. д. от 30° с. ш. до 37° ю. ш. продолжался с 19 января по 17 февраля 1958 г. На обоих разрезах было выполнено 83 планктонные станции (см. приложение 1).

Материал собирали путем вертикального облова верхнего слоя воды от 0 до 100 м. В качестве орудий лова использовали сети типа Джели с фильтрующим конусом из мельничного сита № 38 (38 ячеек в линейном сантиметре). Обычно применяли сети с площадью входного отверстия 0.5 м^2 (диаметр входного отверстия 80 см, фильтрующего

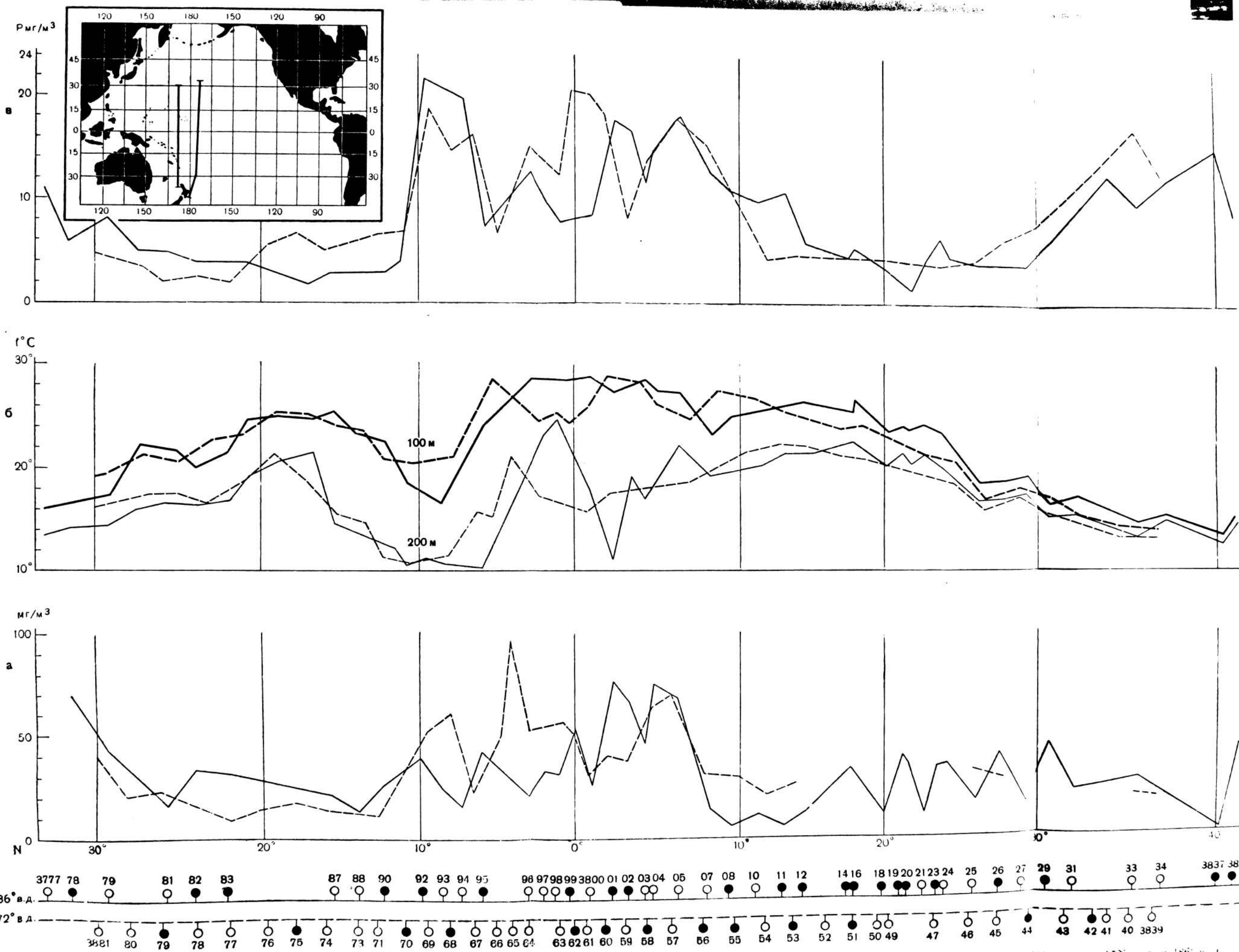


Рис. 1. Распределение наблюдаемой биомассы планктона в слое 0–100 м (а), температуры на глубине 100 и 200 м (б) и количества фосфора на глубине 100 м (в) на разрезах по 172° в. д. и 186° в. д.

конуса — 113 см), но при сильном ветре и большой волне их заменяли меньшими, с площадью входного отверстия 0,1 м² (диаметр входного отверстия 37 см, фильтрующего конуса — 50 см). Сети большего образца фильтровали при стандартном лове 50 м³ воды, меньшего — 10 м³. Полученную пробу без фиксации обсушивали на фильтровальной бумаге до удаления гигроскопической влаги и затем взвешивали на аптекарских или торсионных весах.

Сравнительно небольшой объем профильтрованной воды при мелкоячеистом сите, из которого были изготовлены сети, приводил к тому, что мы получили представление главным образом о распределении массовых мелких форм зоопланктона — Copepoda, Chaetognatha, Pteropoda, Appendicularia и др. животных макропланктона — крупных Heteropoda, креветок, головоногих и т. п. наши сети улавливали только случайно. Поэтому при взвешивании их не учитывали. Не учитывался также вес крупных Coelenterata и сальп.

После взвешивания пробу использовали для химического анализа и определения сухого веса (по высушивании при температуре 105° до постоянного веса). Для характеристики качественного состава планктона теми же сетями проводили вертикальные послойные ловы до глубины 500 м.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА

Сделанные в 26-ом рейсе э/с «Витязь» меридиональные разрезы начинаются в зоне северного тихоокеанского дрейфа, т. е. уже в тропической области с ее гораздо более бедным, чем в бореальной области, поверхностным планктоном. Оканчиваются они в субтропических водах южного полушария, также еще бедных планктоном, количество которого резко возрастает несколько дальше к югу. Но, хотя биомасса планктона на всем протяжении обоих разрезов остается значительно ниже, чем в умеренных водах, она претерпевает довольно существенные изменения, колеблясь от 7—10 до 60—90 мг/м³.

Ход изменения биомассы на обоих разрезах оказался довольно сходным. Наиболее богатая планктоном зона приходится на экваториальные районы, примерно от 12° с. ш. до 8° ю. ш. На первом разрезе (186° в. д.) она почти точно совпадает с экваториальным противотечением, а на втором (172° в. д.) охватывает противотечение и северную половину южного пассатного течения. К югу и к северу от этой богатой зоны в области пассатных течений и экваториальных частей области субтропических конвергенций биомасса планктона была наиболее низкой и вновь несколько повышалась за их пределами.

Такое распределение планктона далеко не случайно. По данным, полученным гидрологами в 26-ом рейсе э/с «Витязь», в районе между 14° с. ш. и 8° ю. ш. происходит значительный подъем глубинных вод, благодаря чему весь этот район сильно обогащается биогенными элементами, и в частности фосфатами, что можно видеть на рис. 1.

Определения первичной продукции органического вещества методом С¹⁴, проведенные Jitts (1957), по 170° в. д., показали, что от 14° ю. ш. до 4° ю. ш. за 1 час в 1 м³ воды фиксируется от 0,017 до 0,1 мг углерода, а в районе от 4° ю. ш. до экватора от 0,139 до 0,891 мг углерода. Таким образом, наибольшая продукция органического вещества наблюдается в районе экваториального подъема глубинных вод. Аналогичные результаты получила Л. В. Дёпьяш, проводившая определения первичной продукции в 26-ом рейсе э/с «Витязь». Таким образом, максимальные в тропической области количества зоопланктона оказываются приурочен-

ными к тем районам, где продуцируется наибольшее количество органического вещества.

К северу и югу от богатого экваториального района на большом пространстве наблюдается опускание изопики. В этих районах выход биогенных элементов к поверхности особенно затруднен и поверхностные воды оказываются сильно обедненными (Сметанин, 1958).

Бедные планктоном области соответствуют зоне северного тихоокеанского дрейфа на севере и южного пассатного дрейфа — на юге. Богатая экваториальная зона — экваториальному противотечению. Северное и южное пассатные течения лежат в районе перехода от зоны экваториального подъема глубинных вод к зонам субтропических конвергенций. Их широтное положение может заметно меняться по сезонам и в разных районах океана. При этом большая часть течения оказывается то над зоной подъема глубинных вод, то над зоной их глубокого залегания; в зависимости от этого среднее содержание планктона в его водах может то увеличиваться, то уменьшаться.

Гораздо больший интерес как по обилию планктона, так и по его распределению, связанному с поверхностными конвергенциями и дивергенциями — представляет собой область экваториального подъема глубинных вод.

В местах дивергенций и конвергенций создаются локальные скопления планктона. При конвергенции планктон сносится в зону опускания вод с широкой акватории, активно задерживается в поверхностных слоях и концентрируется здесь. Кроме того, в зоне фронта, как указывает В. Н. Степанов (1959), в воде постоянно образуются циклонические вихри, вызывающие подъем глубинных вод и обогащение поверхностных слоев биогенными элементами. В районе дивергенций на базе повышенного содержания биогенных элементов в поверхностных слоях воды развивается большое количество фито-, а вслед за ним и зоопланктона.

St. Nielsen (1937) указывает, что в районе Исландии развитие зоопланктона оказывается в стороне от фронта; так как в зоне фронта обильен фитопланктон, а зоопланктон развивается на его основе позже, уже в тех местах, куда за это время относится фитопланктон. King and Detmond (1953) высказывают предположение, что в тропиках, где все процессы происходят быстрее — максимум зоопланктона должен быть близок или совпадать с местом подъема вод, тем более, что здесь основное смещение вод происходит вдоль линии дивергенции, а не в сторону от нее. Действительно на наших разрезах при сравнении положения пиков биомассы планктона с пиками фосфатов и подъемом глубинных холодных вод, легко видеть, что все эти элементы фактически совпадают (рис. 1).

На разрезе по 186° в. д. при движении с севера на юг первое увеличение биомассы зоопланктона до 30—40 мг/м³ наблюдалось на станциях 3792—3793 (9°50'—8°34' с. ш.) и дивергенция, которой соответствует максимум фосфатов и минимум температуры на глубине 100 м, отмечены на тех же станциях. Значительный пик биомассы (более 70 мг/м³) имелся на станциях 3801—3805 (2°25'—6°50' с. ш.), максимум фосфатов наблюдался на тех же станциях, а понижение температуры, т. е. подъем глубинных вод, на станциях 3800—3803.

На разрезе по 172° в. д. наиболее северный пик биомассы планктона (станции 3869—3868) также совпадает с дивергенцией и с сопутствующим ей максимумом фосфатов. По своему положению (8°—9°30' с. ш.) он соответствует пику на первом разрезе (8°30'—9°50' с. ш.), хотя и выражен более четко.

Следующее значительное по величине (95 мг/м^3), но узкое по протяженности повышение биомассы планктона на станции 3865 (4° с. ш.) приходится на линию конвергенции на границе между экваториальным противотечением и южным пассатным течением. На первом разрезе этот пик отсутствует, так как экваториальное противотечение там простирается гораздо дальше на юг и конвергенция на его границе выражена слабо. На станциях 3863—3862 вновь намечается некоторое увеличение количества планктона, связанное с экваториальной дивергенцией. Наконец, появление обильного планктона на станциях 3857—3858 ($5^\circ\text{—}6^\circ 30' \text{ ю. ш.}$) связано с тем, что в этом районе выходит на поверхность южное пассатное антитечение («undercurrent» — американских авторов), которое обычно идет под пассатным течением (Бурков и Овчинников, 1958). Это также способствует обогащению поверхностных вод биогенными элементами. Таким образом, как и предполагали King a. Demond (1953), смещения максимума зоопланктона в сторону от района дивергенции в экваториальной зоне фактически не происходит и его наибольшие количества наблюдаются на тех же станциях, где в поверхностных водах присутствует наибольшее количество фосфатов.

ВЛИЯНИЕ СУТОЧНЫХ МИГРАЦИЙ

Сравнение количества планктона на следующих друг за другом дневных и ночных станциях показывает, что, как правило, ночью планктон верхнего 100-метрового слоя оказывается обильнее, чем днем. Возникает опасение, что колебания, связанные с суточным ходом миграций планктона, могут исказить картину его поширотных изменений. Поэтому очень важно попытаться оценить степень изменения биомассы планктона, вызванную суточными миграциями.

Вопрос о суточных миграциях в центральных районах Тихого океана специально обсуждался в некоторых работах. King a. Demond (1953) указывают, что суточная миграция в водах центральной части Тихого океана незначительна. В различное время года дневной и ночной планктон различался в среднем в 1,34—1,68 раза. На отдельных станциях эти различия колебались от 1,1 до 3,6 раза. M. Legand, из Океанографического института в Нумеа, сообщил нам, что в некоторых районах около Новой Каледонии ночной планктон может быть в четыре раза богаче дневного.

Возможно, что интенсивность миграций закономерно различается в водах различных течений. Так, King a. Hida (1957) нашли, что в северо-пассатном течении и экваториальном противотечении в верхнем слое (200 м) ночной планктон богаче дневного в 1,31—1,43 раза, в то время как в зоне экваториальной дивергенции в 1,76, а в южном пассатном течении в 1,94 раза. Этим авторам не удалось отметить связи между интенсивностью миграций и глубиной залегания слоя скачка или общим обилием планктона.

Самые значительные различия между дневным и ночным планктоном наблюдаются в поверхностном слое, где ночной планктон, по данным King a. Hida (1954), в среднем в 2,5 раза богаче дневного. С глубиной это различие уменьшается.

Наиболее активные миграции совершают более крупные планктеры. Они имеют и большую амплитуду миграций. Поэтому, чем более крупная сеть применяется для сбора планктона и чем большее значение в уловах приобретают крупные животные, тем в большей степени и до большей глубины будут сказываться различия в обилии дневных

и ночных ловов (Hida a. King, 1955). Таким образом, соотношения между обилием планктона в дневных и ночных ловах зависят от района работ, слоя облова и от частоты ячеи сети. Поэтому в каждом конкретном случае влияние суточных миграций должно специально определяться.

Таблица 1

*Изменение биомассы планктона в слое 0—100 м
в разное время суток*

№ станций	Время		
	12.10—13.30	16.00—18.00	23.00—01.00
3818	13,4	21,5	29,1
3823	—	25,6	36,1

К сожалению, во время нашего рейса не проводилось суточных станций, а повторные ловы были сделаны только на двух близлежащих станциях в зоне южного пассатного дрейфа (табл. 1). В среднем планктон в полдень оказался в 2,2 раза беднее, чем в полночь, и в 1,4 раза беднее, чем вечером. Однако этих данных недостаточно для суждения о суточных изменениях планктона по всему разрезу, так как в разных районах они могут существенно различаться.

Для получения среднего значения суточных различий можно было бы сравнить среднюю биомассу на всех сделанных нами дневных и ночных станциях. Но значительные колебания количества планктона в разных частях разреза, связанные со сменой водных масс, делают не достоверным такое сравнение. Чтобы избежать влияния колебаний биомассы планктона по районам, мы сравнивали биомассу на каждой ночной станции с двумя соседними дневными. Таким образом уменьшалось влияние общего возрастания или убывания биомассы в данном месте. Затем полученные цифры по соотношению дневного и ночного планктона осреднялись для всего разреза или для отдельных районов. В результате оказалось, что на разрезе по 186° в. д. в районе $30—20^\circ$ с. ш. дневной планктон примерно в 1,4 раза беднее ночного, в экваториальных районах от 15° с. ш. до 15° ю. ш. — в 1,8 раза, колеблясь на отдельных станциях от 1,55 до 2,2 раза, южнее 15° ю. ш. — в 2 раза, колеблясь от 1,5 до 2,3 раза. В среднем для всего разреза дневной планктон оказался в 1,75 раза беднее ночного. По величине отношения между ночным и дневным планктоном и увеличению этого отношения по мере продвижения на юг наши данные хорошо согласуются с результатами, полученными Кингом и Хида (1957), что, видимо, указывает на постоянство интенсивности миграций в определенных системах течений.

На разрезе по 172° в. д. южнее 15° ю. ш. в планктоне присутствовало большое количество сальп или слизистых скоплений синезеленых водорослей, которые не давали возможности правильно оценить биомассу планктона. В экваториальном районе, между 15° с. ш. и 15° ю. ш., дневной планктон был в 1,15—1,6 раза (в среднем в 1,3 раза) беднее ночного. Интенсивность суточных миграций на этом разрезе оказалась несколько меньшей, чем на предыдущем. Причины этого не ясны.

King a. Hida (1954), проводившие исследования суточных колебаний количества планктона в ограниченном районе близ Гавайских островов, где могло не учитываться влияние смены различных водных масс, нашли, что количество планктона в верхнем 200-метровом слое связано синусоидальной функциональной зависимостью со временем суток.

и ночных ловов (Hida, a. King, 1955). Таким образом, соотношения между обилием планктона в дневных и ночных ловах зависят от района работ, слоя облова и от частоты ячеи сети. Поэтому в каждом конкретном случае влияние суточных миграций должно специально определяться.

Таблица 1

Изменение биомассы планктона в слое 0—100 м
в разное время суток

№ станций	Время		
	12.10—13.30	16.00—18.00	23.00—01.00
3818	13,4	21,5	29,1
3823	—	25,6	36,1

К сожалению, во время нашего рейса не проводилось суточных станций, а повторные ловы были сделаны только на двух близлежащих станциях в зоне южного пассатного дрейфа (табл. 1). В среднем планктон в полдень оказался в 2,2 раза беднее, чем в полночь, и в 1,4 раза беднее, чем вечером. Однако этих данных недостаточно для суждения о суточных изменениях планктона по всему разрезу, так как в разных районах они могут существенно различаться.

Для получения среднего значения суточных различий можно было бы сравнить среднюю биомассу на всех сделанных нами дневных и ночных станциях. Но значительные колебания количества планктона в разных частях разреза, связанные со сменой водных масс, делают не достоверным такое сравнение. Чтобы избежать влияния колебаний биомассы планктона по районам, мы сравнивали биомассу на каждой ночной станции с двумя соседними дневными. Таким образом уменьшалось влияние общего возрастания или убывания биомассы в данном месте. Затем полученные цифры по соотношению дневного и ночного планктона осреднялись для всего разреза или для отдельных районов. В результате оказалось, что на разрезе по 186° в. д. в районе 30—20° с. ш. дневной планктон примерно в 1,4 раза беднее ночного, в экваториальных районах от 15° с. ш. до 15° ю. ш. — в 1,8 раза, колеблясь на отдельных станциях от 1,55 до 2,2 раза, южнее 15° ю. ш. — в 2 раза, колеблясь от 1,5 до 2,3 раза. В среднем для всего разреза дневной планктон оказался в 1,75 раза беднее ночного. По величине отношения между ночным и дневным планктоном и увеличению этого отношения по мере продвижения на юг наши данные хорошо согласуются с результатами, полученными Кингом и Хидой (1957), что, видимо, указывает на постоянство интенсивности миграций в определенных системах течений.

На разрезе по 172° в. д. южнее 15° ю. ш. в планктоне присутствовало большое количество сальп или слизистых скоплений синезеленых водорослей, которые не давали возможности правильно оценить биомассу планктона. В экваториальном районе, между 15° с. ш. и 15° ю. ш., дневной планктон был в 1,15—1,6 раза (в среднем в 1,3 раза) беднее ночного. Интенсивность суточных миграций на этом разрезе оказалась несколько меньшей, чем на предыдущем. Причины этого не ясны.

King a. Hida (1954), проводившие исследования суточных колебаний количества планктона в ограниченном районе близ Гавайских островов, где могло не учитываться влияние смены различных водных масс, нашли, что количество планктона в верхнем 200-метровом слое связано синусоидальной функциональной зависимостью со временем суток.

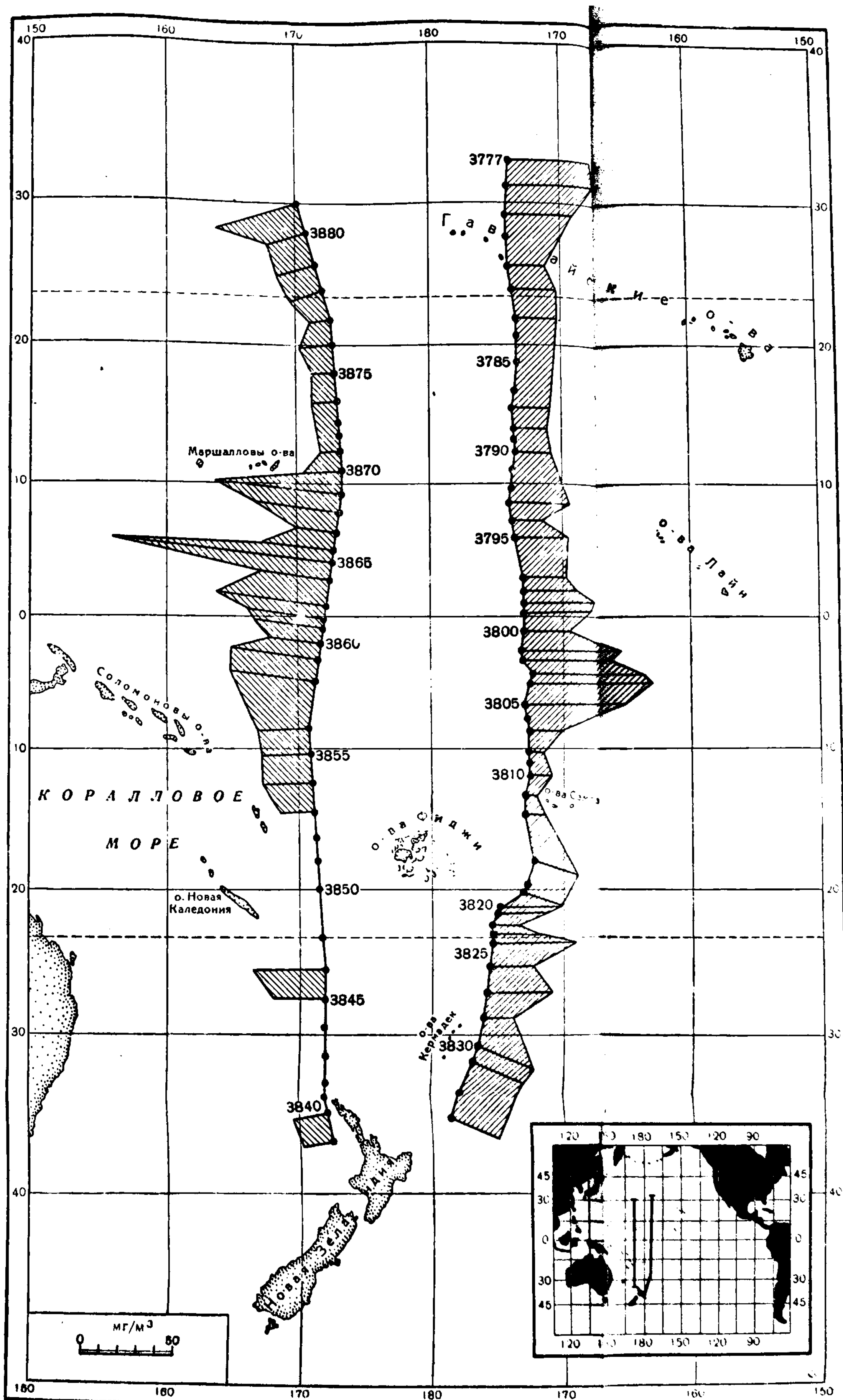


Рис. 2. Распределение биомассы зоопланктона в слое 0—100 м на меридиональных разрезах с учетом поправки на время взятия пробы, т. е. биомассы, приведенной к определенному времени суток (18 м).

Между логарифмом количества планктона и синусом времени (принимая, что в полночь $\text{Sin} \alpha = +1$, а в полдень $\text{Sin} \alpha = -1$) имеется прямая зависимость. Рассчитанный ими коэффициент регрессии имеет высокую степень достоверности.

Как мы видели, в разных системах течений и на различных широтах как общее количество планктона, так и отношение ночного количества к дневному, изменяются. Тем не менее и в этом случае можно попытаться ввести осредненную поправку, рассчитанную по методу Кинга и Хида, которая, если и не иллиминирует совсем, то уменьшит влияние суточных различий в колебании количества планктона.

Мы рассчитали средний коэффициент регрессии (b), объединив данные тропических станций обоих наших разрезов. Он оказался равным 0,1328 (что очень близко к средней величине коэффициента регрессии, полученной Кингом и Хидом (1957) для центральных районов Пацифики — 0,1248). Несмотря на то, что мы использовали материал из различных частей тропической области, достоверность рассчитанного нами коэффициента оказалась достаточно высокой: $t=5,01$; $p<0,01$.

Биомасса планктона на каждой станции с учетом приведения к одному и тому же времени суток (6 час. или 18 час.) дается в приложении 1, в графе «приведенная биомасса»¹.

Учет колебаний биомассы под влиянием суточных миграций показал, что на обоих разрезах рассмотренная выше картина поширотного изменения количества планктона фактически не зависит от суточных колебаний. При введении рассчитанной по методу Кинга и Хида (1954) поправки на миграции характер кривой поширотного распределения биомассы планктона остается тем же. Она приобретает более плавный ход (рис. 2).

Но следует иметь в виду, что вводимая поправка сравнительно грубо корректирует соотношение между обилием дневного и ночного планктона, так как она является осредненной для всего разреза. В отдельных случаях ее введение возможно искажает действительную картину. Поэтому при анализе связи распределения водных масс с обилием планктона мы пользовались фактическими данными по биомассе планктона на каждой станции, без поправки на суточную миграцию.

ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОСТИ ПЛАНКТОНА

Для получения более полной картины зонального изменения планктона в центральных районах Тихого океана проводили систематические определения процентного содержания жира в планктоне. Эти анализы выполняла М. А. Хромова.

Исследования жирности планктона проводятся сравнительно редко, особенно в географическом аспекте. В работе Wimpenny (1941) имеются данные по изменению процентного содержания жира в 17 пробах планктона из Атлантического и Индийского океанов, от 60° с. ш. до экватора. Другие исследования касаются преимущественно небольших районов.

Полученные нами данные (табл. 2) позволяют считать, что планктон в северном тропическом районе от 25° с. ш. до 12° с. ш. содержит в среднем 14,48% жира, в экваториальной области от 12° с. ш. до 8° ю. ш. — 8,7%, в южном тропическом районе от 8° ю. ш. до 26° ю. ш. — 10,57% и южнее линии южной субтропической конвергенции, т. е. южнее 26° ю. ш. — 19,5%.

¹ Приведенная биомасса ($B_{\text{пр}}$) рассчитывалась по формуле $\lg B_{\text{пр}} = a - bx$, где «а» — логарифм фактически наблюдаемой биомассы, «b» — коэффициент регрессии, «x» — синус времени.

Характер изменения жирности планктона хорошо виден на рис. 3. На обоих разрезах процент содержания жира уменьшается при следовании от высоких широт обоих полушарий к экваториальной области.

Таблица 2
Жирность планктона (в процентах от сухого веса)

№ станций	Содержание жира, %	№ станций	Содержание жира, %
Разрез по 186° в. д.		3831	9,2
3779	10,75	3838	27,3
3782	16,84	Разрез по 172° в. д.	
3787	15,95	3840	31,3
3790	14,4	3842	19,4
3792	9,7	3846	11,1
3797	10,9	3850	8,71
3801	6,1	3853	9,5
3802	5,93	3854	10,3
3803	6,11	3856	12,0
3805	3,95	3858	12,1
3816	14,8	3861	11,9
3818	20,5	3862	8,8
3820	7,1	3864	11,6
3823	9,8	3880	10,4
3824	11,9		
3829	10,2		

Видимо основной причиной уменьшения жирности планктона с приближением к экватору является повышение температуры воды. На рис. 3 ясно видна эта обратная зависимость. Известно, что жир по сравнению с другими основными компонентами тела организма (белки, углеводы и т. д.) является наиболее мобильным энергетическим ресурсом. В силу этого количество жира в организме легко изменяется.

