

УДК 551.464.7:581.526.325

МАТЕРИАЛЫ ПО ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ В ПЛАНКТОНЕ ОЗЕРА КУРИЛЬСКОЕ С 1980 ПО 2007 ГГ.

Е. В. Лепская, Т. С. Масленникова*



Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел., факс: (415-2) 41-27-01; (415-22) 9-44-30

E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru

*Институт биологии внутренних вод АН (ИБВВ РАН), Борок

Тел., факс: (485-47) 2-40-42

E-