Число генераций планктона в теплых областях в несколько раз больше, чем в холодных. Это приводит к менее длительному сроку жизни отдельных генераций. При исследовании числа генераций у калянусов в северной Атлантике (Богоров, 1934) было установлено, что развивающиеся в теплых водах рачки имеют меньший вес по сравнению с генерацией, развивающейся в холодных водах. Было замечено, что капли жира обычно имелись у рачков холодноводной генерации и всегда отсутствовали у тепловодной. Последние не имели и того красноватого цвета, который так характерен для жирных калянусов, обитающих в холодных водах. Вероятно, что и обитатели теплых тропических вод, благодаря более быстрому, чем у населения бореальных вод, обмену веществ, не имеют времени для накопления запасов жира. Интенсивный обмен приводит к уменьшению средних размеров животных, уменьшению их жирности и более короткому сроку жизни. Более длительно живущий планктон бореальных и особенно полярных областей имеет возможность для накопления запасов жира. Жировой запас — одна из характерных особенностей не только морских, но и наземных животных холодных областей.

Другим фактором, влияющим на содержание жира в планктоне, могут быть изменения качественного состава планктона. Состав планктона в поверхностных слоях сильно меняется в различных районах. Обычно главную роль в нем играют копеподы и другие ракообразные, особенно эуфаузииды и гиперииды. По весу ракообразные, как правило, составляют более 70—90% от общего веса планктона. Но в некоторых районах большое значение приобретают различные Pteropoda, Coelenterata,

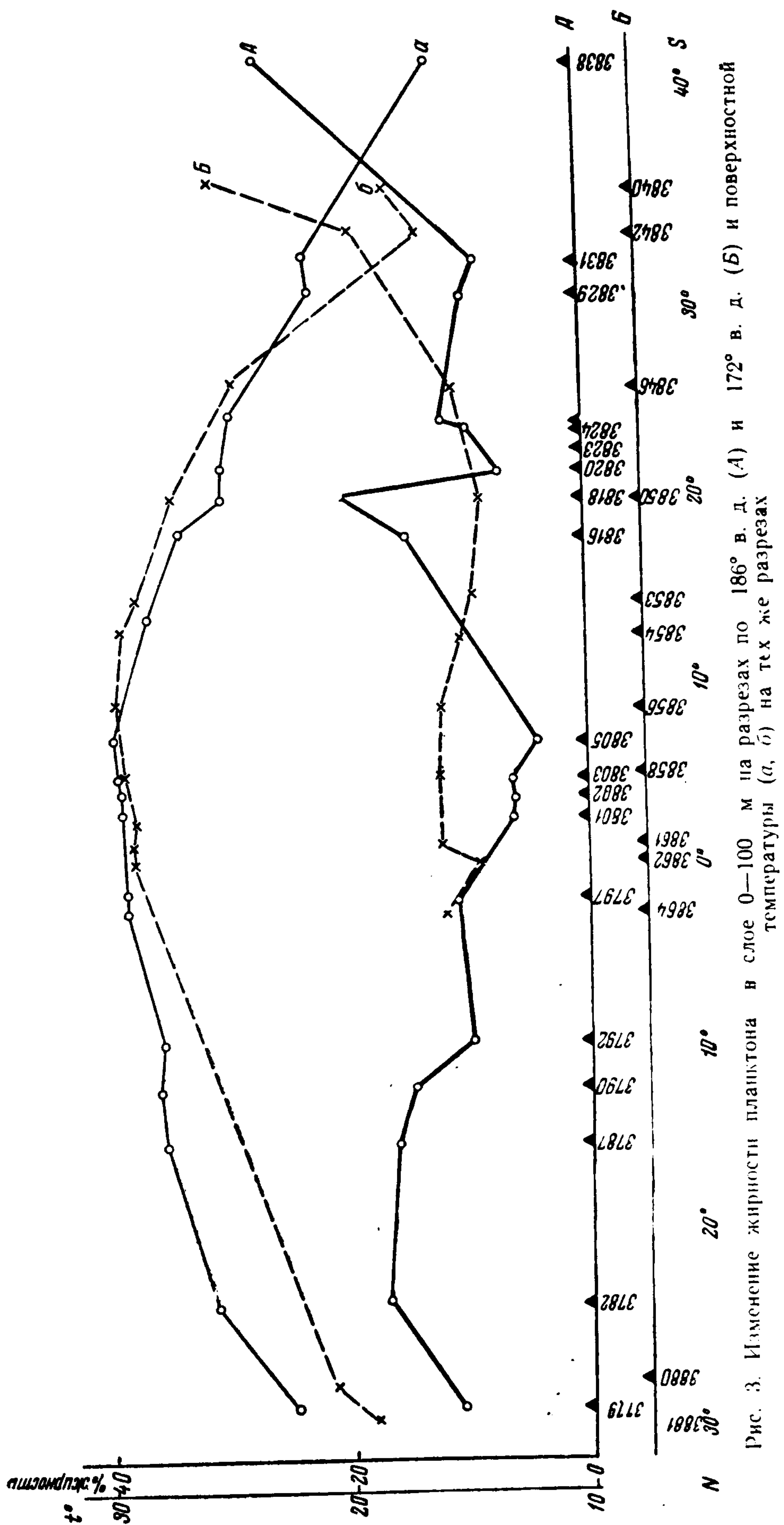


Рис. 3. Изменение жирности планктона в слое 0—100 м на разрезах по 186° в. д. (А) и 172° в. д. (Б) и поверхностной температуры (а, б) на тех же разрезах

chatha и др. В некоторых местах, особенно вблизи Новой Зеландии, планктоне присутствовало много сальп, а в море Фиджи — скопления синезеленых водорослей. Естественно, что в планктоне столь различного характера и процент жира будет различным.

Однако в то время как первый фактор (изменение температуры) видимо определяет общий ход кривой, второй (изменение видового состава) вызывает местные увеличения или уменьшения содержания жира.

Полученные нами данные хорошо согласуются с материалами Wimmer (1941). Таким образом, можно считать, что явление уменьшения жирности тропического планктона по сравнению с планктоном более холодных вод является общей закономерностью для всех океанов.

СРАВНЕНИЕ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПЛАНКТОНА В ДРУГИХ ТРОПИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ОКЕАНА

Сравнение полученных нами данных с материалами других авторов затруднительно, так как их сборы проводились по методике, более или менее отличной от нашей. Наиболее обширные материалы были получены King a. Demond (1953) и King a. Hida (1957), применявшими сравнительно крупноячеистые сети (отверстия 0,65 мм) и собиравшими планктон в слое 0—200 м. Кроме того, количество планктона большинством иностранных авторов оценивается по объему, а не по весу. Тем не менее даже общее сопоставление имеющихся в литературе данных с полученными нами представляет определенный интерес, так как оно дает представление о распределении планктона на обширных пространствах центральной части Тихого океана от 150° в. д. до 120° з. д.

На основании этих материалов можно считать, что в тропической области открытого океана относительно богатыми районами (с биомассой более 40 мг/м³) являются широты к северу от Гавайских островов, т. е. районы, прилегающие с юга к зоне смещения. Южнее 30° с. ш. в области тропического опускания вод количество планктона невелико (20 мг/м³). Затем оно значительно возрастает в зоне экваториального подъема вод, начиная примерно с 10—12° с. ш. и до 7—8° ю. ш. Южнее вновь идет бедная планктоном область, и его количество увеличивается лишь в субтропических водах, южнее 35—40° ю. ш. Эта схема сохраняется на всем широтном протяжении океана и, видимо, во все сезоны.

Сложнее обстоит дело с распределением более богатых и бедных зон внутри богатого экваториального района. Как уже говорилось, они связаны с тропическими конвергентными и дивергентными перемешиваниями вод. Но само положение и интенсивность этих дивергенций и конвергенций довольно непостоянно и подвержено сезонным и, очевидно, годовым колебаниям. Поэтому, например, в распределении планктона, которое мы наблюдали в ноябре — январе на разрезе по 174° з. д., и тем, которое наблюдали King a. Demond (1953) по тому же разрезу и примерно в тот же сезон (февраль, март), но в 1951 г., имеется мало общего. Местоположения планктонных пиков совершенно не соответствуют друг другу. В частности, по нашим данным, максимальное количество зоопланктона наблюдалось на 3—7° ю. ш., а по данным Кинга, на 3° с. ш. Это и не удивительно, так как во время работ King a. Demond границы экваториальных течений имели совсем другое положение. В частности, эти авторы указывают на хорошо выраженную конвергенцию на границе экваториального противотечения и южного пассатного течения, проходившую на 2—3° с. ш., в то время как мы обнаружили эту границу только значительно южнее экватора (7° ю. ш.).

На основании анализа своих материалов Кинг и Демонд приходят к выводу, что в том случае, когда северная экваториальная конвергенция хорошо выражена, зона, наиболее богатая зоопланктоном, находится между ней и экватором. В том случае, когда конвергенция выражена слабо, наибольшие скопления планктона наблюдаются к югу от экватора. Это вполне согласуется и с нашими наблюдениями. На разрезе по 174° з. д., где, как мы уже говорили, максимальное количество планктона занимает область между 3 и 7° ю. ш., конвергенция выражена слабо. Наоборот, на разрезе по 172° в. д., где на северной границе экваториального противотечения имеется хорошо выраженная конвергенция (около 4° с. ш.), большие количества планктона наблюдались непосредственно на той же широте и между конвергенцией и экватором. Правда, на этом разрезе имеется пик биомассы планктона и к югу от экватора, но его возникновение вызвано особыми причинами, о которых мы уже говорили выше при рассмотрении распределения планктона на этом разрезе. В более поздней работе о планктоне западной экваториальной Пацифики Кинг и Хидэ (1957) отмечают, что между 120° з. д. и 180° наибольшее количество планктона постоянно наблюдается в экваториальной дивергенции между $1^\circ 30' N$ и $1^\circ 30' S$. На наших разрезах, у экватора также наблюдаются пики планктона, но они не были максимальными для всего разреза, как это имеет место в восточной части океана. Это, видимо, связано с различной интенсивностью пассатов в восточных и центральных районах экваториальной зоны.

Относительное богатство планктона меняется не только по широте, но и по долготе. По данным Sette a. Staff (1954) и Sette (1955), между 180° и 120° з. д. наиболее богатый планктон в экваториальной зоне наблюдается в районе 140 — 150° з. д. По Кингу и Хидэ (1957), достоверные различия в количестве планктона по долготе имеются только в области экваториального противотечения, где планктон наиболее богат в районе 140° з. д.

Что касается сезонных колебаний в обилии планктона, то в противотечении в западной части океана наиболее богатый планктон наблюдался в апреле, мае и июне, т. е. в период преобладания северо-восточного пассата, а в южном пассатном течении вдоль экватора планктон богаче во второй половине года, когда превалирует сильный юго-восточный пассат. Кинг и Демонд (1953) писали, что в районе экватора в январе — марте планктон в $1,4$ — $1,7$ раза беднее, чем в июле — августе.

В работе Sette a. Staff (1954) также имеется указание, что наиболее бедный планктон у экватора наблюдается в январе — марте, а в остальное время года его количество довольно постоянно и превышает количество зимнего планктона в $1,3$ раза. Однако в дальнейшем Кинг и Хидэ (1957) на основании анализа своих обширных материалов пришли к выводу о статистической недостоверности сезонных различий.

В открытом океане вне экваториальных районов тропической области сезонных наблюдений производилось мало. Вероятно, что там, вне зоны сильных пассатных ветров, меняющих по сезонам свою интенсивность, сезонные изменения в количестве планктона выражены еще менее четко. И действительно, в Гавайских водах не удалось отметить заметных сезонных колебаний планктона (King a. Hida, 1954).

Наши материалы недостаточны для проведения сезонных сравнений. Сопоставление количества планктона на обоих сделанных нами разрезах показывает, что на разрезе по 174° в. д. планктон был несколько беднее, чем на разрезе по 172° з. д. Очевидно, это небольшое различие надо отнести за счет влияния многочисленных островов Меланезии и Микронезии, через группы которых проходил последний разрез.

Приложение № 1

Средняя биомасса зоопланктона в слое 0—100 м (мг/м³)

№ стан- ции	Координаты	Дата	Время	Сырой вес	Приведен- ная* био- масса	Сухой вес
3777	32° 48' с. ш. 185° 58' в. д.	16. II 1957	08.20—10.00	37,2	49,9	9,4
3778	31° 13' с. ш. 185° 52' в. д.	17—18. II 1957	00.10—01.40	70,0	52,2	8,7
3779	29° 22' с. ш. 185° 42' в. д.	18. II 1957	04.40—06.00	40,4	38,5	3,0
3781	25° 50' с. ш. 185° 50' в. д.	19. II 1957	0.9.45—11.15	16,0	20,8	1,4
3782	24° 03' с. ш. 186° 29' в. д.	19—20. II 1957	23.00—00.40	33,5	24,7	3,2
3783	22° 12' с. ш. 186° 29' в. д.	20—21. II 1957	23.55—00.30	31,6	23,3	
3787	15° 49' с. ш. 186° 14' в. д.	23. II 1957	06.10—07.00	20,2	21,2	2,5
3788	14° 04' с. ш. 186° 27' в. д.	24. II 1957	08.50—11.00	14,0	18,2	1,6
3790	12° 31' с. ш. 186° 27' в. д.	24—25. II 1957	23.20—00.40	27,0	19,9	2,5
3793	8° 34' с. ш. 185° 53' в. д.	26. II 1957	10.10—11.25	25,3	33,9	3,0
3794	7° 17' с. ш. 186° 23' в. д.	27. II 1957	03.50—05.40	17,6	15,7	2,9
3795	5° 58' с. ш. 186° 28' в. д.	27—28. II 1957	23.20—01.42	42,5	31,4	6,2
3796	3° 09' с. ш. 186° 49' в. д.	29. II 1957	07.40—08.00	21,4	24,8	5,5
3797	1° 58' с. ш. 187° 06' в. д.	29. II 1957	18.55—19.55	33,8	30,2	4,9
3798	1° 07' с. ш. 186°	30. II 1957	11.10—12.00	32,1	43,4	4,6
3799	0° 15' с. ш. 186° 57' в. д.	1. XII 1957	00.30—00.50	55,0	40,7	11,5
3800	1° 06' ю. ш. 187° 16' в. д.	1. XII 1957	08.40—08.55	21,0	25,9	5,0
3801	2° 25' ю. ш. 186° 33' в. д.	1. XII 1957	22.40—23.00	18,5	58,6	9,9

Приложение № 1 (продолжение)

№ стан- ции	Координаты	Дата	Время	Сырой вес	Приведен- ная* био- масса	Сухой вес
3802	3° 20' ю. ш. 186° 47' в. д.	2. XII 1957	21.35—22.40	68,5	52,6	10,2
3803	4° 31' ю. ш. 187° 44' в. д.	3. XII 1957	11.20—11.50	48,0	64,8	7,0
3804	4° 57' ю. ш. 187° 24' в. д.	4. XII 1957	05.00—05.20	77,0	71,7	11,5
3805	6° 48' ю. ш. 187° 02' в. д.	4. XII 1957	19.20—20.40	69,0	59,2	7,1
3807	8° 36' ю. ш. 187° 28' в. д.	5. XII 1957	16.10—16.30	16,2	18,4	1,8
3808	10° 7' ю. ш. 187° 23' в. д.	6. XII 1957	04.20—05.20	7,5	6,9	1,2
3810	11° 49' ю. ш. 187° 29' в. д.	6. XII 1957	17.20—18.50	12,8	12,7	2,1
3811	13° 26' ю. ш. 187° 10' в. д.	7. XII 1957	21.50—22.10	7,1	5,5	0,9
3812	14° 49' ю. ш. 187° 04' в. д.	8. XII 1957	21.45—23.45	14,0	10,5	1,9
3814	17° 57' ю. ш. 183° 16' в. д.	17. XII 1957	22.55—23.40	37,0	27,7	5,3
3815	18° 49' ю. ш. 185° 26' в. д.	20. XII 1957	12.00—12.20	16,2	21,9	3,1
3816	18° 02' ю. ш. 187° 46' в. д.	21. XII 1957	01.00—02.15	35,0	26,7	2,9
3818	20° 07' ю. ш. 186° 55' в. д.	21—22. XII 1957	17.00—17.30 00.10—00.15 12.10—12.30	22,0 29,1 13,4	23,1 21,5 18,2	1,7 3,9 2,1
3819	21° 15' ю. ш. 185° 07' в. д.	23. XII 1957	20.20—20.35	41,8(?)	34,7(?)	
3820	21° 35' ю. ш. 185° 14' в. д.	24. XII 1957	00.55—02.36	38,2(?)	29,0(?)	4,0
3821	22° 33' ю. ш. 184° 30' в. д.	24. XII 1957	09.15—11.15	10,4	13,7	1,9
3823	23° 17' ю. ш. 185° 13' в. д.	27—28. XII 1957	23.45—00.25 18.10—18.30	36,1 25,6	26,6 25,0	4,4 4,3
3824	23° 53' ю. ш. 184° 42' в. д.	29. XII 1957	13.20—13.50	37,5	49,6	3,1
3825	25° 39' ю. ш. 184° 35' в. д.	30. XII 1957	09.00—09.20	19,4	24,1	3,5

Приложение № 1 (продолжение)

№ стан- ции	Координаты	Дата	Время	Сырой вес	Приведен- ная* био- масса	Сухой вес
3826	27° 15' ю. ш. 184° 21' в. д.	31. XII 1957	19.00—20.20	42,4	37,0	4,5
3827	28° 55' ю. ш. 183° 57' в. д.	1. I 1958	18.15—18.30	17,3	16,9	2,3
3829	30° 32' ю. ш. 183° 22' в. д.	4—5. I 1958	23.50—00.20	46,6	34,4	5,5
3831	32° 00' ю. ш. 182° 47' в. д.	7. I 1958	11.30—11.50	23,0	31,1	3,2
3833	35° 24' ю. ш. 181° 23' в. д.	8. I 1958	17.05—18.05	29,0	30,1	1,3
3834	37° 04' ю. ш. 180° 52' в. д.	9. I 1958	12.45—13.14	99 сальпы		5,9
3837	40° 11' ю. ш. 177° 47' в. д.	11. I 1958	09.00—10.10	1,2		0,4
3838	41° 19' ю. ш. 177° 44' в. д.	11—12. I 1958	23.25—01.10	44,2		5,2
3839	36° 53' ю. ш. 172° 31' в. д.	19. I 1958	14.00—19.25	18,9		2,2
3840	35° 17' ю. ш. 172° 12' в. д.	20. I 1958	06.20—07.40	18,6	20,3	2,8
3842	33° 16' ю. ш. 191° 59' в. д.	20. I 1958	21.00—22.25	152,5 Eupha- siaceae		14,4
3843	31° 47' ю. ш. 172° 00' в. д.	21. I 1958	11.55—12.15	41,4 сальпы		2,0
3844	29° 52' ю. ш. 172° 00' в. д.	22. I 1958	00.44—01.20	42,6 сальпы		5,6
3845	27° 40' ю. ш. 171° 56' в. д.	22. I 1958	16.55—18.40	28,4	28,7	2,7
3846	25° 41' ю. ш. 171° 50' в. д.	23. I 1958	12.55—13.15	32,3	42,5	4,0
3847	23° 21' ю. ш. 171° 55' в. д.	24. I 1958	16.00—16.35	Слизь. Сеть не фильтровала.		
3848	12° 29' ю. ш. 170° 23' в. д.	25. I 1958	11.30—11.40	Слизь. Сеть не фильтровала.		
3850	20° 01' ю. ш. 171° 02' в. д.	31. I 1958	06.35—07.00	Слизь. Сеть не фильтровала.		
3851	18° 12' ю. ш. 171° 0' в. д.	31. I 1958	19.25—21.10	Слизь. Сеть не фильтровала.		

Приложение № 1 (продолжение)

№ станции	Координаты	Дата	Время	Сырой вес	Приведенная* био-масса	Сухой вес
3852	16° 27' ю. ш. 171° 06' в. д.	1. II 1958	07.5—09.15	Слизь. Сеть не фильтровала.		
3853	14° 31' ю. ш. 171° 20' в. д.	1—2. II 1958	23.45—00.15	26	19,2	3,8
3854	12° 36' ю. ш. 170° 37' в. д.	2. II 1958	12.55—15.00	21,0	28,0	1,7
3855	10° 30' ю. ш. 170° 15' в. д.	3. II 1958	04.35—05.55	30,0	28,0	4,0
3856	8° 28' ю. ш. 171° 09' в. д.	3. II 1958	18.45—19.00	32,00	29,8	3,6
3858	4° 55' ю. ш. 171° 47' в. д.	5. II 1958	01.25—02.20	64,0	48,9	5,0
3859	3° 22' ю. ш. 172° 02' в. д.	5. II 1958	12.30—13.00	37,0	49,6	4,0
3860	2° 4' ю. ш. 171° 57' в. д.	6. II 1958	00.55—01.15	40,0	29,8	5,1
3861	0° 45' ю. ш. 171° 54' в. д.	6. II 1958	12.05—14.35	30,5	40,6	2,6
3862	0° 04' ю. ш. 171° 53' в. д.	6. II 1958	19.50—20.05	52,0	44,6	5,7
3863	0° 55' с. ш. 171° 50' в. д.	7. II 1958	07.00—08.07	56,0	63,4	7,7
3864	2° 56' с. ш. 172° 43' в. д.	7. II 1958	23.25—23.45	52,0	38,5	4,7
3865	4° 05' с. ш. 172° 08' в. д.	8. II 1958	10.55—11.05	95,0	124,3	10,4
3866	5° 05' с. ш. 172° 16' в. д.	8. II 1958	19.50—20.50	47,8	40,2	5,9
3867	6° 28' с. ш. 172° 49' в. д.	9. II 1958	08.10—08.35	21,7	25,7	
3868	7° 59' с. ш. 173° 12' в. д.	9. II 1958	21.30—22.00	61,5	47,7	11,2
3869	9° 23' с. ш. 173° 36' в. д.	10. II 1958	10.10—11.08	54,5	72,6	6,2
3870	10° 55' с. ш. 173° 29' в. д.	11. II 1958	00.20—00.40	29,5	21,8	5,5
3871	12° 23' с. ш. 173° 20' в. д.	11. II 1958		10,0		1,4

Приложение № 1 (окончание)

№ станции	Координаты	Дата	Время	Сырой вес	Приведенная, биомасса	Сухой вес
3874	16° 08' с. ш. 173° 10' в. д.	13. II 1958	05.30—06.30	14,4	14,4	2,4
3875	18° 02' с. ш. 173° 09' в. д.	13. II 1958	22.40—23.10	17,0	12,7	1,2
3876	19° 57' с. ш. 172° 37' в. д.	14. II 1958	11.40—12.35	14,1	19,1	1,5
3877	21° 59' с. ш. 172° 20' в. д.	15. II 1958	10.30—10.50	8,5	11,3	1,8
3878	23° 55' с. ш. 171° 50' в. д.	16. II 1958	10.10—02.25	14,5	18,9	1,7
3879	25° 57' с. ш. 171° 14' в. д.	16. II 1958	18.20—18.35	23,3	22,4	
3880	27° 60' с. ш. 170° 32' в. д.	17. II 1958	15.05—15.30	18,2	22,2	
3881	29° 55' с. ш. 169° 55' в. д.	18. II 1958	09.00—09.20	40,0	49,8	

Примечание. Станции №№ 3777 — 3846 — время по 12 поясу. Станции №№ 3853 — 3881 — время по 11 поясу.

ЛИТЕРАТУРА

- Бурков В. А. и Овчинников И., 1958. Особенности структуры зональных потоков в центральной части Тихого океана в зиму северного полушария. Отчет о работах 26-го рейса э/с «Витязь», т. II. М., Ин-т океанологии АН СССР.
- Гейнрих А. К. 1958. Отчет о распределении копепод в центральной части Тихого океана. Отчет о работах 26-го рейса э/с. «Витязь», т. I. М., Ин-т океанологии АН СССР.
- Сметанин Д. 1958. Некоторые черты химии вод центральной части Тихого океана. Отчет о работах 26-го рейса э/с «Витязь», т. II. М., Ин-т океанологии АН СССР.
- Степанов В. Н. 1959. Основные конвергенции и дивергенции вод Мирового океана. бюлл. океанограф. комиссии, № 6.
- Богоров V. G. (Богоров В. Г.). 1934. Seasonal changes in biomass of *Calanus finmarchicus* in the Plymouth area. J. Mar. Biol. Ass. U. K., v. 19.
- Jitts H. K. 1957. Études de Productivité. Rapport technique de l'Expedition Equapac (Croisiere 56—4). Rap. Sci. N 3 Inst. Franc. d'Océanie. Noumea.
- Hida T. S. a. King J. E. 1955. Vertical distribution of zooplankton in the central Equatorial Pacific. July — August. 1952. Un. St. Dep. of the inter. fish and wildlife service. Spec. Scient. Rep.—Fish., N 144.
- King J. E. a. Demond J. 1953. Zooplankton abundance in the Central Pacific. U. S. Dep. of the inter. fish and wildlife service. Fishery Bulletin, 82.
- King J. E. a. Hida T. S. 1954. Variations in zooplankton abundance in Hawaiian waters. 1950—1952. U. S. Dep. of the inter. fish. and wildfe service. Spec. Rep.—fisheries, N 118.
- King J. E. a. Hida T. S., 1957. Zooplankton abundance in the Central Pacific. Pt. 2. U. S. Dep. of the inter. fish and wildlife service. Fishery Bulletin, 118.
- King J. E. a. Hida T. S. 1957a. Zooplankton abundance in Hawaiian waters 1953—1954. Ibid. N 221.
- Legand M. 1957. Variations quantitatives du zooplancton Recolte par l'Orsom III pendant la croisiere 56—4 (Equapac). Rap. Scient. N 2. Inst. Franc. d'Océanie, Noumea.

-
- N i e l s e n St. 1937. The annual amount of organic matter produced by the Phytoplankton in the Sound of Helsingø. Medd. Komm. Danmarks Fisheri — og Havundevs. Serie Plankton, II, N 4.
- S e t t e O. E. 1955. Consideration of midocean fish production as related to oceanic circulatory systems. Jour. of Mar. Res. v. 14, N 4.
- S e t t e O. E. a. S t a f f. 1954. Progress in Pacific oceanic fishery investigations, 1950--53. Un. St. Dep. of the inter. fish and wildlife service. Spec. Sc. Rep — fisheries N 116.
- W i m p e n n y R. S. 1941. Organic polarity some ecological and physiological aspects. Quart. Rev. Biol., v. 16, N 4.
-

Е. Г. СВИРЕНКО

К ВОПРОСУ О ПИТАНИИ ЧЕРНОМОРСКИХ БАЛЯНУСОВ

Задача настоящей работы — изучение состава пищи и скорости ее переваривания черноморскими балянусами. Скорость переваривания пищи балянусами мы изучали в зависимости от температуры, как фактора, оказывавшего на этот процесс наибольшее влияние.

Объектами изучения были черноморские балянусы: *B. improvisus* Darwin и *B. eburneus* Gould. Балянусы добывали в Геленджикской и Новороссийской бухтах.

Состав пищи определяли при просмотре кишечников балянусов, живых или зафиксированных, тотчас после их извлечения из моря, а также при просмотре фекальных масс (по методу Н. С. Гаевской, 1954).

Основная пища черноморских балянусов в октябре — ноябре 1957 г. состояла из диатомовых водорослей. При этом оказалось, что состав диатомовых в пище балянусов очень сходен с составом диатомей в диатомовом обрастании цистозиры. Поэтому при постановке опытов на скорость переваривания пищи у балянусов мы пользовались в качестве корма растительным обрастанием цистозиры.

В сериях опытов длительностью от 7 до 25 дней балянусы, как правило, находились большей частью по одному в каждом кристаллизаторе с количеством воды от 250 до 500 мл. При большем количестве животных объем воды в кристаллизаторах доводили до 1000 мл.

Аэрация обеспечивалась сменой морской воды через 3—4 дня и частичным продуванием. Перед началом опытов по выяснению скорости переваривания пищи балянусы подвергались принудительному голоданию в течение двух-трех дней. Для этого они содержались в кристаллизаторах с отфильтрованной водой. После полного освобождения кишечников, когда прекращалось выделение фекалий, в кристаллизаторы с балянусами вносился корм. Скорость переваривания пищи определялась с момента дачи корма до появления первого оформленного фекалия. Наблюдения за выходом фекалий производились до их первого появления каждые полчаса. Опыты по исследованию влияния измененной температуры на скорость переваривания пищи балянусами производили в термостате.

Для выявления состава пищи балянусов было просмотрено 89 кишечников и 20 фекальных комков. При этом оказалось, что в данное время года кишечники большинства балянусов (58%) были почти пустыми. Такое слабое питание балянусов явилось, вероятно, следствием нерестового периода. Все просмотренные нами балянусы имели зрелые половые продукты. В мантийной полости балянусов часто можно было наблюдать науплиусов. В пищевом комке балянусов были обнаружены

преимущественно диатомовые водоросли: *Synedra*, *Navicula*, *Surirella*, *Rhabdonema*, *Grammatophora*, *Licmophora*, *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Podocycloneis*, *Nitzschia*, *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Leptocylindrus*, *Pleurosigma*.

Изредка в кишечниках баянусов были обнаружены перидиней — *Prorocentrum micans*, *Dinophysis sacculus* и полупереваренные остатки копепод.

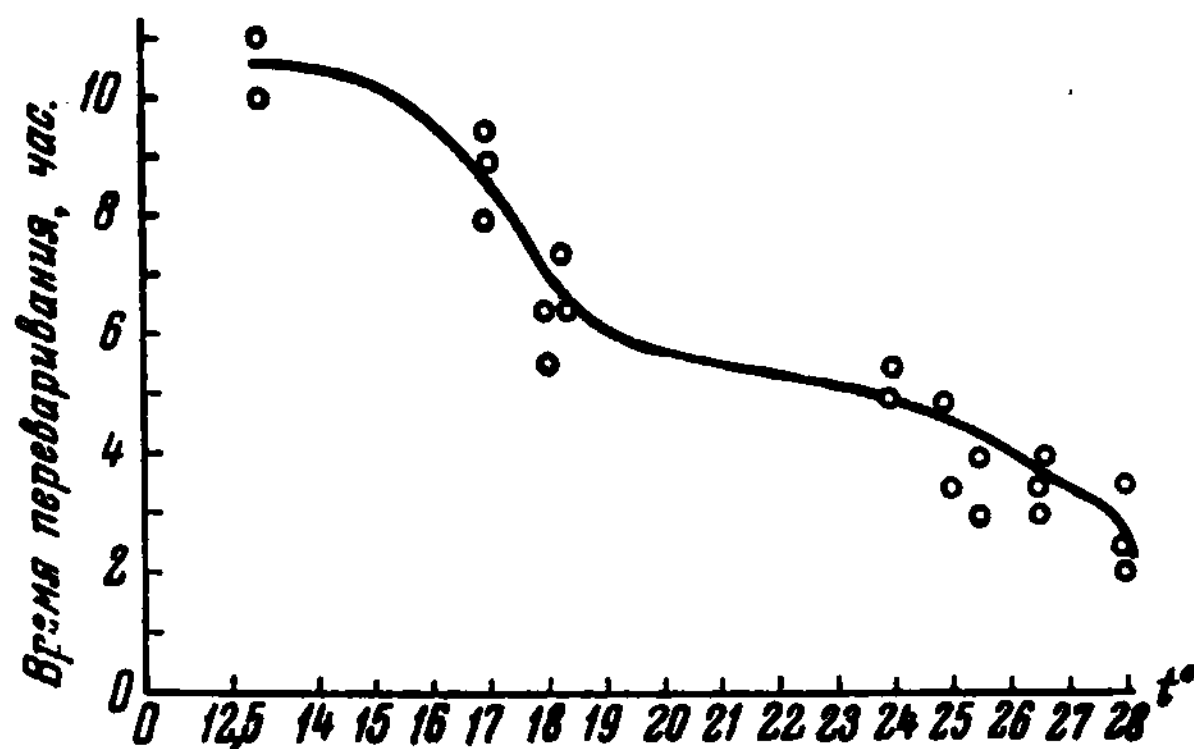


Рис. 1. Скорость переваривания пищи *V. improvisus* в зависимости от температуры

Таким образом, наши данные по составу пищи баянусов (*V. improvisus* и *V. eburneus*) Черного моря согласуются с данными Marshall (1955) по питанию *V. improvisus*, который указывает, что баянусы питаются почти исключительно фитопланктоном. Он связывает рост баянусов с количеством фитопланктона в море и считает, что рост увеличивается при массовом развитии фитопланктона.

Данные Е. П. Турпаевой (1953) показывают, что основную массу содержимого пищеварительного тракта баянусов составляли фрагменты копепод, детрит, содержащий большое количество щетинок, скелеты диатомовых, тинтинид, перидиней, фораминифор и др.

Можно думать, что состав пищи баянусов может несколько меняться в различные сезоны года, поскольку он зависит от состава планктона.

Скорость переваривания пищи исследовали при температуре от 12,5 до 28° С. В общем было поставлено 27 опытов. Из них 17 опытов с 363 экземплярами *V. improvisus* и 10 опытов с 41 экземпляром *V. eburneus*.

Результаты этих опытов для *V. improvisus* представлены на рис. 1. Сходная кривая получена также для *V. eburneus*.

На рис. 1 видно, что скорость переваривания пищи баянусами изменяется от 10—11 часов при 12—16° до 2—3 часов при температуре 27—28° С. При этом скорость переваривания наиболее быстро увеличивалась в температурных интервалах от 17 до 18° и от 26 до 28° С. Величина коэффициента Q_{10} переваривания пищи баянусами в интервале от 14 до 24° С была равна 2, а в интервале от 18 до 28° она составляла 2,3. Полученная нами величина Q_{10} (2—2,3) соответствует аналогичной величине Q_{10} дыхания тех же баянусов, полученной К. С. Арбузовой (1957).

Таким образом, наблюдения за составом пищи баянусов в осеннее время показали, что основной пищей их являются диатомовые водоросли. Только иногда в кишечниках баянусов встречались перидиней — *Prorocentrum micans*, *Dinophysis sacculus* и полупереваренные остатки копепод. Результаты наблюдений за скоростью переваривания пищи:

черноморскими баянусами показывают, что с повышением температуры воды скорость переваривания пищи баянусами увеличивается. При этом величина коэффициента Q_{10} около двух.

ЛИТЕРАТУРА

- Арбузова К. С. Дыхание основных организмов, обрастающих суда на Черном море. 1957. «Рыбн. хоз-во СССР», № 2.
- Гаевская Н. С. Питание и пищевые связи животных, обитающих среди донной растительности и в береговых выбросах Черного моря. Сообщение I. Питание брюхоногого моллюска *Rissoia splendida* Eichw. 1954. Тр. Ин-та океанологии, т. VIII
- Гурпаева Е. П. Питание и пищевые группировки морских донных беспозвоночных. 1953. Тр. Ин-та океанологии, т. VII.
- Marshall Nelson. Measurement of plankton feeders in relation to gross production. Ecology, 36, N 2, 1955.
-

Е. И. БЕТЕШЕВА

**ПИТАНИЕ КАШАЛОТА (PHYSETER CATODON L.)
И БЕРАРДИУСА (BERARDIUS BAIRDII STEJNEGER)
В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ**

(по материалам 1953—1954 гг.)

Экспедиция по изучению китообразных дальневосточных морей Института океанологии АН СССР и ТИНРО занимается исследованием питания и кормовых объектов китов с 1951 г. Результаты анализа 360 желудков кашалотов, собранных в 1951 г., освещены в статье Е. И. Бетешевой и И. И. Акимушкина (1955). Данные обработки 437 желудков кашалотов и семи желудков берардиусов, собранных в 1953—1954 гг., показали, что в эти годы количественные соотношения различных объектов питания и качественный состав пищи несколько отличаются от отмечавшихся в 1951 г.

При сравнении качественного состава пищи кашалотов прикурильского района и японских вод (Mizue, 1951) наблюдаются большие различия. В рационе кашалота из японских вод рыбы составляют значительно меньший процент, чем у кашалотов из прикурильского района, и видовой состав рыб иной. Кроме того, у кашалотов-самцов из курильских вод пища значительно разнообразнее, чем у самок.

Из сказанного выше следует, что питание кашалота, а также берардиуса в разные годы и в разных районах различно.

МАТЕРИАЛ.

В 1953 г. сбор материала производился с 22 июня по 15 сентября на четырех китобазах на островах Шикотане, Итурупе и Симушире сотрудниками экспедиции: Е. И. Бетешевой, Е. И. Ивановой, Е. С. Чужакиной, И. И. Акимушкиным, В. М. Гудковым и Д. И. Юрченко. Было исследовано 642 кашалота, из них у 416 детально просмотрено содержимое желудков.

В 1954 г. исследование китов проводилось только в двух пунктах: вначале на самом южном острове Курильской гряды — Шикотане, а затем на северном — Парамушире. Основная масса китов была исследована на самом северном китокомбинате «Подгорный», расположенном на острове Парамушире. В этом пункте работа проводилась сотрудниками экспедиции Е. И. Бетешевой и А. В. Яблоковым с 30 июля по 15 сентября. Всего проанализировано 32 кашалота.

На всех наблюдательных пунктах как в 1953, так и в 1954 г. производились измерения объема и веса содержимого желудков. Если объекты питания хорошо сохранились, их количество в желудках просчитывали. Обычно учитывали содержимое во всех трех отделах желудка.

Установление видового состава компонентов пищи проводили по методике, указанной в нашей предыдущей статье (Бетешева и Акимушкин, 1955). Коллекция эталонов пищевых объектов в наших сборах значительно увеличилась. Полупереваренные и целиком сохранившиеся в желудках кальмары, осьминоги и рыбы определялись обычным способом. Так как черепа, сошники, кости жаберных крышек, челюстные, нёбные кости и отолиты костистых рыб дольше всего сохраняются в желудке, видовую принадлежность рыб определяли преимущественно по этим костям. Акул и скатов, разрушенных пищеварением, определяли по яйцам, капсулы которых не поддаются действию желудочного сока. Определение остатков кальмаров и осьминогов проводили по клювам (челюсти), радуле, крючьям и присоскам щупальцев, если они сохранялись. Под действием желудочного сока китов у кальмаров и осьминогов вначале отделяется голова от туловища, потом переваривается туловище вместе с внутренними органами. В результате от туловища остается только хитиновая осевая опорная пластинка — гладиус. Голова со щупальцами переваривается медленнее, чем туловище кальмара, но после переваривания и этих частей тела остаются челюсти (клювы). Клювов в желудках кашалотов удавалось находить иногда огромное число (до 28 000), т. е. от 14 000 кальмаров, а клювы в количестве 5000—7000 шт. встречались очень часто.

Ранее указывалось, что такое большое количество даже полупереваренных кальмаров в желудках кашалотов нам находить не удавалось (Бетешева и Акимушкин, 1955). Возникает вопрос, как долго могут сохраняться в желудках китов хитиновые остатки кальмаров и перевариваются ли они вообще? М. М. Слепцов (1952) находил в двенадцатиперстной кишке кашалотов очень тонкие клювы в виде пленок, у которых сохранился только роstrum, а остальные части клюва были обломаны или стали прозрачными. На этом основании он предполагает, что клювы перевариваются. К сожалению, нам не удалось проследить переваривание клювов. С гладиусами дело обстоит по-другому, хотя на первый взгляд и кажется, что они тоже состоят из хитина, как и клювы. Гладиусы находили в желудках также в больших количествах (целые клубки), но нам удалось проследить, как под действием желудочного сока они, постепенно перевариваясь, изменяют свой вид. Вначале гладиусы разбухают и делаются мутновато-бесцветными, на следующей стадии прозрачными и более тонкими, дальше превращаются в очень узкие уплощенные нити в виде пленок. В кишечниках, содержимое которых состояло из гомогенной жидкой кашицы, уже не находили остатков гладиусов. Следовательно, переваривание гладиусов полностью происходит в желудке.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖИМОГО ЖЕЛУДКОВ КАШАЛОТОВ

Для характеристики наполнения желудков кашалотов в табл. 1 приведены количественные показатели содержимого желудков.

Из табл. 1 видно, что процент пустых желудков высокий — 21. Большое количество всех просмотренных желудков (31,6%) было мало наполнено пищей — до 5 кг. Почти у половины просмотренных кашалотов (42,8%) количество пищи не превышало 40 кг. Кашалотов с большим количеством пищи в желудках — от 40 до 100 кг и более встретилось всего 20 (4,6%).

Например, у одного самца длиной 15,2 м в желудке обнаружено 27 крупных кальмаров размером до 108 см, средний вес которых достигал

7,5 кг, и 4000 клювов кальмаров, что составит около 200 кг, не переводя на живой вес; у другого самца длиной 15,6 м содержимое желудка весило 192 кг.

Таблица 1
Количество пищи в желудках кашалотов, исследованных в 1953—54 гг.

Наблюдательный пункт	Число просмотренных желудков	Количество пищи в желудке			
		большое наполнение (более 40 кг)	среднее наполнение (от 5 до 40 кг)	малое наполнение (до 5 кг)	пустые или по несколько клювов и костей
Подгорный	21	4	9	6	2
Скалистый	237	6	119	82	30
Ясный	52	7	9	20	16
Касатка	50	—	29	5	16
Островной	77	3	21	25	28
Всего	437	20	187	138	92
%	100	4,6	42,8	31,6	21,0

У кашалотов с незначительным наполнением желудков содержимое состояло в большинстве случаев только из остатков пищевых объектов: из челюстей, гладиусов и щупальцев кальмаров и костей рыб. Таких кашалотов, в желудках которых были только остатки давно заглоченных животных, было 167, что составило около 36% от общего количества просмотренных желудков (табл. 2).

Таблица 2
Качественный состав пищи и степень ее переваренности в желудках кашалотов

Наблюдательный пункт	Всего желудков	Кальмары целые и полупереваренные	Рыбы вместе с кальмарами, целые и полупереваренные	Остатки кальмаров и рыб		Пустые желудки
				кости рыб	клювы и гладиусы	
Подгорный	19	2	5	5	7	2
Скалистый	207	76	30	31	70	30
Ясный	36	15	6	2	13	16
Касатка	34	10	4	—	20	16
Островной	49	26	4	—	19	28
Всего	345	129	49	38	129	92

Данные, приведенные в табл. 2, а также в работах А. Г. Томилина (1936), Б. А. Зенковича (1937), К. Мицуи (1951), М. М. Слепцова (1952) и др., показывают, что питание кашалота в дальневосточных морях базируется на двух группах животных: головоногих моллюсках и рыбах.

Из табл. 2 видно, что пища кашалотов в 1953—1954 гг. в основном состояла из кальмаров¹.

¹ Осьминоги тоже встречались в желудках кашалотов, но в незначительных количествах; в табл. 3 приводятся их названия и процентные соотношения.

Таблица 3

Количественное соотношение видов головоногих моллюсков
в желудках кашалотов из прикурильских вод по материалам 1953 — 1954 гг.

Вид	Среднее количество (в % к общему числу экземпля- ров в желудке)			Частота встречаемости (ко- личество желудков, в кото- рых данный вид встречен, в % к количеству иссле- дованных желудков)		
	у юж- ных остро- вов	у се- верных остро- вов	по все- му рай- ону	у юж- ных остро- вов	у се- верных остро- вов	по все- му рай- ону
<i>Gonatus simile</i>	23	26	25	100	97	98
<i>G. magister</i>	16	14	15	100	96	98
<i>G. farbricii</i>	15	12	13	100	96	98
<i>Meleagroteuthis separata</i>	10,4	12	11	93	71	82
<i>Galiteuthis armata</i>	11	10	10	92	90	91
<i>Taonis pavo</i>	4	11	8	35	100	67
<i>Chroteuthis veranyi</i>	6,3	6	6	92	90	91
<i>Gonatopsis borealis</i>	4	1,6	2,8	38	36	37
Кальмар № 5	2,4	0,5	1,4	40	35	37
<i>Onychoteuthis banksii</i>	1	1,5	1,3	40	25	32
Кальмар № 5	1,5	1	1,3	66	60	63
<i>Alloposus mollis</i>	1	1	1	40	36	38
Кальмар № 11	0,5	1,5	1	30	35	32
<i>Architeuthis japonica</i>	0,8	0,3	0,5	30	16	23
<i>Moroteuthis robusta</i>	0,6	0,3	0,5	32	30	31
Кальмар № 7	0,7	0,2	0,4	20	13	16
<i>Octopus gilbertianus</i>	—	0,5	0,5	—	15	15
Кальмар № 7a	0,5	0,2	0,3	15	5	10
<i>Amphitrethus sp</i>	0,1	0,1	0,1	5	3	4
Кальмар № 13	0,1	0,1	0,1	3	4	3
Прочие виды	1,5	0,2	0,8			

* Таблица составлена И. И. Акимускиным с добавлениями автора настоящей статьи по материалам 1954 г.

Желудки, наполненные рыбой или рыбой с примесью кальмаров, и остатки тех и других объектов питания были обнаружены у 87 кашалотов (20% от всех исследованных). В 1951 г. рыба и кости рыб были найдены в желудках 110 кашалотов, что составило 30% от всех исследованных объектов. В японских водах основными кормовыми объектами кашалота также являются кальмары (Мицуи, 1951). Другие компоненты питания составляют небольшой процент. Только у 93 экземпляров из 2744 исследованных в желудках была обнаружена рыба.

Характерно, что самцы питаются более крупными животными, чем самки, и кормовые объекты у них более разнообразны. Например, у самцов длиной тела 15,1; 15,1; 15,8 м оказались следующие полупереваренные животные и их остатки: крупные кальмары, скаты, акулы, бычки, кости трески и минтая и двух видов рыб семейства макрурид и, кроме того, клювы мелких кальмаров рода *Gonatus*. По-видимому, большое разнообразие пищи самцов зависит от того, что они в погоне за пищей совершают походы большой протяженности, а самки придерживаются более южных районов и большая часть их ограничена в кормовых миграциях из-за кормления детенышей и рождения их.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ГОЛОВОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В ЖЕЛУДКАХ КАШАЛОТОВ

По определению И. И. Акимушкина, в пищевом рационе кашалотов в 1953 г. констатированы те же виды головоногих, что и в 1951 г. (табл. 3). В 1954 г. было исследовано всего 19 желудков кашалотов, добытых в районе острова Парамушира, соответственно было и меньшее количество видов головоногих.

Как и в 1951 г., основными пищевыми объектами кашалота являются кальмары из семейства *Gonatidae*. На долю кальмаров этого семейства приходится 53% всего количества головоногих в желудках. В 1953 г. по сравнению с 1951 г. изменилось значение в питании кашалотов некоторых второстепенных пищевых объектов. В 1951 г. *Meleagroteuthis separata* и *Galiteuthis armata* составляли 6 и 4% головоногих в желудке, а в 1953 г. эти же виды составляли соответственно 11 и 10%. В 1953 и 1954 гг. увеличилось значение *Taonius ravo* и *Gonatopsis borealis*, которые были обнаружены в больших количествах, чем в 1951 г. В 1954 г. в некоторых желудках находили до 40 экз. *Gonatopsis borealis*, почти не затронутых перевариванием, или же полупереваренных. Причем встречались в основном крупные особи, длиной более 1 м и весом до 11,5 кг. Уменьшилось количество *Onychoteuthis banksii* и *Moroteuthis robusta*. В северной части Курильского района в 1954 г. в желудках кашалотов обнаружены полупереваренные осьминоги *Octopus gilbertianus* довольно крупных размеров: голова со щупальцами достигала 60 см. Вместе с крупными попадались и мелкие осьминоги этого же вида.

Таким образом, видовой состав кальмаров в пище кашалотов в 1953—1954 гг. остался почти таким же, что и в 1951 г., но произошли некоторые изменения в количественных показателях отдельных видов.

ВИДОВОЙ СОСТАВ РЫБ В ЖЕЛУДКАХ КАШАЛОТОВ

В желудках 87 кашалотов, что составляет 20% от общего количества исследованных, были встречены представители 15 видов рыб (табл. 4).

Сравнивая видовой состав рыб и частоту их встречаемости в желудках кашалотов по материалам сборов 1953—1954 гг. и 1951 г. (Бетешева и Акимушкин, 1955), можно видеть различия в питании в эти годы.

Первое место по количеству особей, частоте встречаемости и значению в питании как в 1951 г., так и в 1953 г. занимают долгохвосты (макруриды) из рода *Coelacanthidae*. В 1951 г. представители этого рода встречены в желудках 65 кашалотов, что составило 60% встречаемости, а в 1953—1954 гг. они были найдены в желудках 39 кашалотов (38,6% встречаемости). На втором месте как в том, так и в другом случаях стоят акулы (*Squalus acanthias*), обнаруженные в 1953—1954 гг. в желудках 15 кашалотов. Максимальное количество их достигало девяти экземпляров в одном желудке. Алепизавры (*Alepisaurus aescularius*) в 1953—1954 гг. были найдены в желудках 14 кашалотов в количестве 15 экземпляров длиной от 108 до 140 см. В сборах 1953—1954 гг. в желудках семи кашалотов обнаружены скаты (*Rajidae*) в количестве 27 экземпляров длиной до 1 м. Скаты были сильно переварены, в основном сохранились только черепа и позвончики. Поэтому трудно было определить их видовую принадлежность. Вместе с остатками скатов в желудках обнаружены их яйца от 5 до 35 штук в каждом.

Таблица 4

Различные виды рыб, обнаруженные в желудках кашалотов в 1953—1954 гг.
в районе Курильской гряды

Вид	Число желуд- ков	Встречае- мость, %	Макси- мальное число рыб данного вида в од- ном же- лудке	Всего в желудках рыб	Длина рыб, см
<i>Coryphaenoides pectoralis</i>	31	33,3	до 15	126	—
<i>Coryphaenoides acrolepis</i>	5	5,3	» 4	9	—
<i>Squalus acanthias</i>	15	16,2	» 9	30	—
<i>Raja</i> sp.	7	7,5	» 8	27	до 1 м
<i>Alepisaurus aesculapius</i>	14	15,6	» 2	15	—
<i>Oneirodes</i> sp.	5	5,3	» 2	7	12—13 см
<i>Myoxocephalus</i> sp. (jaok?)	4	4,2	—	15	до 5 кг
<i>Cottidae</i> gen. sp.	2	2,1	—	3	—
<i>Sebastodes</i> sp.	2	2,1	—	4	—
<i>Theragra chalcogramma</i>	3	3,2	до 2	5	—
<i>Gadidae</i> gen. sp.	2	2,1	—	3	—
<i>Gadus morhua macrocephalus</i>	1	1,0	—	1	—
<i>Eleginus navaga gracilis</i>	1	1,0	—	1	—
<i>Podonema longipes</i>	1	1,0	—	1	—
<i>Cololabis saira</i>	1	1,0	—	50	—

Поскольку капсулы яиц были разной величины (9, 10—11 и 13—14 см) и различной формы (шероховатая поверхность и гладкая), то они, очевидно, принадлежали разным видам (ориентировочно трем). В желудках пяти китов в 1953 г. найдено семь экземпляров удильщиков (*Oneirodidae*) длиной 13 см, по определению Т. С. Рассы, принадлежащих к роду *Oneirodes*. Это глубоководные рыбы, не поднимающиеся выше 500 м от поверхности воды. Сотрудники Лаборатории ихтиологии Института океанологии ловили их на глубине 1000 м от поверхности. В 1954 г. в желудках кашалотов, добытых в северной части прикурильского района, обнаружены крупные полупереваренные бычки — *Myoxocephalus* sp. (jaok?) (определены Т. С. Рассом) весом до 5 кг, а также их кости. Другие виды рыб попадались в небольших количествах, они, по-видимому, не являются постоянными объектами питания кашалота.

В японских водах, в районах северной части Хоккайдо и Санрику в желудках кашалотов из рыб в основном встречались скорпеновые — *Sebastodes flammeus* и *S. irasundus* и тресковые — *Gadus morhua macrocephalus* и *Theragra chalcogramma*. Акулы были обнаружены в желудках только трех кашалотов (Mizue, 1951). Из сопоставления данных по прикурильскому району с японскими водами следует, что в наших водах пища кашалотов разнообразнее, чем в японских, и видовой состав рыб, употребляемых кашалотами в пищу, значительно богаче.

Таким образом, кроме головоногих, основными компонентами пищи кашалотов в прикурильском районе являются пелагические (долгохвосты, акулы, алепизавры) и бентические (скаты) рыбы. Следует отметить, что в 1953—1954 гг. в желудках кашалотов обнаружено несколько видов рыб из семейства скатов и удильщиков, которые в 1951 г. не были найдены.

Сравнительные данные по питанию кашалотов из различных районов и в различные годы показывают, что разнообразие пищи зависит от мест кормежки китов. В прибрежных японских водах в желудках кашалотов встречалось, помимо кальмаров, небольшое количество осьминогов и рыбы семейства скорпеновых и тресковых (придонные). В прикурильском районе в желудках кашалотов, добытых в районе больших глубин, преобладали пелагические животные — кальмары, акулы и глубоководные рыбы: долгохвосты (макруриды), алепизавры, удильщики и др. В северной части Курильского района на мелководьях островов Сарычева, Онекотана, Парамушира и Шумшу в желудках кашалотов находили осьминогов и придонных рыб: скатов, бычковых и скорпеновых. По данным А. Г. Томилина (1936), в районе мыса Олюторского и на мелководьях Командорских островов в желудках кашалотов также встречались придонные рыбы (скаты, скорпеновые) и осьминоги.

В 1953—1954 г., кроме кашалотов, мы исследовали 7 экземпляров представителя другого семейства зубатых китов — клюворылых сем. Ziphiidae — берардиуса (*Bergardius bairdii*). В промысле и промысловой статистике этих китов называют боттленосами, или бутылконосами, но, по новым данным Пайка (Pike, 1953), в водах северной части Тихого океана водятся только берардиусы, а настоящие боттленосы никогда и никем не были отмечены. Мы не имели возможностей произвести анализ систематических признаков этих китов и принимаем, согласно Г. Пайку, что в северной части Тихого океана распространены только берардиусы.

У исследованных берардиусов желудки были почти пустые, и только в складках желудков мы находили отолиты и кости рыб и небольшое количество глаз и клювов кальмаров. По остаткам пищи, обнаруженной в желудках берардиусов, можно сделать вывод, что пища их очень сходна с пищей кашалотов, но основным компонентом питания является рыба.

Из семи исследованных желудков в шести оказались остатки рыб вместе с очень небольшим количеством клювов кальмаров, и только в одном желудке были головы кальмаров и клювы их. Отолиты и кости принадлежат следующим видам рыб:

Макруриды — <i>Coruphaenoides pectoralis</i>		
<i>C. acrolepis</i>	— 1 экз.	в одном желудке
Минтай — <i>Theragra chalcogramma</i>	6 »	в двух желудках
Подонема — <i>Podonema longipes</i>	— 6 »	в двух желудках
Навага — <i>Eleginus navaga gracilis</i>	несколько экз.	в одном желудке

В желудках берардиусов обнаружены головы и клювы кальмаров — *Gonatus magister*, *G. fabricii*, *Gonatopsis borealis*, *Ommatostrephes sloanei-pacificus*, т. е. те же виды кальмаров и рыб, которые были обнаружены нами в желудках кашалотов.

Располагая трехгодичными сборами по питанию кашалотов из Курильского района, мы пытались установить различия в питании этих китов по разным районам и годам. Из приведенных данных видно, что существенных изменений в характере питания кашалотов в 1953—1954 гг., по сравнению с 1951 г., не наблюдается, но количественные соотношения пищевых компонентов и список их в различные годы несколько меняются. В 1953—1954 гг. произошли количественные перемещения второстепенных пищевых компонентов по группе головоногих

моллюсков; к списку основных кормовых объектов по группе рыб прибавилось несколько скатов (*Raja*), к второстепенным — удильщики (*Oneirodes*).

В зависимости от глубоководности пастбищ китов изменяется и состав пищевых компонентов (преобладание батипелагических или бентических животных).

ЛИТЕРАТУРА

- Бетешева Е. И. и Акимушкин И. И. 1955. Питание кашалота (*Physeter catodon* L.) в районе вод Курильской гряды. Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. XVIII.
- Зенкович Б. А. 1937. Пища дальневосточных китов. «Докл. АН СССР», т. 16, № 4.
- Слепцов М. М. 1952. Китообразные дальневосточных морей. Изв. ТИНРО, т. 38. Владивосток.
- Томилин А. Г. 1936. Кашалот Камчатского моря. «Зоол. журн.», т. XV, вып. 3.
- Mizue K. 1951. Food of whales. The scientific reports of the whales research institute, 5. Tokyo.
- Pike G. C. 1953. Two records of *Berardius bairdii* from the coast of British Columbia. J. Mammology, v. 34, N 1.

ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ

Ю. И. СОРОКИН

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МОРЯ ПРИ ПОМОЩИ C^{14}

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие страны проводят широкие океанологические исследования. Важное место в этих исследованиях отводится попыткам количественно оценить первичную продукцию органического вещества за счет фотосинтеза. Сведения о первичной продукции нужны не только для решения проблемы биологической продуктивности, но и для выяснения важных вопросов гидрологии, гидрохимии и физики моря.

При разработке методики определения первичной продукции исследователи столкнулись со значительными трудностями. Дело в том, что продукция органического вещества в море определяется развитием одноклеточных организмов, которые быстро размножаются, быстро отмирают и разлагаются. Поэтому возникает необходимость определения продукции в кратковременных опытах (максимум — суточной продолжительности). Суточная продукция в океанах и морях составляет чаще всего сотые и тысячные доли миллиграмма углерода в 1 л воды. Поэтому для ее измерения необходимы очень чувствительные методы. Кислородный метод, разработанный первоначально для высокопродуктивных пресных вод (Винберг и Иванова, 1935), для моря оказался недостаточно чувствительным. По данным Стимана Нильсена (St. Nielsen, 1954), при низкой интенсивности фотосинтеза в водах, бедных планктоном, он дает сильно завышенные данные, поскольку на величине потребления кислорода за счет дыхания в таких водах заметно сказывается дыхание бактерий, которое тормозится в светлых склянках.

В 1952 г. Стиман Нильсен (St. Nielsen, 1952) предложил очень чувствительный радиоуглеродный метод определения суточной величины первичной продукции, позволяющий улавливать усвоение водорослями $1 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-6}$ мг углерода в 1 л. Следующая задача заключается в разработке на основе радиоуглеродного метода приемов, позволяющих рассчитать продукцию под 1 м² поверхности моря. Необходимость определения продукции под 1 м² поверхности диктуется неравномерной скоростью фотосинтеза на разных глубинах водной толщи, которая в свою очередь обуславливается неравномерной освещенностью водной толщи и неравномерным распределением в ней фитопланктона. Для того чтобы рассчитать продукцию под 1 м², достаточно измерить относительную скорость фотосинтеза на разных глубинах. Ее можно было бы определить на опыте по схеме А (рис. 1). Согласно схеме А скорость фотосинтеза определяется тем или иным способом в склянках, заполненных

водой с разных горизонтов водной толщи и выдерживаемых в течение суток в водоеме на тех же горизонтах. При этом мы одновременно учитываем влияние вертикального распределения фитопланктона и подводной освещенности на скорость фотосинтеза. Именно таким способом была определена первичная продукция в озерах (Винберг и Иванова, 1935; Щербаков, 1953).

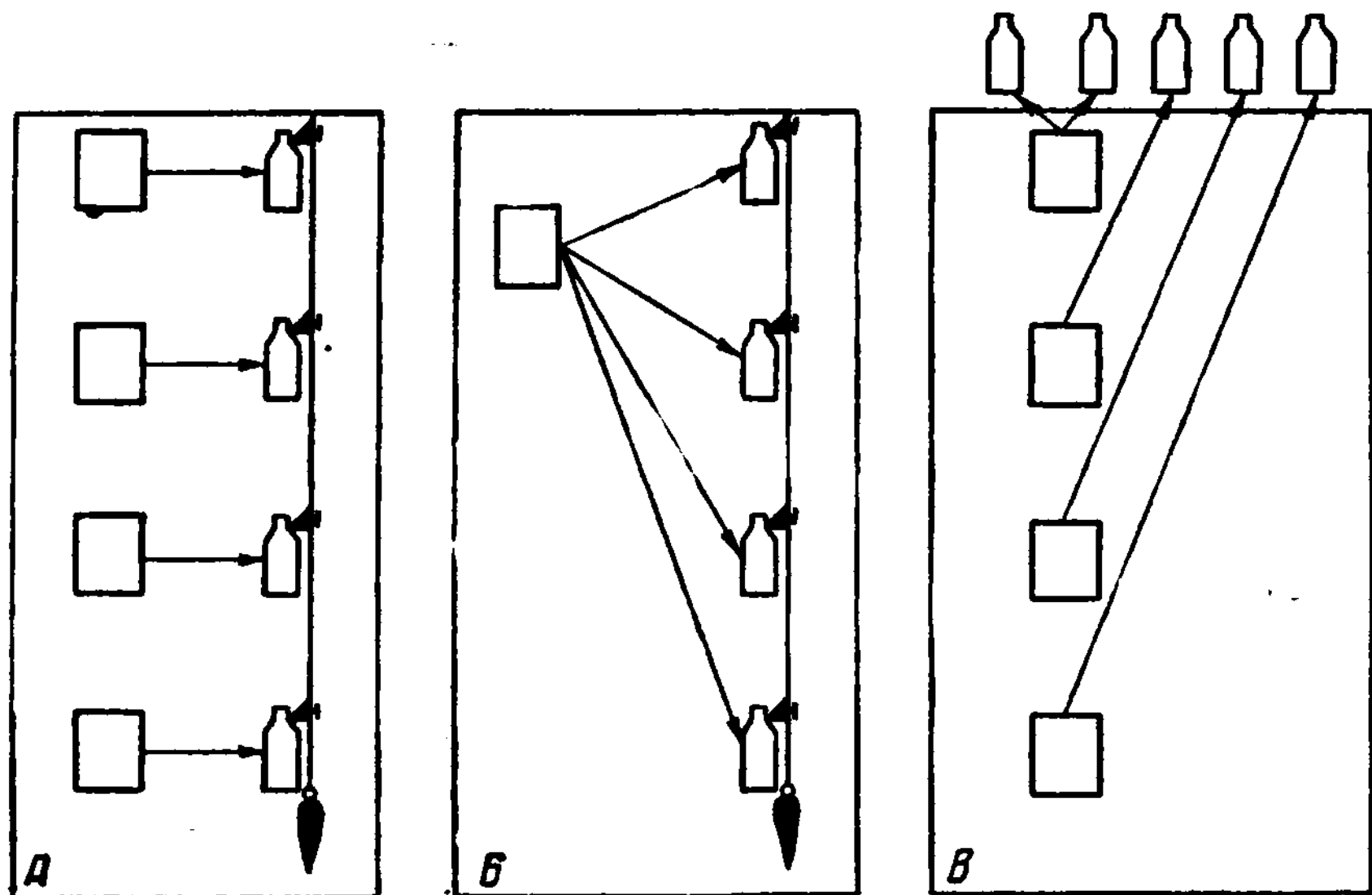


Рис. 1. Схема постановки опытов

А — прямое определение скоростей фотосинтеза в толще воды;
Б — определение коэффициентов K_t ; В — определение коэффициентов K_p

Для моря эта схема малоприспособлена, поскольку работа там ведется на больших судах в составе комплексных экспедиций. Отсюда возникает необходимость разработки метода определения фотосинтеза без установки склянок в водоем. В настоящее время уже предложено несколько приемов определения первичной продукции без установки склянок в водоем. Стиман Нильсен (1952) рассчитывал продукцию в океане под 1 м^2 поверхности, пользуясь эмпирической формулой, в которую входили величины фотосинтеза в пробах, взятых с 3-х горизонтов водной толщи и инкубируемых при искусственном освещении 18 000 люксов. Возможно, что эта формула была в какой-то степени пригодна для расчета продукции в тропических водах Индийского океана, для которых она была выведена, поскольку в этих водах при отсутствии вертикальной температурной стратификации в некоторых случаях можно ожидать более или менее равномерное вертикальное распределение фитопланктона. В океанических же водах с явной стратификацией формула Стимана Нильсена оказалась бы непригодной, так как в ней не учитывается влияние характера вертикального распределения фитопланктона на продукцию фотосинтеза в толще воды. Между тем, это влияние, как будет показано ниже, очень велико. Мияке (Miyake, 1957) в своей работе по определению первичной продукции в северо-западной части Тихого океана с помощью C^{14} определял величину трофогенного слоя при помощи фотометра, считая, что изменение скорости фотосинтеза по вертикали пропорционально изменению подводной освещенности, что наблюдается не всегда. Кроме того, этот автор вовсе не учитывал влияние на продукцию под 1 м^2 вертикального распределения фитопланктона. Джиттс и Рочи (Jitts a. Rotchi, 1957) в своих

обширных исследованиях по измерению продуктивности водных масс в юго-западной части Тихого океана пользовались изотопным методом. Они определяли величину трофогенного слоя при помощи фотометра. Пробы брали с двух горизонтов (0 и 25 м) и инкубировали на палубе. Следовательно, фактически они также не учитывали вертикального распределения фитопланктона. Этим же недостатком страдает и схема Райтера (Ryther, 1956), основанная главным образом на определении светопроницаемости воды. В последнее время делаются попытки подобрать светофильтры, имитирующие определенную интенсивность освещенности на разных глубинах с тем, чтобы инкубировать пробы на палубе судна (Cushing, 1957). Однако пока еще нет данных о том, насколько близко совпадают величины продукции, полученные в этих условиях, с величинами, которые получаются при прямом определении по схеме А (рис. 1).

В Институте биологии водохранилищ АН СССР нам удалось, применяя C^{14} , разработать методику определения продукции под 1 м² без суточных станций. Продукция под 1 м², согласно этой методике, рассчитывается исходя из абсолютной величины суточного фотосинтеза в пробе воды с поверхности с учетом естественных факторов, определяющих характер вертикального распределения скорости фотосинтеза на каждой станции (Сорокин, 1956; Сорокин, Розанова, Соколова, 1959). Одним из таких факторов является убывание освещенности с глубиной вследствие поглощения света водой и взвешенными в ней частицами. В связи с неравномерностью освещенности водной толщи важное значение приобретает и другой фактор — неравномерность вертикального распределения фитопланктона, поскольку в зависимости от характера вертикального распределения фитопланктон может находиться в тех или иных условиях освещенности. Задача заключается в определении совместного влияния обоих этих факторов на скорость фотосинтеза на разных горизонтах водной толщи. В примененной нами схеме постановки опытов определяются поправочные коэффициенты K_p и K_t , характеризующие, соответственно, относительную степень влияния вертикального распределения фитопланктона и подводной освещенности на скорость фотосинтеза на разных глубинах. Перемножение этих коэффициентов для каждого горизонта дает величину относительной скорости фотосинтеза на разных глубинах, что позволяет рассчитывать продукцию под 1 м² поверхности моря, исходя из величины фотосинтеза в поверхностной пробе воды (Сорокин, 1956).

Фотосинтез в поверхностной пробе определяется при инкубации проб на палубе в условиях естественного освещения при соответствующей температуре, близкой к температуре воды в море. Коэффициенты распределения K_p также определяются при инкубации склянок на палубе (схема В, рис. 1). Для определения коэффициентов освещенности K_t необходимы полусуточные опыты с установкой склянок в водоем (схема Б, рис. 1). Однако, поскольку величина коэффициентов K_t определяется главным образом физическими свойствами воды в определенных районах водоема, эти величины меняются мало и их можно определить сравнительно редко. Таким образом, работа по определению продукции под 1 м² поверхности водоема может проводиться без длительных стоянок судна.

При помощи этой методики путем проведения кратковременных съемок с большим числом станций в течение всего вегетационного периода была определена годовая первичная продукция Рыбинского, Горьковского и Куйбышевского водохранилищ — крупных водоемов,

отличающихся большой пестротой отдельных своих частей (Сорокин, 1956; Сорокин, Розанова и Соколова, 1959).

Представлялось очень заманчивым попытаться применить эту схему для определения первичной продуктивности моря, так как использование такой схемы давало бы возможность проводить эти исследования в комплексных экспедициях на больших судах, не прибегая к установке склянок в море на каждой станции. Более того, представлялась возможность изучить связь эмпирически определяемой величины коэффициентов K_t и величин подводной освещенности, определяемых с помощью фотометра, в разных районах моря и, установив какие-либо закономерные количественные отношения между ними, вовсе избавиться от инкубации склянок в водоеме. Однако переносить без проверки схему определения первичной продукции, разработанную на Рыбинском водохранилище, где толщина продуктивного слоя не превышает 3—4 м, на море, где она достигает 100—120 м, можно было только после тщательной экспериментальной проверки.

Необходимо было сопоставить кривые относительной скорости фотосинтеза на разных горизонтах, получающиеся при прямом ее определении, по схеме А (рис. 1) с кривыми, которые получаются при перемножении коэффициентов K_t и K_r . В море можно было ожидать их значительного расхождения вследствие световой адаптации фитопланктона на разных горизонтах водной толщи. Кроме того, следовало проверить, насколько коэффициенты K_t , измеренные на разных станциях в определенном районе моря, совпадают между собою. Необходимо было выбрать наилучшее время для экспозиции путем изучения суточного хода фотосинтеза, наилучшие стандартные горизонты для определения K_r и K_t и решить еще целый ряд методических задач.

Методическая работа, выясняющая эти вопросы, была проведена в апреле — мае 1957 г. в экспедиции на судне Института океанологии АН СССР «Витязь» в районах Японского моря и северо-западной части Тихого океана. Ниже приводится описание выработанной в этом рейсе методики определения первичной продукции под 1 м² поверхности моря при помощи поправочных коэффициентов, а также результаты ее экспериментальной проверки.

Как указывалось выше, для вычисления суточной продукции фотосинтеза под 1 м² поверхности моря необходимо определить:

- а) абсолютную величину суточного фотосинтеза в поверхностной пробе воды,
- б) относительную скорость фотосинтеза на разных горизонтах водной толщи.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО ФОТОСИНТЕЗА В ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОБЕ ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ C^{14}

Вода из батометра наливается почти доверху в склянку из светлого стекла с притертой пробкой емкостью 250—500 мл. Склянки не калибруются и объем проб не измеряется, он может колебаться в пределах 50 мл. В нее добавляется пипеткой со шприцем 2 мл раствора радиоактивного карбоната с активностью, учитываемой под счетчиком, $0,5—1 \cdot 10^6$ имп/мл. Склянка выдерживается в течение 0,5 светового дня (от 12 час. дня до вечера или с утра до 12 час. дня) в соответствующих условиях освещенности и температуры. Если определяется фотосинтез в пробе воды с поверхности, то склянки можно выдерживать в бочке с проточной морской водой. Затем вся вода из склянки профильт-

травывается через мембранный фильтр «предварительный»¹ в фильтровальной воронке с фильтрующей поверхностью диаметром 1,3—1,5 см. Для удаления с фильтра остатков радиоактивного карбоната оставшийся на нем фитопланктон промывается в воронке двумя порциями по 2 мл 3% раствора NaCl. Затем фильтр помещается на фильтровальную бумагу, сложенную в несколько слоев, и на него пипеткой наносится несколько капель 2% раствора HCl в 3% растворе NaCl и несколько капель нейтрального 3% раствора NaCl. Далее фильтр высушивается и в таком виде может сохраняться в чашке Петри на сухой фильтровальной бумаге в течение длительного времени, не теряя своей активности. На этих фильтрах, под торцовым счетчиком, определяется величина радиоактивности C^{14} в составе органического вещества фитопланктона (r). Одновременно в той же пробе воды определяется щелочность и соленость для вычисления содержания в воде углерода $CO_2 + HCO_3^-$ (Ск). Через определенные промежутки времени в течение рейса необходимо также контролировать величину общей радиоактивности применяемого рабочего раствора радиоактивного карбоната (R).

Для этого периодически рабочий раствор отливается в количестве 2 мл в пробирку с 2—5 мл 0,1 N раствора KOH. Пробирка плотно закрывается резиновой пробкой и хранится до конца рейса. В лаборатории в этих пробирках определяется радиоактивность рабочего раствора. Для этого содержимое пробирки разводится точно до 250 или 500 мл (в зависимости от того, какие склянки употреблялись в опыте) водопроводной водой, подщелоченной 2—4 мл 0,1 N KOH и 1 мл этого раствора вносится в пробирку с 3 мл 0,1 N KOH (очищенного от CO_2). Затем в пробирку добавляется 1 мл 5% раствора $BaCl_2$ и 1 мл 3% раствора NH_4Cl . Пробирка нагревается на водяной бане 10 минут при 80°, и выпавший осадок отфильтровывается через мембранный фильтр № 2, предварительно взвешенный с точностью до четвертого знака.

Фильтрация производится в воронке с тем же диаметром фильтрующей поверхности, что и при фильтровании фитопланктона. Остаток осадка смывается на фильтр 0,1 N KOH. Высушенный фильтр просчитывается под счетчиком для определения общей радиоактивности рабочего раствора (R). Если определение ведется в другое время и в других условиях, чем определение r , то необходимо вводить поправку на эффективность счета при помощи стандартного препарата радиоактивного углерода. После определения активности фильтра он взвешивается и таким образом определяется вес осадка $BaCO_3$. Затем по кривой самопоглощения определяется поправка на самопоглощение излучения в толще препарата и, наконец, рассчитывается истинная величина радиоактивности осадка $BaCO_3$. Помножив эту величину на 1000, мы получаем величину R . Величина суточного фотосинтеза в пробе воды (Сфп) вычисляется по формуле

$$C_{фп} = \frac{r \cdot C_k}{R} \text{ мгС/л.},$$

где r — радиоактивность водорослей на фильтре, удвоенная, если для опытов брали склянки объемом около 0,5 л, и учетверенная, если брали склянки около 0,25 л; C_k — общее содержание углерода CO_2 и HCO_3^- в воде в мг С/л и R — общая радиоактивность в имп/л. Для контроля периодически следует ставить опыты в темных склянках.

¹ В дальнейших исследованиях мы пользовались фильтрами № 5 и воронкой диаметром 2,5 мм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ФОТОСИНТЕЗА НА РАЗНЫХ ГОРИЗОНТАХ

Для того, чтобы рассчитать относительную скорость фотосинтеза в толще воды, необходимо определить: а) зависимость скорости фотосинтеза на разных горизонтах водной толщи от освещенности (K_t) и б) зависимость скорости фотосинтеза в толще воды от вертикального распределения фитопланктона (K_p). Величины K_p определяются на каждой станции, величины K_t определяются на одной из станций определенного района моря.

а) Определение K_p .

Берут пробы воды с различных горизонтов. Вода наливается в светлые склянки, в них добавляется по 2 мл раствора изотопа с активностью $0,5 \cdot 10^6$ имп/мл, и склянки выдерживаются в условиях умеренного (но одинакового) освещения, скажем, на дне бочки с проточной морской водой, 3—6 часов. Затем их содержимое фильтруется через фильтры, как описано выше, и под счетчиком определяется их радиоактивность. Величина радиоактивности фильтра с поверхности принимается за 1. Отнеся к ней величину радиоактивности остальных фильтров, мы получаем коэффициент K_p . Нанесение коэффициента K_p на график против соответствующих глубин дает кривую вертикального распределения фитопланктона.

б) Определение K_t .

Для определения берется проба воды с поверхности или какого-либо среднего горизонта (10—25 м). В случае большой бедности фитопланктона в исследуемом районе производится тотальный лов планктонной сеткой для сгущения фитопланктона. Сгущенная проба фитопланктона отделяется от зоопланктона фильтрованием через крупный газ и разводится в пробе поверхностной воды. Вода с фитопланктоном из одного и того же сосуда разливается в серию склянок, помещенных в специальные обоймы с зажимами для прикрепления их к тросу. В склянки в затемненном помещении добавляется по 2 мл раствора изотопа, и они помещаются в ящик с крышкой во избежание излишнего их засвечивания.

Обоймы со склянками подвешиваются к тросу, на конце которого укреплен груз, и выдерживают в водоеме 0,5—1 день. В случае полудневных опытов их следует ставить от рассвета до 12 ч. дня или от 12 ч. дня до вечера. Склянки, вынутые из моря, снова помещаются в темный ящик, переносятся в затемненную лабораторию и их содержимое отфильтровывается через мембранные фильтры.

Коэффициенты K_t , характеризующие зависимость скорости фотосинтеза от освещенности, вычисляются как отношение радиоактивности фильтров, полученных при фильтровании воды из склянок, выдерживающихся на разных горизонтах, к радиоактивности фильтров из пробы, которая выдерживалась на поверхности.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СУТОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПОД 1 м² ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМА

Полученные значения g , R , $С_k$, $С_f$, K_p и K_t заносятся в расчетную таблицу, образец которой приводится ниже.

Если коэффициенты K_t на данной станции не определялись, в соответствующую графу расчетной таблицы вносятся значения коэффициентов K_t , полученные на какой-либо другой станции в сходных усло-

[illegible]

виях прозрачности воды и наружной освещенности. Перемножением коэффициентов K_t и K_r для каждого горизонта мы получаем суммарные поправочные коэффициенты K_s , характеризующие относительную скорость фотосинтеза на соответствующих глубинах. Кривая, построенная на графике по величинам K_s , отнесенным к глубинам, показывает изменение скорости фотосинтеза в толще воды. Найдя взвешиванием или планиметрированием отношение площади, ограниченной кривой, ко всей площади графика, мы определяем общий поправочный коэффициент K_f , который вносится в таблицу.

Суточный фотосинтез C_f рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ф}} = C_{\text{фп}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot l \text{ г углерода под } 1 \text{ м}^2, \text{ где}$$

Сфп — суточный фотосинтез в поверхностной пробе в гС/м³ и l — глубина в м, до которой был рассчитан коэффициент Кф.

Приготовление рабочего раствора $\text{Na}_2\text{C}^{14}\text{O}_3$

Рабочий раствор изотопа готовится следующим образом: содержимое ампулы с препаратом $\text{Na}_2\text{C}^{14}\text{O}_3$ разводится в 0,001 растворе KOH , приготовленном с 5% NaCl . В раствор добавляется 50 мг/л Na_2CO_3 . Для работы в районах с бедным фотосинтезом следует пользоваться раствором с фактической (т. е. непосредственно определяемой под счетчиком) активностью около $2\text{--}3 \cdot 10^6$ имп/мл. Для его приготовления приходится разводить раствор с номинальной (т. е. значущейся в паспорте препарата) активностью $10\text{--}15$ мС до 0,5 л.

В районах с высоким фотосинтезом указанный раствор можно развести еще в четыре раза. Из общего объема приготовленного рабочего раствора для текущей работы в отдельную склянку отливаются порции по 10—20 мл.

Экспериментальная часть

Для проверки описанной выше расчетной методики мы проводили одновременно на одной и той же станции прямые определения относительной скорости фотосинтеза по схеме *A* (рис. 1), определения коэффициентов K_p , K_t по схеме *B* и *B* и определения суточной величины продукции в пробе воды с поверхности. Кроме того, на некоторых станциях были определены коэффициенты K_t с фитопланктоном, взятым с разных глубин, и суточный ход фотосинтеза. На большинстве станций М. В. Козлянинов провел измерения подводной освещенности и мутности воды при помощи заборных фотометров. Всего было сделано более 1000

индивидуальных определений абсолютной и относительной скорости фотосинтеза.

Результаты проверочных опытов представлены в табл. и на рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Местоположение станций показано на карте (рис. 2).

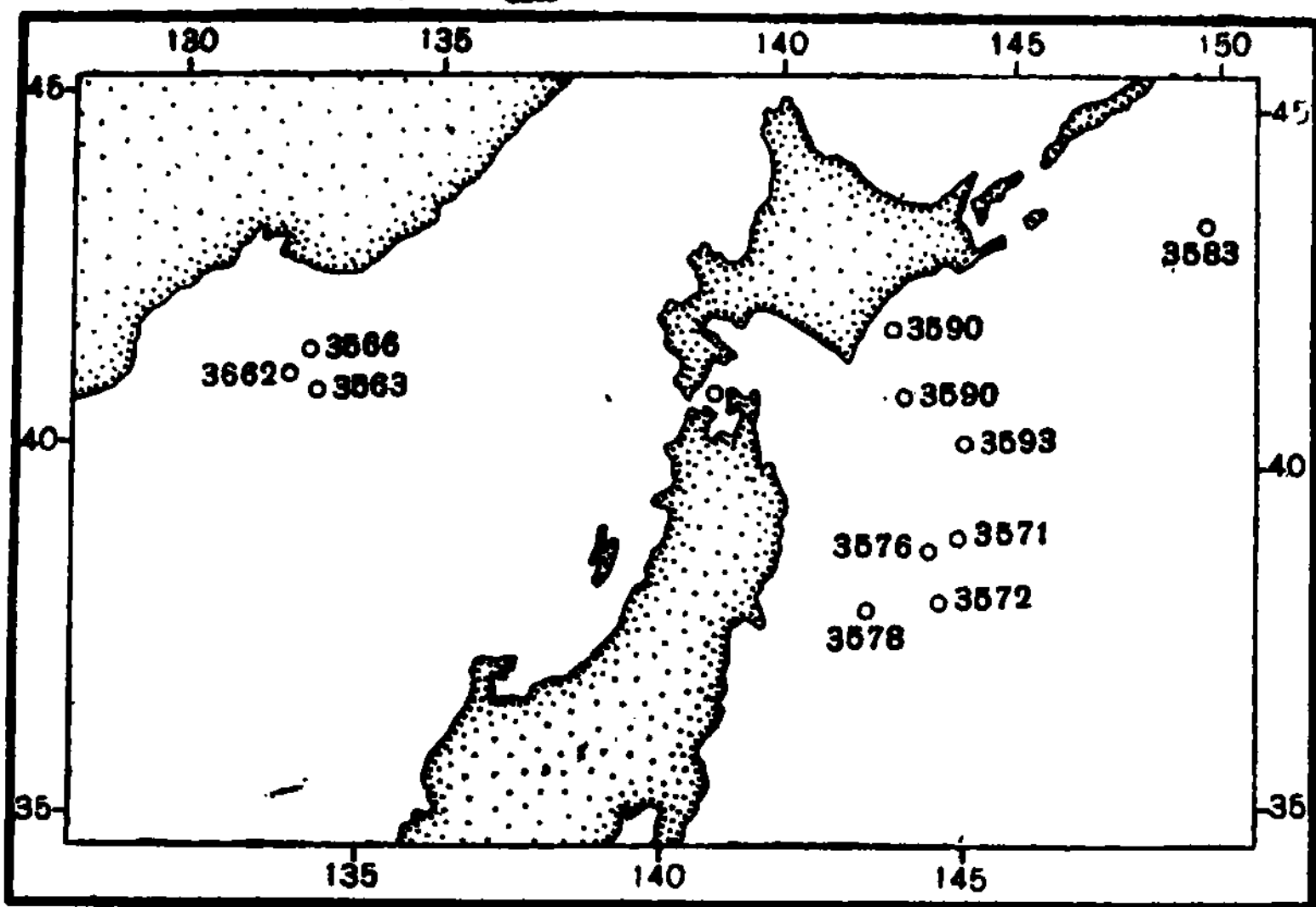


Рис. 2. Схематическая карта местоположения станций

В табл. 1 представлены первичные результаты определений радиоактивности фильтров и пример расчета поправочных коэффициентов одного из типичных проверочных опытов, проведенных в Японском море в конце апреля при температуре воды в море 2,64°. Как видно из табл. 1,

Таблица 1

Результаты определения продуктивности фотосинтеза под 1 м² путем прямого анализа по схеме А (рис. 1) и путем расчета по схеме Б и В.
Станция 3566 С_к = 26,2 мг С/л, R = 2,4 · 10⁶ имп/л

Прямое определение по схеме А (рис. 1)						Определение путем расчета при помощи коэффициентов К _т и К _р							
Глубина, м	Радиоактив-ность фито-планктона, (импульсы/мин)	Относительная скорость фото-синтеза (К _с)	К _Ф	Суточный фото-синтез в пробе воды с поверх-ности, мгС/л	Суточный фото-синтез под 1 м ² в гС/м ²	К _т		К _р		К _с (К _т × К _р)	К _Ф	Суточный фото-синтез в пробе с поверхности, мгС/л	Суточный фото-синтез под 1 м ² в гС/м ²
						Радиоактив-ность	К _т	Радиоактив-ность фито-планктона, имп/мин	К _р				
0	610	1,00	0,186	0,014	0,195	610	1,00	578	1,00	1,00	0,188	0,017	0,197
5	492	0,806	—	—	—	435	0,712	641	1,11	0,80	—	—	—
10	437	0,62	—	—	—	346	0,569	630	1,08	0,61	—	—	—
25	83	0,132	—	—	—	170	0,276	240	0,414	0,11	—	—	—
35	15	0,0242	—	—	—	53	0,087	17	0,029	0,0016	—	—	—
50	6	0,011	—	—	—	19	0,031	9	0,015	0,00045	—	—	—
75	0	0	—	—	—	6	0,01	1	0	0	—	—	—

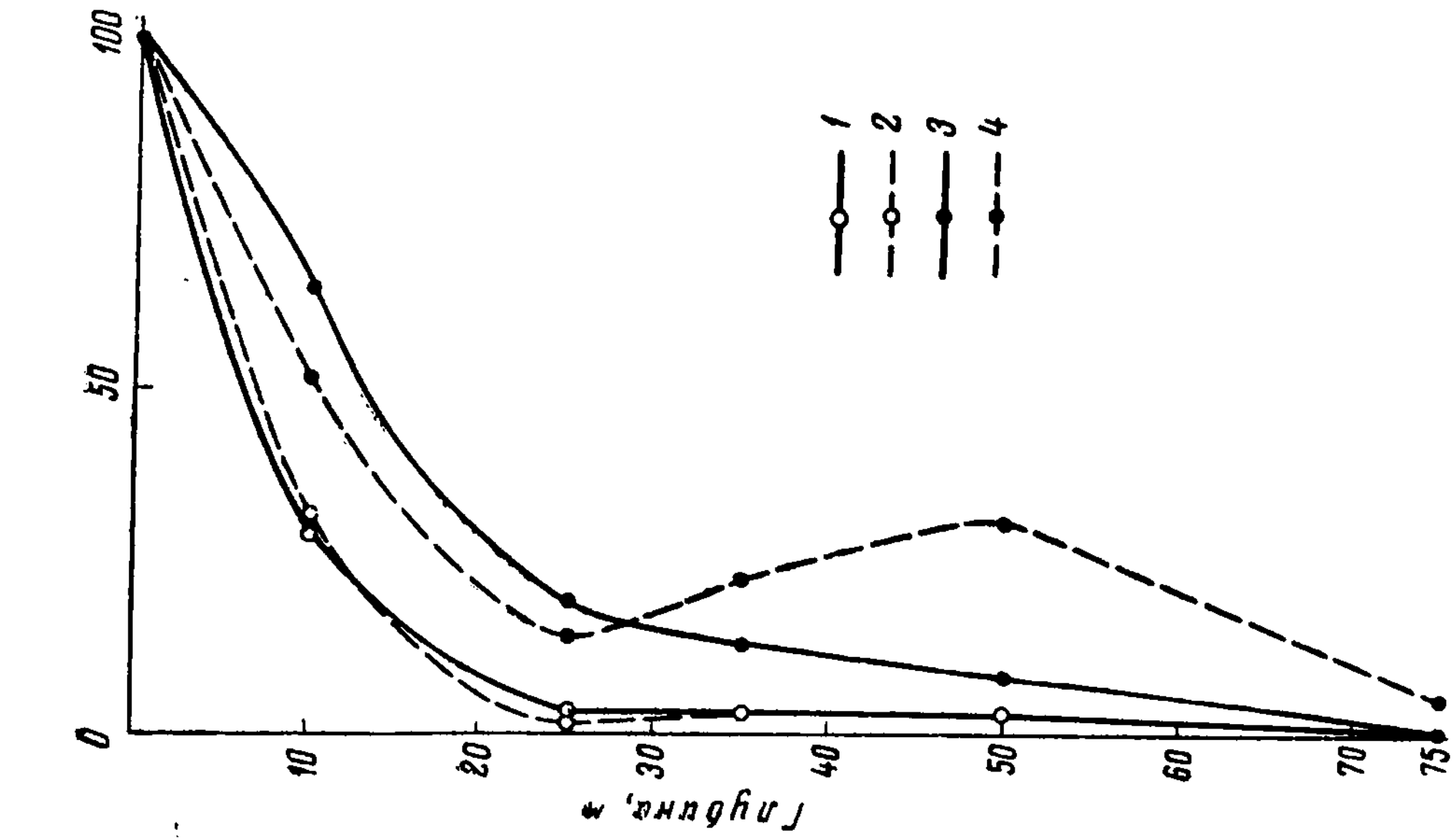


Рис. 3. Проверочный опыт 20.IV 1957 г. Станция 3563, t° воды $3,22^{\circ}$. Фитопланктон сгущен планктоносорбирателем.

1 — относительная скорость фотосинтеза (K_{C1})
 определена по схеме А (рис. 1); 2 — относительная скорость фотосинтеза (K_{C2}) определена по схеме В (рис. 1); 3 — K_{C3} ; 4 — K_{C4}

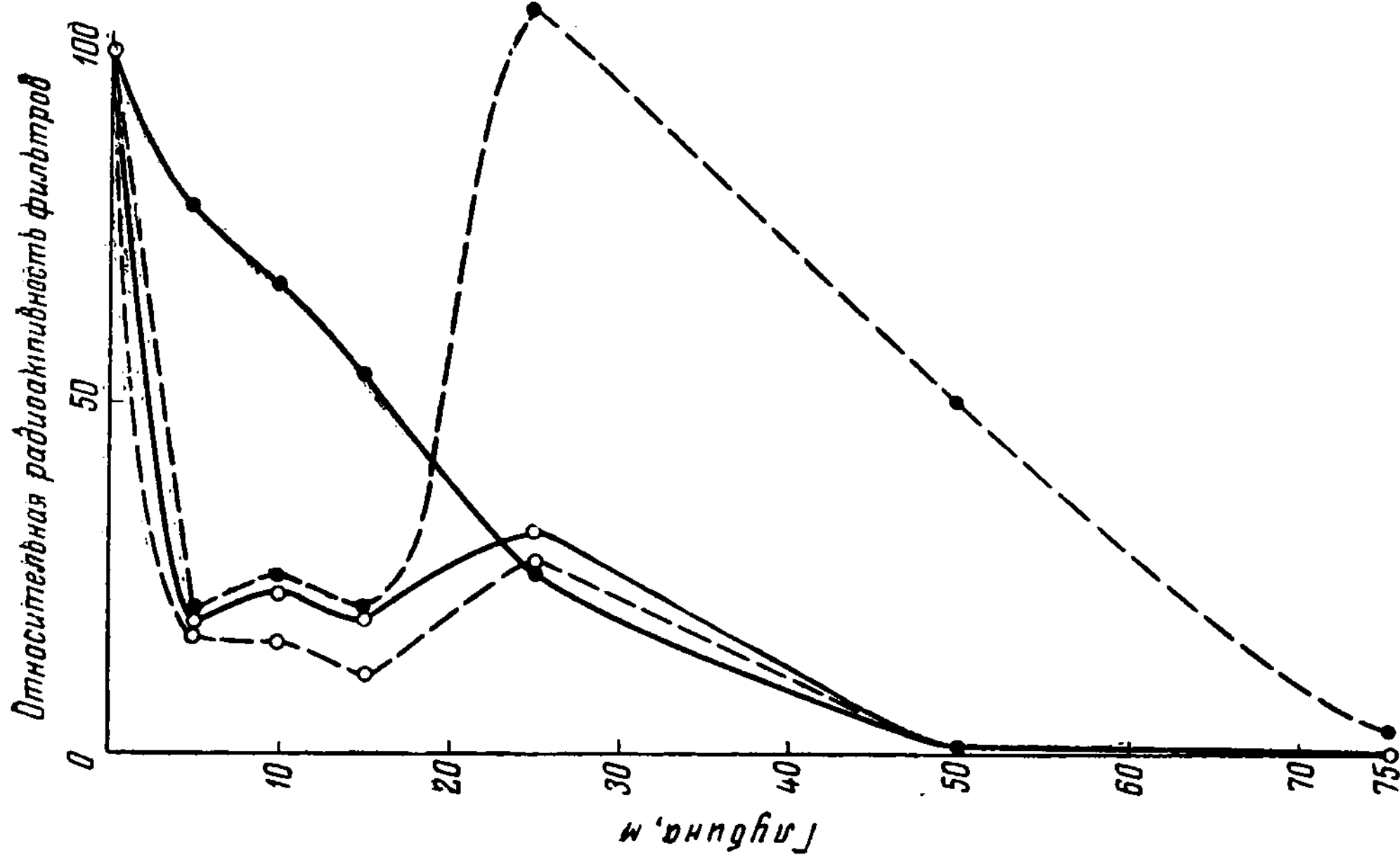


Рис. 4. Проверочный опыт 29.IV 1957 г. Станция 3571, t° воды $13,9^{\circ}$, продукция под 1 м^2 равна $0,14 \text{ г}$ углерода в сутки.

Обозначения те же, что и на рис. 3

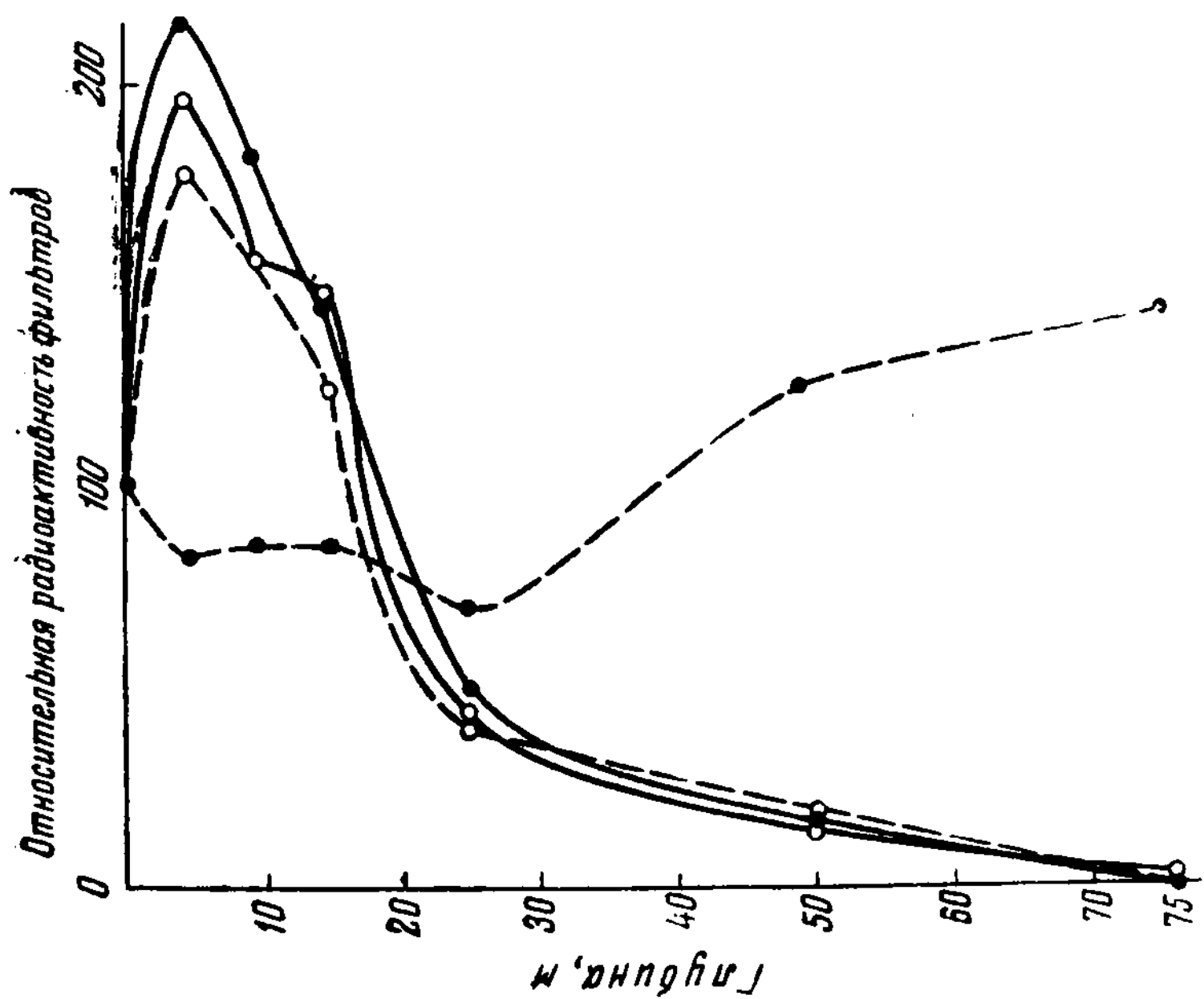


Рис. 5. Проверочный опыт 30.IV 1957 г. Станция 3571, t° воды $15,21^{\circ}$, продукция под 1 м^2 равна $0,01 \text{ г}$ углерода в сутки.

Обозначения те же, что и на рис. 3

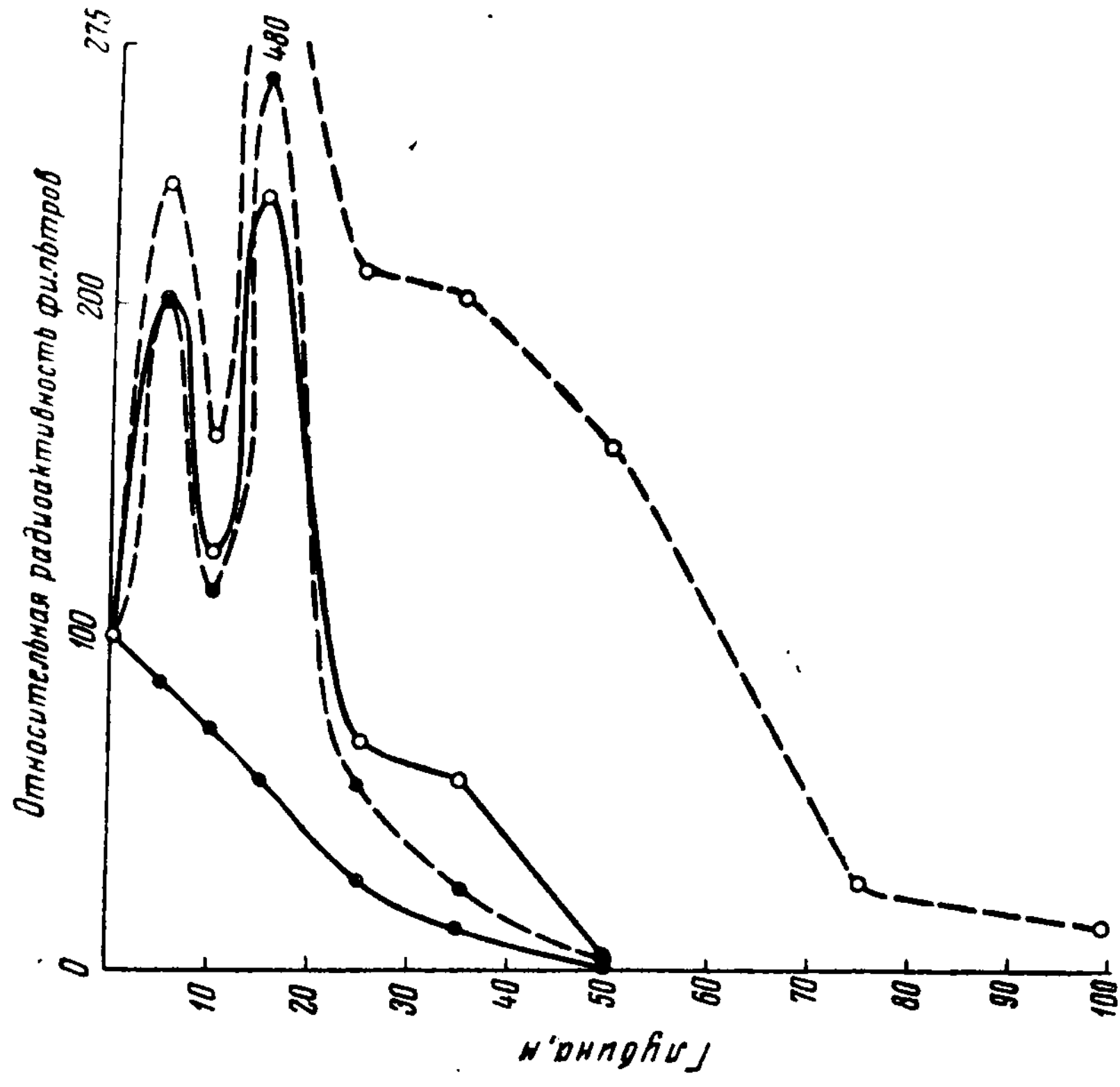


Рис. 7. Проверочный опыт 11.V 1957 г. Станция 3578, t° воды $7,24^\circ$, продукция под 1 м^2 равна $0,03 \text{ г}$ углерода в сутки

Обозначения те же, что и на рис. 3

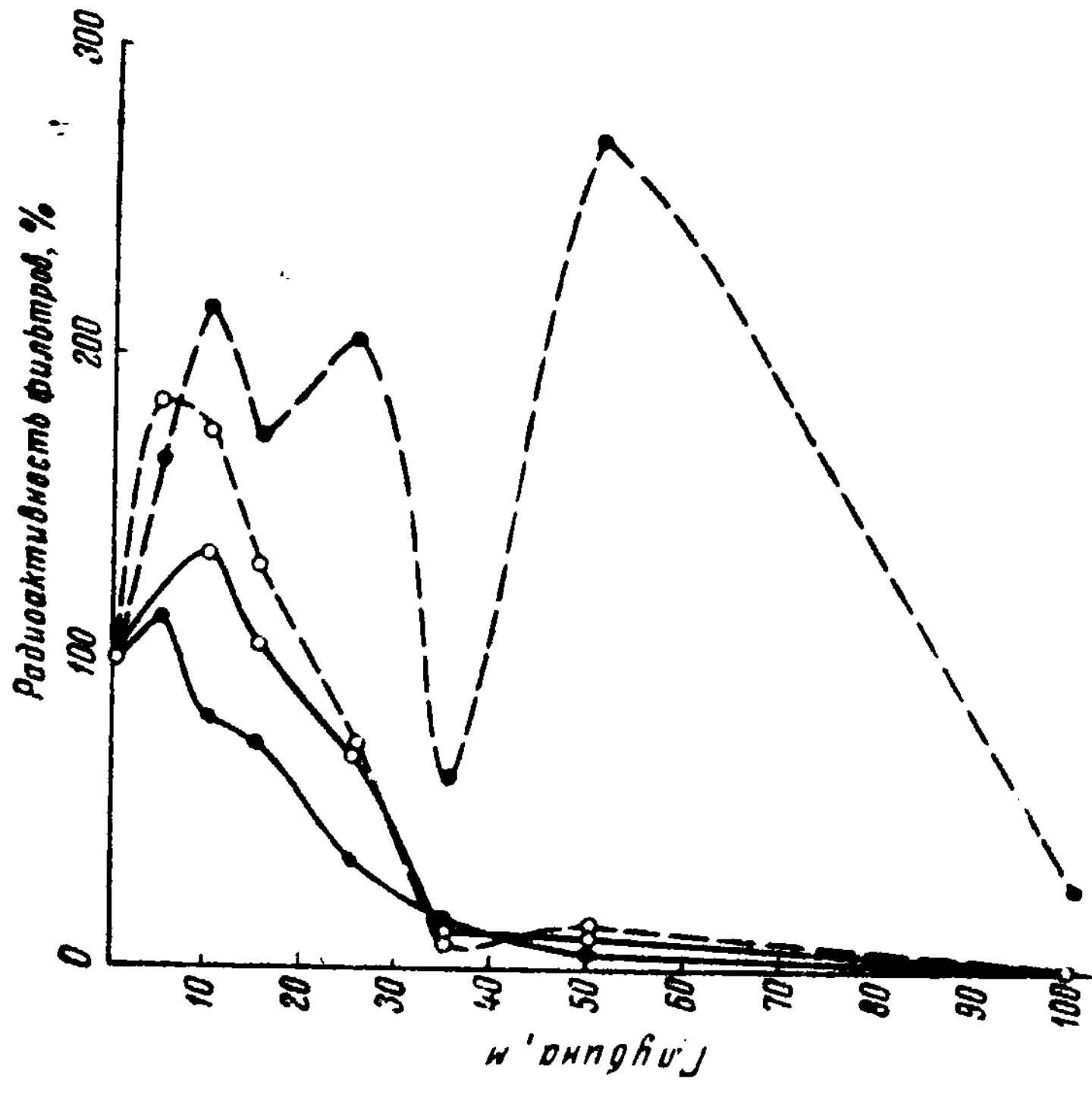


Рис. 6. Проверочный опыт 9.V 1957 г. Станция 3576, t° воды $16,44^\circ$; продукция под 1 м^2 равна $0,024 \text{ г}$ углерода в сутки

Обозначения те же, что и на рис. 3

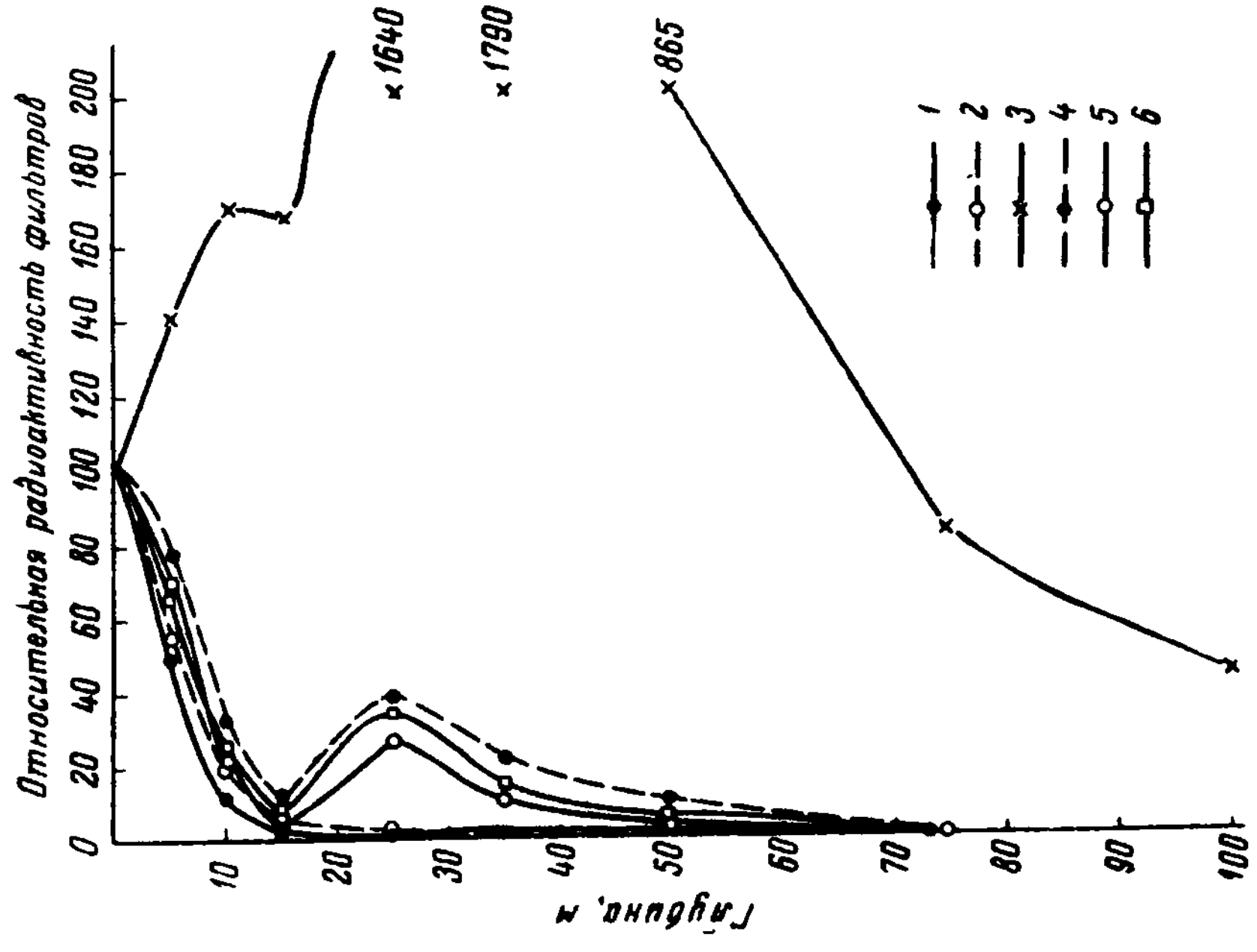


Рис. 8. Проверочный опыт 20.V 1957 г. Станция 3590, t° воды 3,99°, продукция под 1 м^2 равна 0,18 г углерода в сутки.
 1 — Кт; измерены с фитопланктоном, взятым из поверхностного слоя;
 2 — Кт; измерены с фитопланктоном, взятым с глубины 75–100 м (смешанная проба); 3 — Кр; 4 — Кс; рассчитаны по величинам Кт, полученным с глубинным фитопланктоном; 5 — Кс; рассчитаны по величинам Кт, полученным с поверхностным фитопланктоном; 6 — Кс; прямое определение по схеме А (рис. 1)

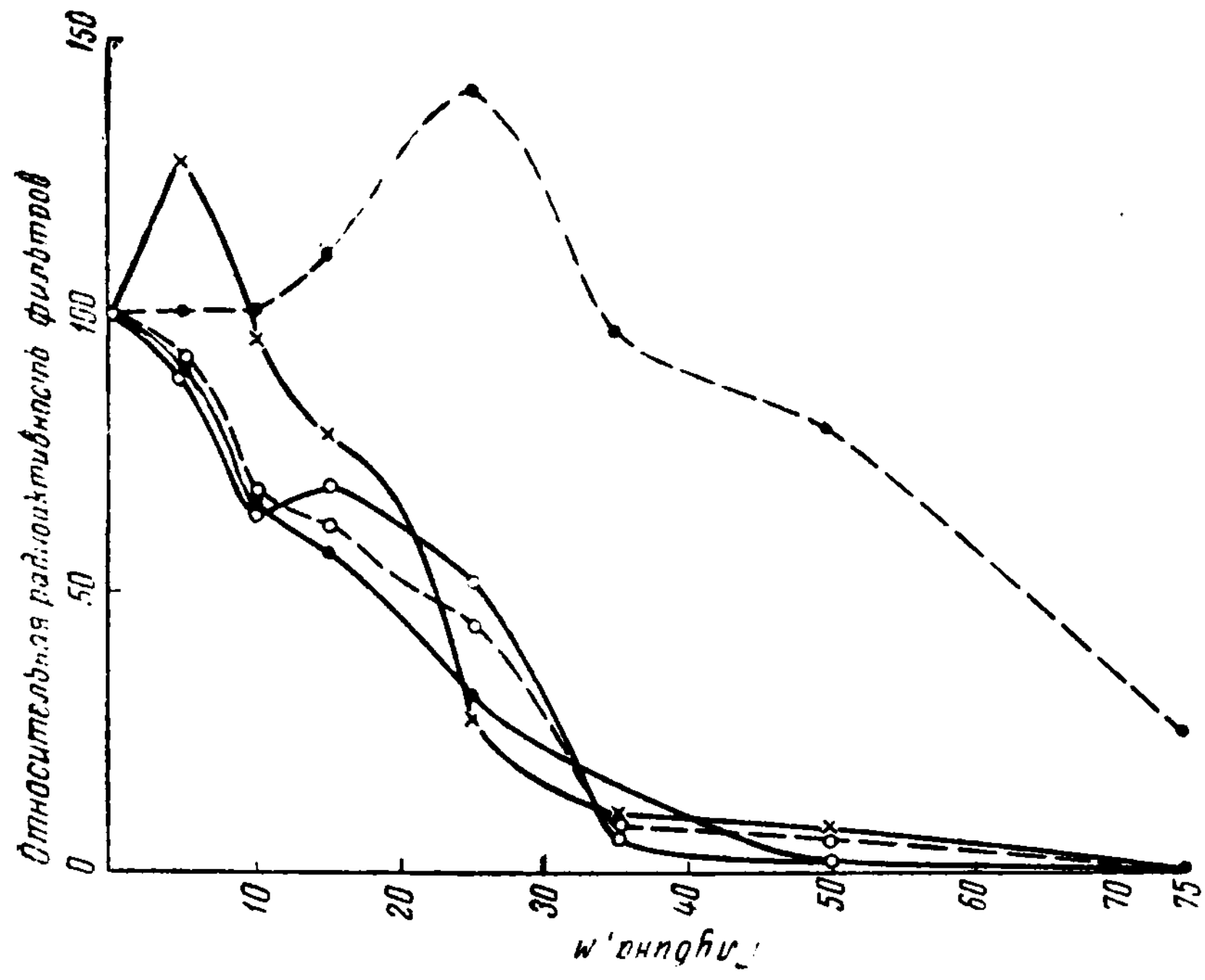


Рис. 9. Проверочный опыт 23.V 1957 г. Станция 3593, продукция под 1 м^2 равна 0,87 г углерода в сутки.
 1 — Кт, определены с фитопланктоном, взятым с глубины 35 м. Остальные обозначения те же, что и на рис. 3

относительная скорость фотосинтеза (K_c), определенная для одних и тех же горизонтов прямым методом (схема А, рис. 1) и путем расчета ($K_r \times K_t$ схемы В, Б), так же как и определенная обоими методами продукция под 1 м² поверхности моря, оказываются достаточно близкими. Сравнительно хорошее совпадение между этими величинами мы получили и в других опытах. Это видно и из графиков, на которые были нанесены коэффициенты K_r и K_t , коэффициенты K_{c1} (относительная скорость фотосинтеза), полученные прямым методом, и коэффициенты K_c , полученные перемножением K_r и K_t . Наилучшее совпадение коэффициентов K_{c1} и K_c наблюдалось на станциях, расположенных в районах холодных вод с относительно высокой продукцией (табл. 1, рис. 3, 8, 9). На станциях, расположенных в районе теплого течения Куро-сио, характеризующихся слабым развитием фитопланктона и низкой продукцией (рис. 5, 6), кривые K_{c1} и кривые K_c несколько расходятся. Причиной такого расхождения могло послужить световое угнетение в поверхностном слое воды, которое не вполне четко улавливается в опытах по определению K_r . Кроме того, вследствие малой продукции тропических вод Куро-сио (около 1 мг/м³ в сутки) активность фильтров с фитопланктоном (r) была очень мала, несмотря на большую общую радиоактивность внесенного карбоната (R) и измерить ее с достаточной точностью было трудно. В табл. 2 представлены величины коэффициентов K_f и K_{f1} (см. методику), найденных, исходя из величин K_{c1} и K_c , которые были определены для одних и тех же горизонтов на одних и тех же станциях. Из табл. 2 видно, что максимальное отклонение коэффициента K_f от коэффициента K_{f1} не превышает 17,5%. Поскольку продукция под 1 м² прямо пропорциональна коэффициенту K_f , то величины продукции, найденные путем прямого определения по схеме А и путем расчета, исходя из коэффициентов K_t и K_r , имеют столь же близкие значения, как и коэффициенты K_f и K_{f1} .

Таблица 2

Сравнение коэффициентов K_f , полученных прямым определением (K_{f1}) и при помощи поправочных коэффициентов K_t и K_r (K_f)

№ станций	Коэффициент K_{f1}	Коэффициент K_f	Процент отклонения K_f от K_{f1}
3563	0,121	0,118	— 2,5
3566	0,186	0,118	+ 1,0
3571 (29/V)	0,136	0,126	— 7,21
3571 (30/V)	0,535	0,519	— 3,01
3576	0,413	0,501	+17,05
3578	0,55	0,505	— 8,2
3590	0,194	0,201	+ 3,5
3593	0,282	0,286	+ 1,5

Максимальное отклонение K_f и от K_{f1} (17,5%) наблюдалось на станции 3576, расположенной в районе течения Куро-сио. Продукция на этой станции была очень низка и максимальная радиоактивность фильтров не превышала 200 импульсов на 1 л профильтрованной воды. На большинстве же холодноводных станций отклонение обычно не превышало 3—5%. Такая точность измерения вполне достаточна для определения

продукции моря под 1 м^2 поверхности, поскольку последняя колеблется в гораздо больших пределах даже в одной и той же точке водоема в зависимости от времени взятия проб ввиду того, что на величину суточной продукции оказывает большое влияние такой динамичный фактор, как вертикальное распределение фитопланктона.

Влияние характера вертикального распределения фитопланктона на продукцию под 1 м^2 в разных точках моря действительно очень велико и в большинстве случаев оно гораздо больше, чем влияние подводной освещенности. Это со всей очевидностью видно из сопоставления кривых K_t и K_p , представленных на графиках. Особенно четко влияние вертикального распределения фитопланктона на скорость фотосинтеза в водной толще (кривая K_s) видно на рис. 7 (станция 3578). На этой станции фитопланктон был распределен слоями. Наличие слоев вызвало появление двух максимумов на кривой скорости фотосинтеза, расположенных на глубине 5 и 15 м, тогда как кривая, характеризующая зависимость скорости фотосинтеза от освещенности, указывает на закономерное убывание этой величины. Столь же сильное влияние вертикального распределения фитопланктона на продуктивность можно было наблюдать на станции 3590 (рис. 8). Здесь слой фитопланктона с концентрацией в 16 раз большей, чем на поверхности, находился на глубине 25 м. Он вызвал значительное увеличение скорости фотосинтеза на этом горизонте, несмотря на недостаток света. Если бы этот слой фитопланктона был расположен у поверхности, то естественно, что общая продукция под 1 м^2 поверхности была бы примерно в 10 раз выше. Большое влияние характера вертикального распределения фитопланктона на продуктивность видно также и на других графиках (рис. 4, 5, 6, 9). В табл. 3

Таблица 3

Сравнение величины коэффициентов K_f , полученных разными способами

№ станций	Кф; вычислен умножением K_t и K_p , определенных на данной станции	Кф вычислен умножением K_p , определенных для данной станции, на K_t , средние для четырех станций		Кф вычислен умножением K_t , определенных на данной станции, на K_p , средние для четырех станций	
		Кф'	% отклонения от Кф	Кф''	% отклонения от Кф
3563	0,118	0,119	0,85	0,232	96,0
3566	0,188	0,193	2,65	0,211	12,2
3571 (29.IV)	0,126	0,124	1,5	0,226	79,5
3576	0,501	0,50	0,2	0,19	62,0

приводятся величины коэффициентов K_f , рассчитанные для произвольно взятых четырех станций, исходя из следующих данных: а) коэффициентов K_p и K_t , найденных для каждой из этих станций; б) коэффициентов K_t , измеренных на данной станции, и коэффициентов K_p , средних для всех четырех станций, и в) коэффициентов K_p , найденных для каждой станции, и коэффициентов K_t , средних для всех четырех станций. Расчеты показали, что наиболее близкие к «истинным», т. е. измеренным по схеме А (рис. 1) значения коэффициента K_f получаются при перемножении K_p и K_t , непосредственно измеренных на каждой станции. Перемножение K_p , найденных для каждой станции, и средних значений K_t также дает величины K_f , близкие к истинным. Если же перемножить средние значения K_p на K_t , найденные для каждой станции, то расхождение K_f резко возрастает, достигая 60—100%.

Таким образом, вертикальное распределение фитопланктона, сильно колеблющееся на каждой станции, оказывает более сильное влияние на величину K_f (и следовательно, на величину продукции под 1 м^2

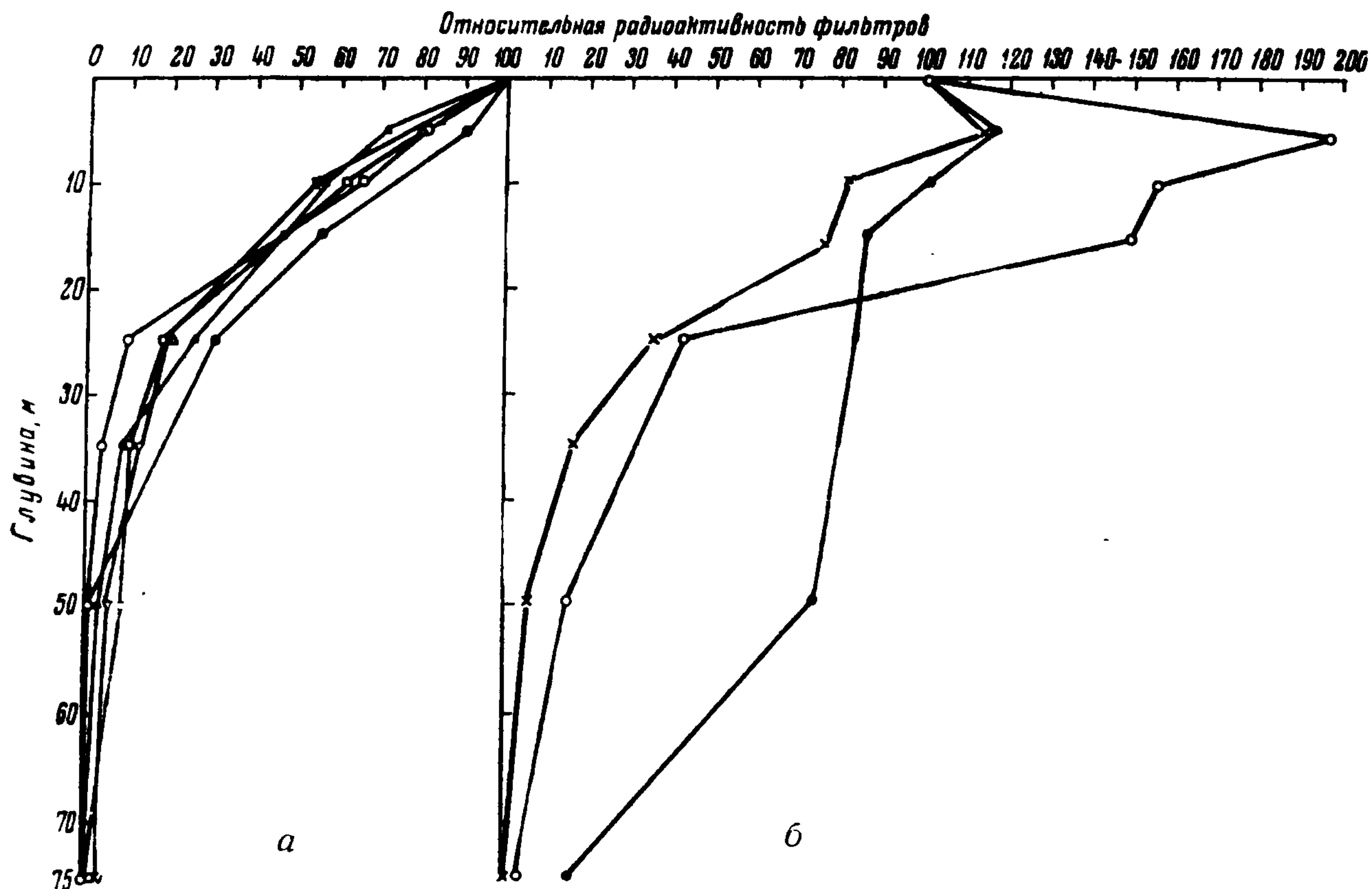


Рис. 10. Изменение коэффициента в холодных (а) и теплых (б) водах

поверхности) в разных участках моря, чем характерная для этих участков освещенность водной толщи, связанная со светопроницаемостью воды. Из приведенных расчетов также видно, что для определения продукции под 1 м^2 можно пользоваться без больших погрешностей коэффициентами K_t , средними для нескольких станций или найденными на одной из станций, тогда как пользоваться средними значениями K_r нельзя. Их надо определять обязательно на каждой станции. Об этом свидетельствует также и анализ кривых на графике (рис. 10). На этом графике приводятся две серии кривых K_t , одна из которых была получена для района холодных вод, а другая — для района теплых вод Куро-сио при значительно различающихся условиях погоды. Для районов холодных вод, которые характеризуются значительным развитием фитопланктона, кривые K_t очень сходны между собой и в общем имеют характер, очень близкий к характеру кривых изменения подводной освещенности с глубиной (Сорокин и Козлянинов, 1957). Эти кривые можно довольно хорошо выразить показательной функцией, так как будучи изображены в логарифмической шкале, они дают линии, сходные с прямыми.

Кривые K_t , полученные для теплых вод Куро-сио, отличающихся высокой прозрачностью и бедностью фитопланктона в количественном отношении, значительно отличались между собой. Здесь наблюдалось световое угнетение фотосинтеза в слое 0—5 м. Однако ниже этого слоя

кривая K_t в общем также следовала показательной функции. Причиной расхождения между собою кривых, полученных на разных станциях в районе Курошио, является, с одной стороны, низкая активность фильтров, приводящая к снижению точности определений, а также наличие светового угнетения, степень которого варьирует (по-видимому, не только от силы наружной освещенности, но и от физиологического состояния водорослей). Тем не менее даже на станциях, расположенных в теплых водах, кривые K_t расходятся между собою меньше, чем определенные на этих же станциях кривые K_p (рис. 5 и 6).

Таким образом, приведенные выше данные свидетельствуют о том, что нет необходимости определять коэффициенты K_t на каждой станции. Достаточно измерить их в полусуточном опыте на одной-двух станциях данной водной массы или ее отдельных районов. На остальных станциях этого участка можно ограничиваться сбором проб для определения K_p и абсолютной скорости фотосинтеза и инкубацией их на палубе судна, поскольку наиболее динамичным фактором, влияющим на продукцию под 1 м² поверхности моря, является вертикальное распределение фитопланктона. В отношении холодных вод это заключение более очевидно, так как коэффициенты K_t в районах холодных вод весьма постоянны на разных станциях. В тропических водах кривые несколько различаются на разных станциях.

Здесь, по-видимому, лучшим выходом будет определение абсолютной величины суточного фотосинтеза не в поверхностной пробе воды, а в пробе, взятой на глубине максимальной скорости фотосинтеза и инкубируемой при освещенности, которая наблюдается на этой глубине. Колебания, связанные с недостаточной точностью определения из-за большой бедности планктона и вытекающей отсюда неравномерностью его распределения при разливе воды в склянки, устранить трудно.

При определении K_t в море естественно возникает вопрос о том, можно ли определять коэффициент K_t с фитопланктоном, взятым с какого-либо одного горизонта водной толщи, поскольку можно ожидать, что водоросли, находящиеся на разных глубинах, адаптируются к определенным условиям освещенности. Может оказаться, что коэффициенты K_t , измеренные при погружении на разные глубины склянок с фитопланктоном, взятым с поверхности, будут отличаться от коэффициентов, полученных с фитопланктоном, взятым с глубины 35 или 50 м. Для выяснения возможного влияния световой адаптации на коэффициенты K_t мы провели несколько опытов, определяя K_t путем погружения проб с поверхности и с нижних горизонтов трофогенного слоя на разные глубины. Результаты этих определений приводятся на графиках (рис. 8, 9, 11, 12). Они показывают, что иногда в верхней части трофогенного слоя (0—25 м) наблюдается некоторое расхождение двух кривых K_t . Характерно, что на станциях 3572 (рис. 11) и 3590 (рис. 8) фитопланктон, взятый с глубины 50 м и 75—100 м, в отличие от поверхностного, испытывает световое угнетение в слое 0—5 м.

Ниже 25 м на станции 3562 (рис. 12) и во всей толще воды обе кривые хорошо совпадают. Это объясняется, по-видимому, тем, что одни и те же водоросли в большинстве случаев не находятся долго на одной и той же глубине и не успевают адаптироваться к освещенности.

Приведенные данные показывают, что вполне возможно определить K_t для всех горизонтов трофогенного слоя, пользуясь пробой воды с какого-либо одного горизонта (с 5 или 15 м) или смешанной пробой с двух горизонтов (с 5 и 25 м).

В участках моря с малым количеством фитопланктона иногда бывает очень трудно определить с достаточной точностью Кт, пользуясь пробам

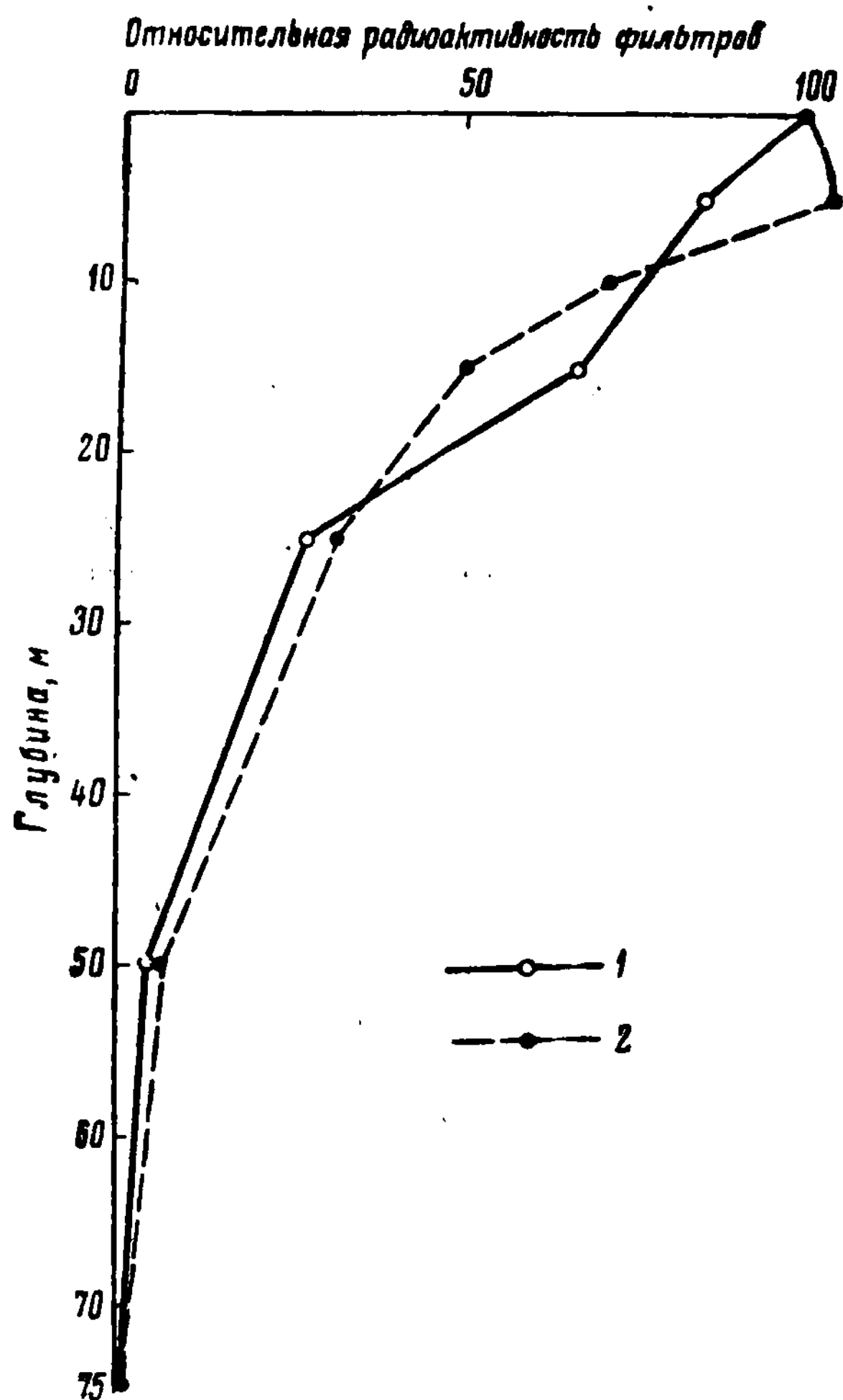


Рис. 11. Определение Кт с фитопланктоном, взятым с поверхности (1) и с глубины 50 м (2). Станция 3572

с этим опыт, выясняющий возможность использования фитопланктона, сгущенного планктонной сеткой или планктонособирателем. Коэффициенты Кт были определены одновременно со сгущенным и с естественным планктоном. Результаты опыта приводятся на графике (рис. 13). Они показывают, что значения Кт, полученные при измерении обоими методами, сравнительно близко совпадают. Следовательно, на станциях с сильно обедненным планктоном для определения Кт можно, в крайнем случае, пользоваться сгущенным планктоном.

На большинстве станций одновременно с определениями Кт М. В. Козлянинов провел наблюдения за подводной освещенностью и мутностью воды с помощью заборных фотометров. Сопоставление кривых Кт и кривых подводной освещенности для станций, расположенных в холодных водах, показало, что эти кривые во многих случаях близко совпадают и могут быть выражены математически показательной функцией (Сорокин, Козлянинов, 1957). Близкую зависимость между освещенностью и фотосинтезом в толще воды наблюдали и другие авторы (Jenkins, 1937).

Поэтому после накопления достаточного количества фактического материала о ходе кривых Кт мы, по-видимому, сможем найти математическое выражение зависимости фотосинтеза от освещенности для определенных районов Мирового океана. Это сведет к минимуму или избавит от необходимости установки склянок в море и даст возможность без особых усилий проводить обширные наблюдения за ходом и размерами первичного продуцирования органического вещества в море.

Для правильного выбора продолжительности опыта при определении абсолютной величины суточного фотосинтеза мы провели наблюдения за суточным ходом фотосинтеза. Для этого в море на глубину 3 м была опущена бутылка емкостью 20 л с морской водой, в которую был добавлен меченый карбонат. Периодически из бутылки отбирали пробы воды, которые затем профильтровывались через мембранный фильтр для определения фотосинтеза. Опыт продолжался два дня, из которых первый день был пасмурным, а второй солнечным. Результаты опыта приводятся на

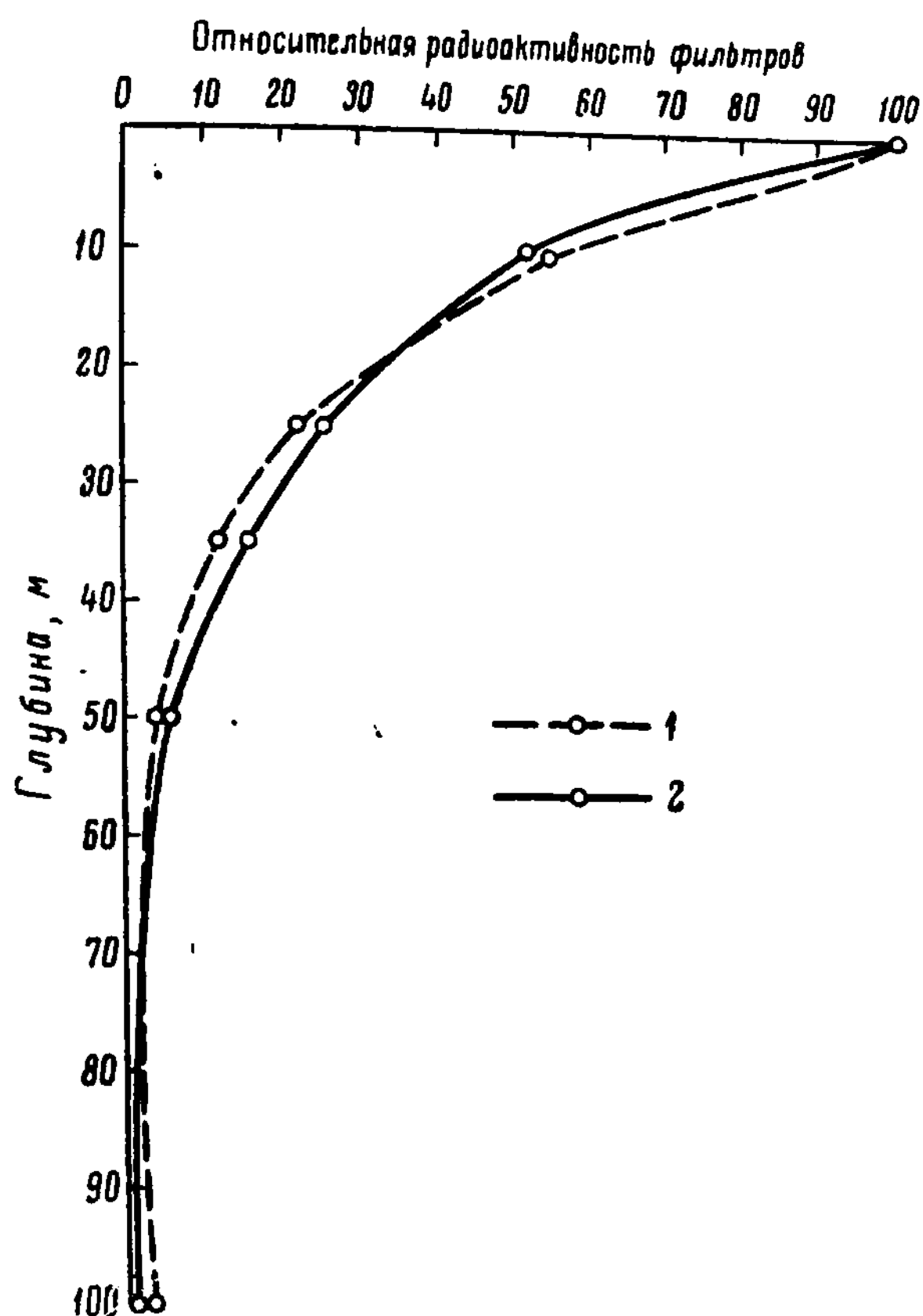


Рис. 12. Определение K_t с фитопланктоном, взятым с глубины 5 м (1) и с глубины 70 м (2). Фитопланктон сгущен планктоносорбителем. Станция 3562

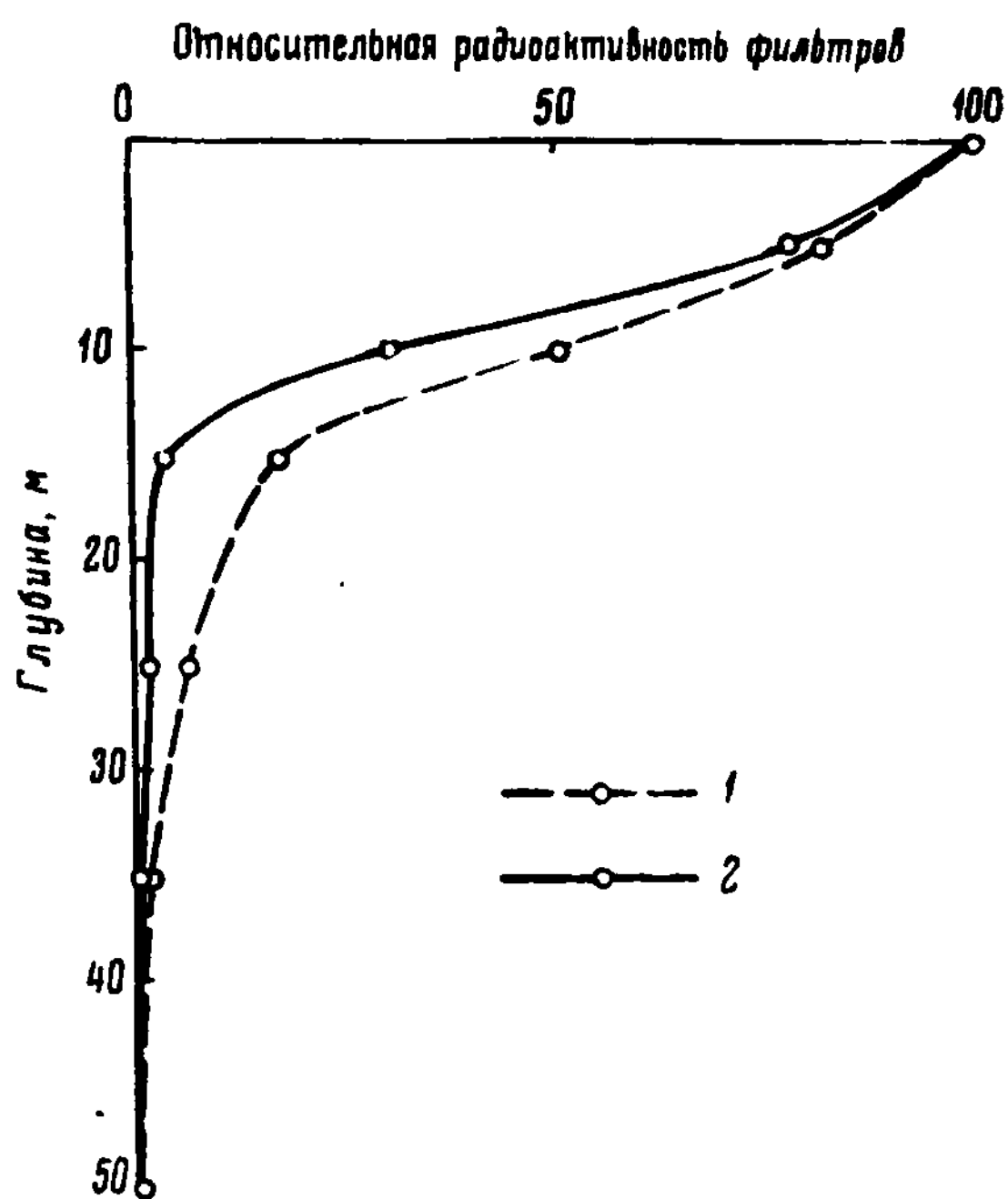


Рис. 13. Определение K_t с естественным фитопланктоном (1) и с фитопланктоном, сгущенным планктонной сеткой (2). Станция 3583

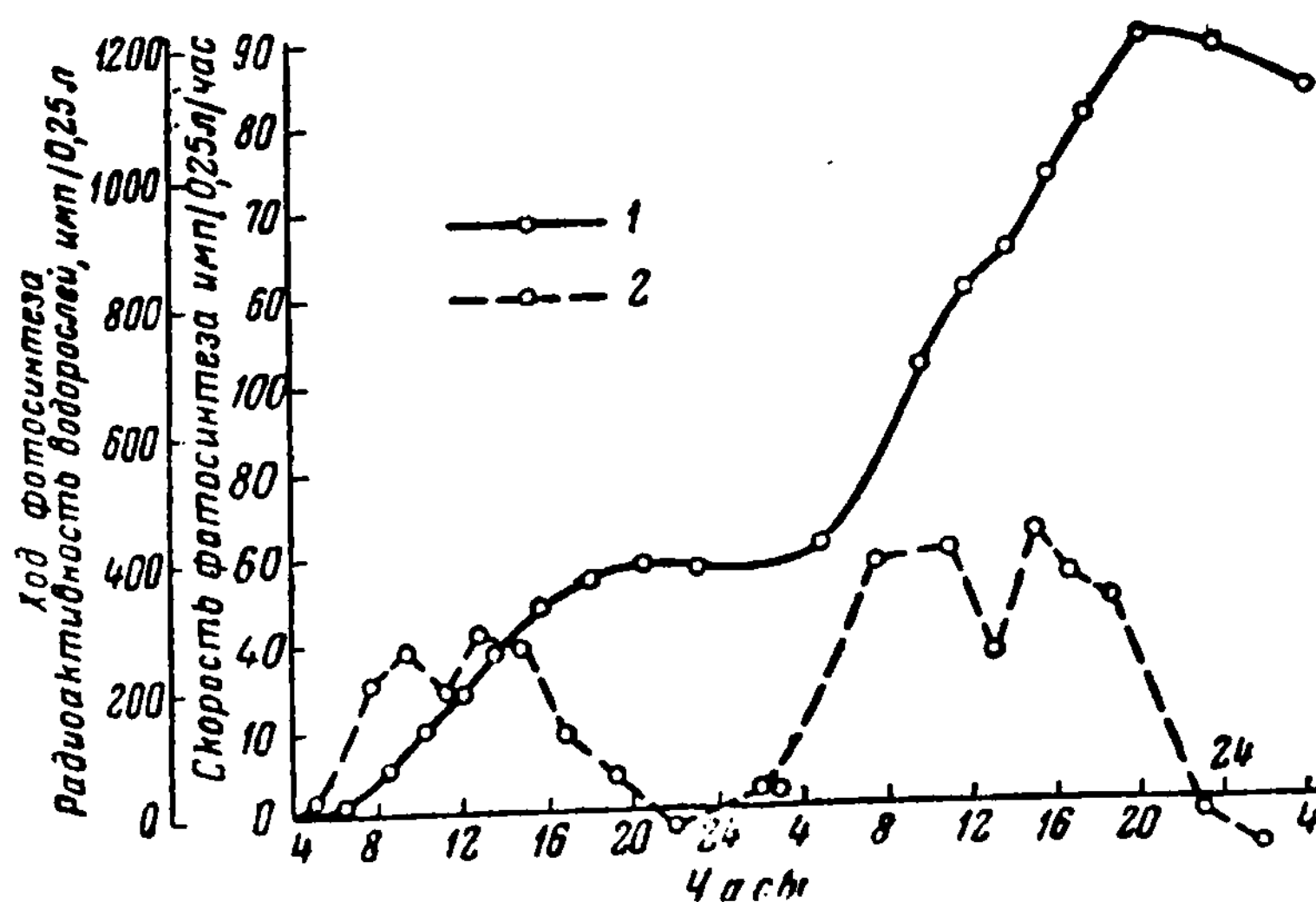


Рис. 14. Суточный ход фотосинтеза. Станция 3583. 20—21 мая 1957 г.

1 — ход фотосинтеза; 2 — почасовая скорость фотосинтеза

графике (рис. 14). Они показывают, что за первую половину светового дня до 12 час. водоросли синтезируют примерно столько же органического вещества, сколько и за вторую его половину. Характерно, что и в пасмурный, и в солнечный день с 11 до 14 часов наблюдалось снижение скорости фотосинтеза в связи с избыточной освещенностью.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из самых существенных выводов, вытекающих из рассмотренного выше экспериментального материала, является, по нашему мнению, вывод о большом влиянии на продукцию характера вертикального распределения фитопланктона, которое в свою очередь в сильнейшей степени зависит от гидрологических условий и прежде всего от температурной стратификации водной толщи. Однако большинство исследователей, определявших продукцию под 1 м² путем расчета при инкубации склянок на палубе (Steemann Nielsen, 1952, 1954; Jitts a. Rotchi, 1957; Miyake, 1957; Ryther, 1954, 1956), этот фактор фактически не учитывали. Между тем, его влияние, как показывают наши данные, необходимо учитывать на каждой станции, поскольку именно распределение фитопланктона, а не подводная освещенность испытывает наибольшие колебания. На сильные колебания вертикального распределения фитопланктона указывают также Аткинс и Дженкин (Atkins a. Jenkins, 1953).

Очень важен в методическом отношении вопрос о выборе горизонтов для определения коэффициентов распределения K_r . Идеальным в этом отношении был бы случай, когда пробы для анализа K_r брали бы в точках минимумов и максимумов фактического распределения фитопланктона в толще воды. Опыты по одновременному определению коэффициентов K_r и вертикального распределения мутности воды при помощи специального прибора, проведенные совместно с М. В. Козляниновым, показали, что часто можно наблюдать очень близкое совпадение по вертикали слоев максимальной и минимальной мутности с максимальными и минимальными значениями коэффициентов K_r (рис. 15). Эти данные указывают на то, что перед взятием проб для определения K_r было бы целесообразно сначала определять изменение мутности воды по вертикали (это определение занимает не более пяти минут), а затем на глубинах максимальной и минимальной мутности брать пробы для определения K_r . При таких условиях опыта сложный характер распределения планктона и его влияние на продуктивность под 1 м² можно будет учесть значительно точнее, чем при взятии проб для определения K_r со стандартных горизонтов. Величины же K_t изменяются с глубиной, следуя определенной закономерности, и для их определения вполне можно пользоваться стандартными горизонтами.

В заключение следует сказать несколько слов об условиях освещенности в опытах для определения абсолютной величины суточной продукции фотосинтеза. Многие авторы для ее определения применяют, следуя Стиману Нильсену (1952), стандартное искусственное освещение 18 000 люксов, которое создается люминесцентными лампами. По нашему мнению, такие условия опыта неприемлемы для измерения первичной продукции. Задача определения первичной продукции имеет смысл лишь при условии, что самоопределение будет проводиться в условиях, близких к условиям водоема, и что при этом будут получаться величины, близкие к тем, которые фактически имеют место в природных условиях. Мы делаем необходимое отступление от природ-

ных условий уже тем, что заключаем воду в склянки и изолируем ее от среды. Все остальные условия опыта необходимо стараться максимально приблизить к естественным. Поэтому пробы для определения фотосинтеза лучше всего выдерживать при естественной освещенности, иначе мы не сможем правильно учесть влияние светового угнетения и подводной освещенности на продукцию под 1 м^2 и не сможем

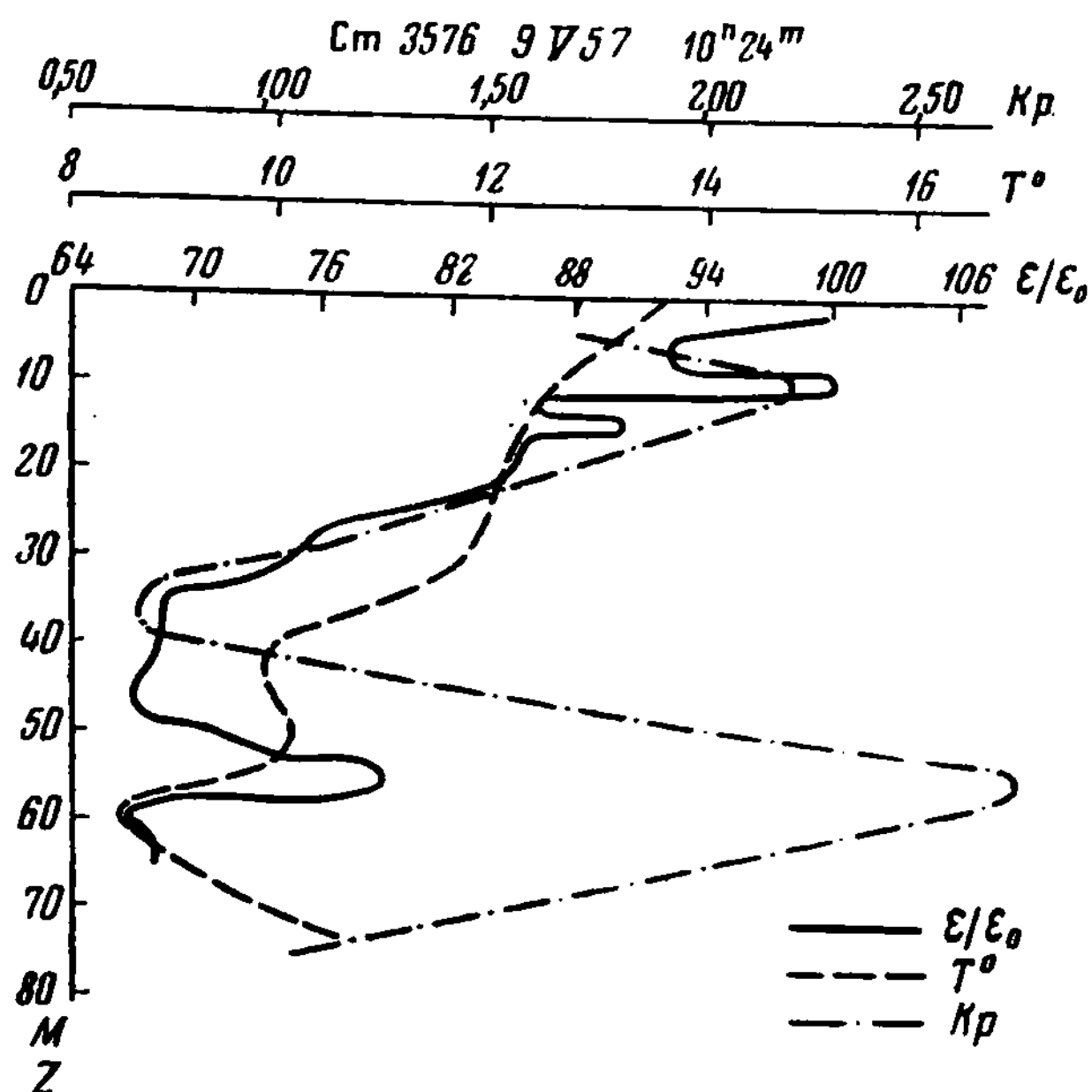


Рис. 15. Одновременное определение K_p , показателя мутности воды (E/E_0) и температуры воды. Станция 3576. 9.V 1957 г.

получить достаточно близкие к природным величины сезонных колебаний продуктивности, на которые оказывает большое влияние наружная освещенность. Нам кажется, что для оценки суммарной первичной продукции океанов и морей лучше осреднять величины, полученные в каждом конкретном случае в условиях, близких к естественным, чем осреднять их в каждом опыте, используя стандартное искусственное освещение.

ВЫВОДЫ

1. В методическом рейсе экспедиционного судна «Витязь» в Японском море и северо-западной части Тихого океана проведена серия опытов по проверке схемы определения суточной величины первичной продукции моря под 1 м^2 поверхности при помощи радиоактивного углерода. Проверявшаяся схема была первоначально разработана и применена для определения первичной продукции крупных водохранилищ. Схема позволяет определять продукцию без суточных стоянок судна в каждой точке водоема, которые необходимы при прямом определении.

2. Опыты по сравнению результатов прямых определений продукции и определений при помощи проверяемой схемы в большинстве случаев дали близкие величины. Расхождения (не превышающие, однако, 20%) наблюдались на станциях, расположенных в тропических водах в районе теплого течения Кюросио, на которых вообще продукция была очень мала (1 мгС/м^3), что снижало точность определений.

3. Полученные данные позволяют заключить, что испытанная схема может применяться для определения первичной продукции фотосинтеза под 1 м² поверхности моря при работе в комплексных экспедициях на больших судах.

4. В работе описана разработанная в этом рейсе техника работы по определению фотосинтеза в море при помощи C¹⁴.

В организации и проведении этой работы принимали непосредственное участие О. И. Кобленц-Мишке, В. В. Зернова и В. С. Малеванов, которым автор приносит свою глубокую благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г., Иванова А. И. 1935. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания водной массы озера. Тр. Лимнол. станции в Косине, т. 20.
- Сорокин Ю. И. 1956. О применении радиоактивного углерода C¹⁴ для изучения первичной продукции водоемов. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VII.
- Сорокин Ю. И., Розанова Е. П., Соколова Г. А. 1959. Определение первичной продукции Горьковского водохранилища с помощью C¹⁴. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. IX.
- Сорокин Ю. И. и Козлянинов М. В. 1957. Определение зависимости фотосинтеза от подводной освещенности в Японском море и Тихом океане. «Докл. АН СССР» (в печати).
- Щербаков А. П. 1953. Продукция органического вещества фитопланктона в Глубоком озере. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. V.
- Atkins W. R. J., Jenkins F. R. S. 1953. Seasonal changes in the phytoplankton during the year 1951—1952 as indicated by chlorophyll estimation. J. Mar. Biol. Ass., v. 31, p. 491—953.
- Cushing D. H. 1957. Production of carbon in the sea. Nature, v. 179, p. 876.
- Jenkins P. M. 1937. Oxygen production by the diatom *Concinodiscus* in relation with submarine illumination. J. Mar. Biol. Ass., v. 22, p. 301.
- Jitts H., Rotchi H. 1957. Mesure par la méthode au C¹⁴ de activité photosynthétique de quelques masses d'eau du Pacifique sud — ouest en relation avec l'étude de la fertilité de ces mêmes eaux. Intern. Journ. of Appl. Rad. and Isot., v. 2, N 3.
- Miyake Yasuo. 1957. A study on the organic productivity and the solubility product of CaCO₃ in the ocean by means of the radiocarbon C¹⁴. Intern. Journ. of Appl. Rad. and Is., v. 2, N 3, p. 301.
- Ryther J. H. 1954. The ratio of photosynthesis to respiration in marine plankton algae and its effect upon the measurement of productivity. Deep — Sea Res., 2.
- Ryther J. H. 1956. The measurement of primary production. Limnol. and Oceanogr., v. 1.
- Ryther J. H. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. Ibid.
- Steeman Nielsen E. 1952. The use of radioactive carbon C¹⁴ for measuring organic production in the sea. J. Cons. Expl. Mer., v. 18, N 2.
- Steeman Nielsen E. 1954. On organic production in the oceans. Ibid., v. 19, N 3.

ВОПРОСЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ

В. В. МУРИНА, О. Г. РЕЗНИЧЕНКО¹ОБ АУТОАККЛИМАТИЗАЦИИ КРАБА
RHITHROPANOEUS HARRISII TRIDENTATUS (MAITLAND)
В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ

(МГУ; Кафедры зоологии беспозвоночных, гидробиологии)

В течение последних двух десятилетий в водах южной половины европейской части Советского Союза наблюдается непрекращающееся расселение американского краба ритропанопеуса (*R. harrisii tridentatus*). Это получило отражение в нескольких публикациях (в основном типа заметок), посвященных нахождению ритропанопеуса в Черном, Азовском и Каспийском морях. Первоначально краб появился в наших водах в северо-западной половине Черного моря перед Великой Отечественной войной (Макаров, 1939). Приблизительно 10 лет спустя он был найден в бассейне Азовского моря (Мордухай-Болтовской, 1952), а еще через 10 лет, в 1958 г., оказался в Северном Каспии (Небольсина, 1959), преодолев, таким образом, за все отмеченное время путь больше, чем в 1800 км.

Но ритропанопеус проникает в воды СССР и с севера — через Балтийское море. Впервые в этом районе (Вислинский залив) он достоверно был отмечен В. В. Муриной в 1951 г. Однако из показаний рыбаков следует, что появление краба в заливе надо относить к 1948—1949 гг.

Тем не менее, наши гидробиологи, в том числе сотрудники Балтийского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (БалтНИРО) и других советских прибалтийских биологических учреждений, не проявляют интереса к аутоакклиматизации ритропанопеуса в бассейне Балтийского моря. По этому вопросу до сих пор имелась лишь единственная заметка Я. А. Бирштейна (1952) и одно мимолетное упоминание о крабе в работе В. В. Муриной (1956).

Между тем польскими биологами ритропанопеус не только всесторонне изучается (Bojarski a. oth., 1957; Kujawa, 1957; Zmudziński, 1957; Ławiński a. Węglarska, 1959), но и широко используется как постоянное лабораторное животное (Pautsch, 1957) — настолько этот вид стал уже обычным и многочисленным в польской части Вислинского залива.

¹ Обработка данных по рыбам и сбор всех полевых материалов сделаны В. В. Муриной; подбор, обработка и обобщение данных по ракообразным, а также оформление работы — О. Г. Резниченко.

Материал для настоящей работы, дополняющей данные польских авторов, был собран в советской части Вислинского залива в 1951—1952 гг. попутно с основной работой по питанию рыб Вислинского и Курского заливов Балтийского моря, поэтому не были зафиксированы в достаточно большом количестве крабы, нет данных по соотношению их полов в пище рыб, не отмечалась соленость в местах лова рыб и ракообразных, документально не запротоколирован ряд других данных.

Всего было вскрыто 153 угря (*Anguilla anguilla*), 196 речных камбал (*Pleuronectes flesus trachurus*), 43 ритропанопеуса и сделано соответствующее число промеров и взвешиваний рыб, 144 промера крабов. Из-за сходства содержимого желудков и кишечника, а также из-за сильной переваренности пищи в последних, здесь, как правило, приводится только состав пищевого комка желудков вскрытых животных.

Рыбы измерялись, а данные по их питанию обрабатывались по стандартной методике, принятой в системе Всес. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанографии (ВНИРО). Средняя длина отловленных угрей 57,6 см; вес 342,9 г, возраст 6+ и, соответственно, крайние величины: 47 и 68 см, 185 и 810 г, 5 и 10 лет. Грунт, на котором были пойманы угри, в основном ил; глубина — от 2,5 до 4,8 м; температура воды на поверхности в среднем равнялась 21° С; работа велась преимущественно днем.

Взвешивание крабов (после их фиксации в формалине) проводилось на аптекарских весах с точностью до 1 г. Количественный состав компонентов пищевого комка определялся на глаз по занимаемой ими площади поля зрения: основные компоненты — больше 50%, второстепенные — меньше 50% и редкие, занимающие очень малую площадь (см. табл. 2). За ширину панциря ритропанопеуса принято расстояние между крайними точками на наружных сторонах его срединных боковых зубцов.

По опубликованным работам польских биологов¹, ритропанопеус в Вислинском заливе в настоящее время полностью прижился и распространен по всей его территории при солености от 0,5 до 7‰, совершенно не попадаясь в водах пресной Вислы и участках, прилегающих к устьевым пространствам рек. Об успешной аутоакклиматизации краба в этом районе свидетельствует, например, тот факт, что в окрестностях польской биологической станции в Восточных Горках, в водах Мертвой Вислы, личинок ритропанопеуса так много, что они образуют там местный планктон (Pautsch, 1957).

Встречается ритропанопеус в заливе в основном на небольшой глубине (до 2 м), на всех грунтах, в том числе и на покрытых водной растительностью (Zmudziński i Szarejko, 1955). Наибольшее количество краба приурочено к местам скоплений дрейссены (*Dreissena polymorpha*), о чем наглядное представление дают следующие цифры (по Zmudziński, 1957).

Зоны залива	экз/м ²	г/м ²
Илистая, основная и наиболее глубокая	2,4	0,39
Переходная к песку побережья . . .	4,8	0,12
Песчаная	3,2	0,13
Скоплений дрейссен	22,5	0,23

¹ К сожалению, эти данные относятся преимущественно к польской территории залива.

Самые обильные скопления этих двустворчатых моллюсков, характерных для всей прибрежной полосы залива, отмечены в юго-западной части водоема при солености 0,1—0,8‰. В Вислинском заливе ритропанопеус питается в основном дрейссеной, а в аквариуме он хорошо поедает других двустворчатых моллюсков — мидий (*Mytilus edulis*) и неохотно — рыб. Половозрелые крабы достигают размера 20 мм; самки его способны откладывать до 4000 яиц (Kujawa, 1957).

Произведенные нами промеры и определение полового состава ритропанопеусов, добытых в советской части залива, указывают на значительное преобладание в бентосе этого района самцов и на малые размеры особей обоих полов. То же полностью подтверждается размерным анализом крабов из 17 желудков угрей (см. табл. 1).

В пище угрей преобладали ритропанопеусы меньших¹ (ширина панциря 7,9 мм), чем в бентосе (ширина панциря 9,3 мм), средних размеров. В общем избирательность угрей по отношению к полу краба была совершенно не выражена, что можно оценивать как косвенное доказательство равномерного, одинакового распределения самок и самцов ритропанопеуса вдали от берега, на глубине.

Отсутствие мелких крабов в бентосе и желудках рыб связано с проведением работы только на глубине, вне района собственно мелководий побережья, где, по-видимому, сосредоточена молодь ритропанопеуса. Это подтверждается данными Куявы (Kujawa, 1957) о приуроченности молоди краба к гидроиду *Cordylophora caspia*, в массе обитающему в побережье Вислинского залива. Имеются также указания на обитание молоди ритропанопеуса в самой мелкой полосе побережья Таганрогского залива (Мордухай-Болтовской, 1952) и собственно Азовского моря (Резниченко, 19586).

Анализируя состав пищи угря, следует отметить явление количественной взаимоисключаемости двух основных компонентов пищи этой рыбы в 1952 г. — многощетинкового червя nereиса (*Nereis diversicolor*) и ритропанопеуса. Действительно, большое количество крабов в желудке рыбы исключало, как правило, заметное участие в ее пище nereиса. Приведем в пример четыре желудка угрей, содержавших в каждом случае: 1) 1 краба + 36 nereисов², 1 *Mya agapigia* и много нематод; 2) 1 краба + 23 nereиса; 3) только 12 крабов; 4) только 58 крабов. Эта особенность подтверждается также данными анализа других 28 желудков угрей, в пищевом комке которых полностью отсутствовали ритропанопеусы, но зато количество особей nereисов (изредка с примесью других организмов) в среднем равнялось 16 экземплярам, колеблясь чаще всего от одного до двух-трех десятков экземпляров на каждый желудок (см. табл. 3).

Характерно, что процент зараженности желудков угрей нематодами в оба года составлял приблизительно 45% встречаемости, но при наличии в пище рыбы крабов, нематоды всегда встречались менее часто (35,2% зараженных «крабовых» желудков), чем в «бескрабовых» желудках угрей (50% зараженности нематодами) (см. табл. 3).

В связи с описанным явлением взаимоисключаемости несомненный интерес представляло выяснение питания ритропанопеуса в естественных условиях. С этой целью нами были вскрыты желудки крабов как отловленных со дна, так и извлеченных из желудков угрей (табл. 2).

¹ Т. И. Биргер (1959) констатирует уменьшение пищевой ценности ритропанопеуса с возрастом. Как видим, угорь избирает мелких крабов, т. е. наиболее усвояемых.

² По данным В. В. Муриной (1956), угри в Вислинском заливе питаются главным образом крупными червями, глубоко (до 20 см) закапывающимися в грунт.

Таблица 1

Размеры риптропанопусов (ширины панциря — ШР) из желудков угрей (I) и из бентоса* (II) Нислинского залива

I

ШР	4,0—4,9 <i>n</i> = 1	5,0—5,9 <i>n</i> = 9	6,0—6,9 <i>n</i> = 13	7,0—7,9 <i>n</i> = 32	8,0—8,9 <i>n</i> = 12	9,0—9,9 <i>n</i> = 17	10,0—10,9 <i>n</i> = 14	11,0—11,9 <i>n</i> = 1	12,0—12,9 <i>n</i> = 0	13,0—14,9 <i>n</i> = 0	>15,0 <i>n</i> = 1	4,9—15,3 <i>n</i> = 100
♂ ШР ср. ♂ <i>n</i>	— —	5,3 6	6,3 7	7,1 22	8,3 8	9,3 8	10,1 13	11,9 1	— —	— —	15,3 1	8,1 66
♀ ШР ср. ♀ <i>n</i>	4,9 1	5,3 3	6,2 6	7,2 10	8,4 4	9,3 9	10,0 1	— —	— —	— —	— —	7,6 34
ШР ср. для ♂ и ♀	4,9	5,3	6,2	7,2	8,4	9,3	10,0	11,9	—	—	15,3	7,9

II

ШР	<i>n</i> = 0	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 5	<i>n</i> = 4	<i>n</i> = 5	<i>n</i> = 5	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 0	5,7—12,4 <i>n</i> = 24
♂ ШР ср. ♂ <i>n</i>	— —	5,7 1	6,6 2	7,6 1	8,1 2	9,6 1	10,6 3	11,5 5	12,4 1	— —	10,1 16
♀ ШР ср. ♀ <i>n</i>	— —	— —	— —	— —	8,7 3	9,2 3	10,2 2	— —	— —	— —	9,3 8
ШР ср. для ♂ и ♀	—	5,7	6,6	7,6	8,4	9,4	10,4	11,5	12,4	—	9,8

* В 1951 г. на палубе судна был пойман краб с панцирем шириной 25 мм, захваченный, очевидно, тралом во время работы в районе Мамоново. Для самцов из бентоса средний формалинный вес равен 367 мг, наибольший — 700 мг, наименьший — 80 мг, а для самок, соответственно, 276, 450 и 195 мг.

Таблица 2

Общая характеристика пищевого комка ритропанопеусов Вислинского залива

Места нахождения крабов		Пол крабов и их число (в скоб.)	Наполнение желудков (без учета пустых желудков), в %	Число желудков с преобладанием * определенного компонента пищевого комка							Число пустых желудков
				мизиды	остракоды	хирономиды	нерейсы	растения	неопределен. остатки	песок	
Крабы из желудков угрей	Район польской границы	♂ ♂ (4)	> 75 (50—100)	4 осн.	1 втор.	—	1 осн.	—	—	4 ред.	0
		♀ ♀ (4)	75 (50—100)	2 втор.	1 осн. + 1 втор.	—	1 осн.	1 осн.	—	2 ред.	1
	Район Балтийска	♂ ♂ (5) **	~ 50 (~0—100)	3 осн.	4 втор.	1 осн. + 3 втор.	—	—	1 осн.	2 ред.	0
		♀ ♀ (6)	85 ($< 25 - 100$)	1 осн.	1 ред.	3 осн.	—	—	1 осн.	3 ред.	1
Крабы из бентоса		♂ ♂ (16)	43,7 (~ 0—100)	9 осн.	4 ред.	—	1 осн.	1 втор.	6 осн.	5 ред.	0
		♀ ♀ (8)	28,5 (~ 0—75)	1 осн.	1 ред.	—	—	—	6 осн.	2 ред.	1

* Осн. — основной, втор. — второстепенный, ред. — редкий компонент пищевого комка (см. стр. 256).

** В одном желудке были также и нематоды.

Как видно из табл. 2, ритропанопеус в заливе вел себя в основном как хищник, питающийся в общем мизидами *Neomysis integer* (= *vulgaris*) с некоторой примесью нерейсов и личинок хирономид (*Chironomus plumosus*). Число мизид в желудках крабов на одно вскрытие не превышало двух полных экземпляров (100% наполнения желудка) или 5—7 их статолитов одновременно со множеством остатков от неопределенного количества особей мизид.

На первый взгляд такое питание преимущественно мизидами может показаться странным для этого десятиногого. Действительно, мизиды, как правило, весьма подвижны, а крабы семейства *Xanthidae*, к которому относится ритропанопеус, наоборот, обычно малоподвижны.

Но всякое сомнение на этот счет отпадает, если вспомнить, что все типично планктонные, а даже и некоторые бенто-планктонные мизиды, хотя и передвигаются активно, но движения их не так быстры и резки, как например, у форм закапывающихся, обитающих на подвижных грунтах в сублиторали или у заплеска. Планктонные мизиды образуют медленно парящие, довольно плотные скопления-стаи, легко доступные крабу.

Активный способ захватывания планктонных мизид *Mesopodopsis slabberi* уже отмечался нами (Резниченко, 19586) для азовоморских десятиногих — креветок *Leander adspersus* — при визуальных наблюде-

ниях за их поведением непосредственно в природе. Креветки, отрываясь от дна, плавно всплывали в толщу воды и, медленно приблизившись к краю мизидного облака или внедрившись прямо в него, спокойно поедали мизид, буквально набивая ими свои желудки.

Сделанные О. Г. Резниченко вскрытия нескольких десятков ритропанопеусов, добытых из района Таганрогского залива Азовского моря в июле 1954 г., показали, что там большую часть пищевого комка краба также составляли мизиды *M. slabberi* вместе с нереисом и двусторчатым моллюском митилястером (*Mytilaster lineatus*). Однако по нашим опубликованным данным (Резниченко, 1958а), пища ритропанопеуса из собственно Азовского моря (юго-западный район) в том же году состояла в основном из митилястера и ракообразного идотеи (*Idothea baltica*)¹. В настоящее время многими исследователями уже твердо установлена зависимость состава пищи некоторых беспозвоночных от времени года и особенностей местообитания, поэтому нет ничего удивительного в совершенно различном характере пищи ритропанопеуса из разных районов Вислинского залива (ср. данные польских авторов и наши: стр. 257 и 259 настоящей работы).

Хотя визуальные наблюдения по захватыванию мизид ритропанопеусом в природе нами еще не проводились, мы, на основании приведенных фактов, не сомневаемся в правильности высказанного выше мнения об активном добывании этим крабом именно живых мизид. Это тем более вероятно, что, по наблюдениям О. Кинне (Kinne, 1955, стр. 188), особи *N. integer* собираются в однородные медленно плавающие стаи, в которых другие виды мизид попадают только в зимнее время, у дна («im Winterquartier am boden»). Иными словами малая подвижность и способность *N. integer* к образованию стай у дна несомненно способствуют активному отлавливанию их ритропанопеусом.

Говоря о характерности мизид для пищи крабов залива в целом, нельзя не подчеркнуть факт преобладания мизидной пищи именно у самцов этого краба (см. табл. 2). Это явление обусловлено, вероятно, большими размерами и подвижностью самцов по сравнению с самками ритропанопеуса. Избираемость последними личинок хирономид находится в связи с обилием этих насекомых в месте вылова угря, желудок которого содержал особенно много хирономид (см. табл. 3).

Рассматривая табл. 3, нетрудно заметить, что наибольшая встречаемость «крабовых» и «нереисных» желудков угрей приходилась на совершенно разные районы; первые приурочены к району близ польской границы и к Приморскому заливу, вторые — к району Балтийского пролива. Это объясняется доминированием нереиса как раз в бентосе предпроливного участка (Мурина, 1956), а крабов — в двух других названных районах (наши данные), особенно в юго-западной половине залива (данные польских авторов).

Таким образом, сопоставляя данные по питанию рыбы и краба, мы теперь с уверенностью можем считать причиной взаимоисключаемости нереиса и ритропанопеуса в пище угря в Вислинском заливе локальность распределения этих кормовых объектов на дне водоема.

Охарактеризуем теперь изменения в пище рыб в связи с появлением в бентосе нового для них кормового объекта — ритропанопеуса.

¹ Ф. Д. Мордухай-Болтовской пишет: «Питается этот краб, судя по наблюдениям в аквариумах и вскрытиям желудков, различными органическими остатками животного и растительного происхождения и не нападает на подвижную добычу» (1952, стр. 113).

Таблица 3

Места лова угрей в Вислинском заливе в 1952 г. и общая характеристика состава их пищевого комка*

Группы желудков угрей; в скобках — число желудков данной группы	Пищевой организм	Район работы						
		польская граница	Мамоново	Одна — три вышки	Три вышки	Бальга	Балтийск	Приморская бухта
		Общее число желудков в данном районе						
		6	14	3	12	2	5	3
Желудки угрей с nereисами и др. организмами, но без крабов (28)	Ner. (13)	—	$\frac{6^{[1]}}{2-42}$ (19)	$\frac{1}{30}$ —	$\frac{5}{2-40}$ (15)	—	$\frac{1}{15}$	—
	Ner. + H. (1)	—	—	—	$\frac{1}{17}$	—	—	—
	Ner. + H. + Nem. (1)	—	—	—	—	—	$\frac{1}{22}$	—
	Ner. + Neo. + Nem. (2)	—	—	—	$\frac{1}{15+4}$	$\frac{1}{24+1}$	—	—
	Ner. + Nem. (11)	—	$\frac{5^{[3]}}{1-24}$ + 2(10)	$\frac{1}{8+?}$	$\frac{4^{[2]}}{1-19+?}$ (10)	$\frac{1}{28+2}$	—	—
То же с крабами (17)	R. (5)	$\frac{4}{12-58}$ (33)	—	—	—	—	$\frac{1}{13+n}$	—
	R. + Ner. (2)	—	$\frac{1}{1+24}$	—	—	—	$\frac{1}{1+23}$	$\frac{2}{6-15}$ + 3—4
	R. + H. (2)	—	—	—	—	—	—	—
	R. + Ch. (1)	$\frac{1}{25+1120}$	—	—	—	—	—	—
	R. + Ch. + Neo. (1)	$\frac{1}{1+14+6}$	—	—	—	—	—	—
	R. + Ner. + M. + Nem. (1)	—	—	—	$\frac{1}{1+36+1}$ + много	—	—	—
	R. + Ner. + Nem. (4)	—	$\frac{2}{1+11}$ + n	$\frac{1}{2+8}$ + 10	—	—	—	$\frac{1}{+18}$? + ?
	R. + Nem. (1)	—	—	—	—	—	$\frac{1}{?+?}$	—
Число желудков угрей с крабами (в % от числа всех желудков угрей в данном районе)		100	21,4	33,3	8,3	0,0	60,0	100

* Ner. — *Nereis diversicolor*, H. — *Hydrobia baltica*, Nem. — *Nematoda*, R. — *R. harrisi tridentatus*, Neo. — *Neomysis integer*, M. — *Mya arenaria*, Ch. — *Chironomus plumosus*. Если подчеркнуто сокращенное название пищевого организма — это значит, что цифры относятся только к нему. Цифры в квадратных скобках около дробей обозначают количество желудков данной группы, в которых нельзя было установить точное число организмов. Числитель каждой дроби — количество угрей на данный район работы, знаменатель — крайние (в скобках — средние) числа соответствующих организмов в пищевом комке этих угрей.

В 1951 г. было найдено всего несколько крабов: один в бентосе (см. примечание к табл. 1) при 25 тралениях и несколько (в основном их переваренные остатки) в 5 из 107 вскрытых желудков угря. Во всех этих желудках по весу и числу преобладали нереисы. Например, в желудке угря (длина рыбы 45 см, вес 150 г, возраст 8 лет), пойманного 22.VI 1951 г. на глубине 4—5 м в районе Мамоново, был один краб весом 150 мг и одна *Mya arenaria* весом 2 мг, а остальные 2698 мг составляли нереисы. Среди вскрытых 150 желудков камбал только в одном был обнаружен краб.

При работе В. В. Муриной в заливе в 1952 г. угревой трал приносил каждый раз уже по несколько ритропанопеусов. Так, например, только за 12 тралений было добыто 23 краба. Число же крабов в желудках угрей в среднем было примерно 10 экземпляров, колеблясь от 1 до 58 экземпляров на один желудок. При этом из 45 вскрытых желудков угрей в 17 был обнаружен ритропанопеус. Среди же вскрытых 46 желудков камбал 11 содержали крабов.

Суммируя приведенные данные за оба года, нетрудно заметить, что ритропанопеус первоначально появился в заливе в предпроливном пространстве, особенно, по-видимому, «укрепившись» в районе Мамоново. На второй год вселения он распространился уже по всему водоему и хотя по-прежнему оставался в районе Мамоново, однако наиболее благоприятными для него оказались Приморская бухта и часть залива, прилегающая к польской границе. Предпочтение ритропанопеусом районов, наиболее подверженных опреснению, находит свое объяснение, как видно из перечисленных выше литературных данных, в его пресноводности, приуроченности к скоплениям дрейссены и каменисто-ракушечным грунтам.

Отсутствие в период проведения работы краба в третьем опресненном районе залива — предустьевом участке р. Преголи — остается не совсем понятным. Можно было бы связать это со значительным стоком загрязненной калининградской воды (Шерстнев, 1956) и большим количеством мышьяка в воде и донных отложениях названного участка (Селецкая, 1955). Однако по данным Филиче (Filice, 1959), только ритропанопеус и еще два других вида (*Gemma gemma*, *Mya arenaria*) выдерживают воздействие стока промышленных вод в местах их непосредственного впадения в эстуарий залива Сан-Франциско.

Естественно, что столь интенсивное внедрение краба во вновь заселяемый им водоем не могло не оказать своего влияния на пищу рыб-бентофагов. Действительно, если в 1951 г. угри питались почти исключительно нереисом, лишь случайно заглатывая другие организмы (Мурина, 1956), то в 1952 г. значение нереиса резко снизилось за счет появления в пище рыбы ритропанопеуса. То же наблюдалось и для речной камбалы (см. табл. 4).

Жмудзинский (Żmudziński, 1957), отмечая значительное зимнее количественное уменьшение бентоса (и, в частности, количества ритропанопеуса — до 25% от летнего) Вислинского залива, одной из возможных причин этого явления считает выедание беспозвоночных рыбами. Мы видим, что наши данные, во всяком случае в отношении рассмотренных нами объектов, подтверждают это мнение.

Учитывая быструю гибель в пресной воде из Вислы как взрослых, так и личиночных стадий ритропанопеуса (Куява, 1957), можно с уверенностью утверждать, что его проникновение в Вислинский залив началось именно через Балтийский пролив (порт Балтийск), куда краб, как и в черноморский порт Николаев, мог быть завезен с судами.

Таблица 4

Состав пищевого комка угря и речной камбалы в первый и второй годы вселения ритропанопеуса в Вислинский залив (в %)

Компонент пищевого комка	Угорь				Камбала	
	встречаемость		частный индекс наполнения		встречаемость	
	1951 г.	1952 г.	1951 г.	1952 г.	1951 г.	1952 г.
<i>Nereis diversicolor</i>	91	77,7	93,58	60,57	80,6	39,1
<i>R. harrisii tridentatus</i>	5	35,5	0,67	38,48	0,6	21,0
<i>Chironomus plumosus</i>	10	4,4	3,40	0,94	—	—
<i>Hydrobia baltica</i>	11	2,2	0,02	0,02	12,7	4,0
<i>Neomysis integer</i>	3	2,2	0,01	0,08	5,3	15,2
<i>Osmérus eperlanus</i>	2	?	0,76	?	2,0	2,2
<i>Macoma baltica</i>	—	—	—	—	—	8,8
Грунт	15	?	1,56	?	—	—

Дело местных научно-исследовательских биологических организаций решить степень полезности или вредности ритропанопеуса при дальнейшем расселении его в бассейне Балтийского моря. Мы же только подчеркиваем необходимость своевременного, энергичного и всестороннего изучения каждого нового случая внедрения в наши воды чужеземных пришельцев.

В заключение считаем своим долгом выразить благодарность проф. Я. А. Бирштейну за критические замечания при подготовке настоящей статьи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

- Бирштейн Я. А. 1952. История одного краба. «Природа», № 9.
- Биргер Т. И. 1959. Пищевая ценность для рыб массовых форм беспозвоночных реки Днепра и Днепро-Бугского лимана. Автореф. канд. дисс. Киев.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д. 1952. О вселении нового вида краба в бассейн Дона. «Природа», № 1.
- Макаров А. К. 1939. О некоторых новых элементах в составе фауны черноморских лиманов в связи с судоходством. «Докл. АН СССР», т. XXIII, № 8.
- Мурина В. В. 1956. Питание угря в Курском и Вислинском заливах Балтийского моря. Тр. Всес. гидробиол. об-ва, т. VII.
- Небольсина Т. К. 1959. Краб в Каспийском море. «Природа», № 6.
- Резниченко О. Г. 1958а. Питание некоторых донных ракообразных Азовского моря. Аннотации к работам, выполненным Всес. н.-и. ин-том морск. рыбн. хоз. и океанограф. (ВНИРО) в 1956 г. Сборник первый.
- Резниченко О. Г. 1958б. К экологии ракообразных Азовского моря «Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы», отд. биол. Приложение к т. LXIII, вып. 1.
- Селецкая А. В. 1955. Годовые изменения состава нерестовых популяций весенней салаки Гданьского и Вислинского заливов, как одна из причин колебания ее уловов. Тр. Балт. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океанограф., вып. 1.
- Шерстнев А. И. 1956. Санитарное состояние и оздоровление реки Преголи в районе г. Калининграда. Там же, вып. 2.
- Bojariski Ryszard a. oth. 1957. Badania nad układem dokrewnym kraba *Rhithropanopeus harrisii* subsp. *tridentatus* (Maitl.). Przegląd zoologiczny, tom I, zeszyt I.
- Filice Francis P. 1959. The effect of wastes on the distribution of bottom invertebrates in the San Francisco Bay Estuary. The Wasmann Journal of Biology, vol. 17, N 1.
- Kinne Otto. 1955. *Neomysis vulgaris* Thompson, eine autökologisch-biologische Studie. Biologisches Zentralblatt, Band 74, Heft 3/4.
- Kujawa St. 1957. Biologia i hodowla kraba z Zalewu Wislanego *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) subsp. *tridentatus* (Maitland). Wszechświat, zeszyt 2.

- L a w i ń s k i** L u c j a n and **W ę g l a r s k a** B a r b a r a. 1959. Morphological and histochemical investigations on the embryological development of the crab, *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) subsp. *tridentatus* (Maitland). Part I. Acta biologica et medica Societas Scientiarum Gedanensis, tomus III, fasciculus I.
- P a u t s c h** F r y d e r y k. 1957. Stacja biologiczna w Górkach Wschodnich. Wszechświat, zeszyt 8—9.
- Z m u d z i ń s k i** L u d w i k i **S z a r e j k o** D a n u t a. 1955. Badania hydrograficzno-biologiczne Zalewu Wiślanego. Prace Morskiego Instytutu Rybackiego w Gdyni, t. 8.
- Z m u d z i ń s k i** L u d w i k. 1957. Zoobentos Zalewu Wiślanego. Ibidem, t. 9.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Льву Александровичу Зенкевичу	5
БИОЛОГИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ, ПРУДОВ И РЕК	
П. И. В е р т е б н а я. Наблюдения над интенсивностью фотосинтеза и дыхания планктона Клязьминского водохранилища канала им. Москвы	8
А. И. И з ъ ю р о в а. Взвешенные вещества и донные отложения Клязьминского водохранилища	25
- Н. М. В о р о н и н а. О вертикальном распределении зоопланктона в Рыбинском водохранилище	36
А. А. П о т а п о в. О значении донных отложений при прогнозах зарастания водохранилищ	43
В. С. К и р п и ч н и к о в, Н. А. М о с е в и ч, В. И. П р о т а с о в а и О. Н. Б а у е р, Оптимальный режим зимовальных прудов для сеголетков карпа, амурского сазана и их гибридов	52
А. Л. З е л и к м а н. Количественная характеристика зоопланктона водоемов Волжско-Костромской поймы	86
А. А. К с с о в а. Сезонные изменения планктона и бентоса на полях нижней зоны дельты Волги	102
- С. Н. У л о м с к и й. О сезонных изменениях численности и биомассы организмов в водоемах Урала	136
А. В. С а м а р и н а. Некоторые данные о продукции кислорода при фотосинтезе в озере Байкал	158
И. В. Н а з а р е н к о. Влияние формальдегида на водные организмы	176
С. Г. Л е п н е в а. К изучению потамобионтов Амура. Куколки <i>Macronematinae</i> (Trichoptera, Hydropsychidae).	175
БИОЛОГИЯ МОРЯ	
А. И. И в а н о в. Особенности качественного состава и количественного распределения фитопланктона северо-западной части Черного моря	182
В. В. К о ш е в о й. Количественное распределение фитопланктона в Черном море	197
Е. Б. М а к к а в е е в а. Сезонная смена водорослей, эпифитирующих на цистозире в районе Севастополя	201
В. Г. Б о г о р о в, М. Е. В и н о г р а д о в. Распределение биомассы зоопланктона в центральной части Тихого океана	208
Е. Г. С в и р е н к о. К вопросу о питании черноморских баянусов	224
Е. И. Б е т е ш е в а. Питание кашалота и берардиуса в районе Курильской гряды (по материалам 1953—1954 гг.)	227
ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ	
Ю. И. С о р о к и н. О методике определения первичной продукции моря при помощи C^{14}	235
ВОПРОСЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ	
В. В. М у р и н а, О. Г. Р е з н и ч е н к о. Об аутоакклиматизации краба <i>Rhithropanopeus harrisi tridentatus</i> (Maitland) в Вислинском заливе	255

CONTENTS

Lev Aleksandrovich Zenkevich	5
--	---

Biology of reservoirs, ponds and rivers

P. I. Verlebnaja. Observations on the intensity of photosynthesis and rates of respiration of plankton in the Kljasma-reservoir (Moscow canal) . . .	8
A. I. Isjurova. Suspended matter and bottom deposits in the Kljasma-reservoir . . .	25
N. M. Voronina. On the vertical distribution of zooplankton in the Rybinsk reservoir	36
A. A. Potapov. On the importance of bottom deposits in prognostics of aquatic vegetation overgrowth in artificial lakes	43
B. S. Kirpichnikov, N. A. Mosyevich, V. I. Protassova, O. N. Bauer. The optimum regimen of wintering pounds for O-year-groups of carp, coild Amur carp and their hybrids	52
A. L. Zelikman. Quantitative characteristics of zooplankton in the water bodies of the Volga-Kostroma flood-zone	86
A. A. Kossiova. Seasonal changes in plankton and benthos dynamics in the bayou lakes of the lower Volga-delta	102
S. N. Oulomsky. Seasonal changes in numbers and biomass of organisms in the water bodies of the Ural	136
A. V. Samarina. Some data on oxygen production by photosynthesis in the Lake Baical	158
I. V. Nazarenko. The effect of formaldehyde on aquatic organisms	170
S. G. Lyepneva. To the study of potamobionts of the river Amur. Pupae of Macronematinae (Trichoptera, Hydropsychidae)	175

Marine biology

A. I. Ivanov. Characteristics of qualitative composition and quantitative distribution of phytoplankton in the north-western Black Sea	182
V. V. Koshevoj. Quantitative distribution of phytoplankton in the Black Sea . . .	197
E. B. Makkaveyeva. Seasonal succession of algae, epiphytes of Cystoseira in the region of Sebastopol	201
B. G. Bogorov, M. E. Vinogradov. Distribution of zooplankton biomass in the central part of the Pacific ocean	208
E. G. Svirenko. On the feeding of Black Sea barnacles	224
E. S. Betesheva. Feeding of sperm-whales in the region of the Kurile islands . . .	227

Problems of methods

Ju. I. Sorokin. On the methodics of determination of primary productions by the C ¹⁴ technique	235
---	-----

Problems of acclimatisation

V. V. Murina, O. G. Reznichenko. To the autoacclimatisation of the crab <i>Rhithropanopeus harrisi tridentatus</i> (Maitland) in the Gulf of Vistula . . .	255
--	-----

Труды Всесоюзного гидробиологического общества
Том X

Утверждено к печати
Всесоюзным гидробиологическим обществом
Академии наук СССР

Редакторы издательства *М. Е. Виноградов и М. Н. Соколова*
Технический редактор *Л. А. Сушкова*

РИСО АН СССР № 154—68В. Сдано в набор 15 XII 1959 г.
Подписано к печати 30/III 1960 г. Формат 70 × 108^{1/4}.
Печ. л. 16,75+3 вкл. Усл. печ. л. 22,94. Уч. изд. л. 21,8+3 вкл. (0,4).
Тираж 1700 экз. Т 03569. Изд. № 3744. Тип. зак. 2809.

Цена 15 р. 50 к.

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-62, Полосенский пер., 21

2-я типография Издательства АН СССР.
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
КОНТОРА «АКАДЕМКНИГА»

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ КНИГИ:

- БРОДСКИЙ К. А.** Фауна веслоногих рачков (Calanoida) и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод. 1957. 222 стр. 14 р. 55 к.
- БУЛЫЧЕВА А. И.** Морские блохи морей СССР и сопредельных вод (Amphipoda Talitroidea). (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом, 65). 1957. 186 стр. с илл. 11 р. 55 к.
- Животный мир СССР. Том V.** Горные области Европейской части СССР. 1958. 655 стр. 40 р. 10 к.
- Звери СССР и прилежащих стран. Том IX.** А. Г. Томилин. Китообразные. 1957. 756 стр. с илл., 12 вкл. 49 р. 60 к.
- КИРИКОВ С. В.** Изменение животного мира в природных зонах СССР в XIII—XIX вв. 1959. 175 стр. 8 р.
- КЛЕЙНЕНБЕРГ С. Е.** Млекопитающие Черного и Азовского морей. Опыт биолого-промыслового исследования. 1956. 288 стр. 14 р. 50 к.
- КОЛТУН В. М.** Кремнероговые губки северных и дальневосточных морей СССР (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом, 67). 1959. 236 стр. 17 р.
- ЛОМАКИНА Н. В.** Кумовые раки морей СССР. (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом, 66). 1958. 300 стр. 18 р. 75 к.
- НИКОЛЬСКАЯ М. Н.** Хальциды фауны СССР. (Chalcidoidea). (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом, 44). 1952. 574 стр. 34 р.
- ФАУНА СССР. Новая серия. № 69.** Ракообразные. Том VI. Вып. 1. Н. И. Тарасов, Г. Б. Зевина. Усоногие раки (Cirripedia thoracica) морей СССР. 1957. 268 стр. с илл. 18 р. 10 к.
- Фауна СССР. Новая серия. № 71.** Млекопитающие. Том I. Вып. 3. И. И. Соколов. Копытные звери. (Отряды Perissodactyla и Artiodactyla). 1959. 640 стр. с илл. 41 р. 35 к.

КНИГИ ПРОДАЮТСЯ В МАГАЗИНАХ «АКАДЕМКНИГА»:

*Москва, ул. Горького, 6; Москва, 1-й Академический проезд, 55/5;
Ленинград, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Белинского, 71-в;
Киев, ул. Ленина, 42; Харьков, Горяиновский пер., 4/6; Алма-Ата,
ул. Фурманова, 129; Ташкент, ул. К. Маркса, 29; Баку,
ул. Джапаридзе, 13.*

Для получения книг почтой заказы направлять в контору «Академкнига»: Москва, К-12, Б. Черкасский пер., 2/10, Отдел «Книга — почтой» или в ближайший из указанных магазинов. Заказ будет выполнен наложенным платежом.

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
23	29 сн.	водной массы	планктона
105	15 св.	водоросли	и водсросли
153	13 св.	defectus	deflectus
183	26 сн.	Vollocaceae	Volvocaceae
192	18 сн.	Caclotella	Cyclotella
209	13 св.	животных	Животных
210	5 св.	изопики	изопикн
252	4 сн.	самоопределение	само определение
260	27 св.	boden	Boden

Труды Всесоюзн. гидробиологич. общества, т. X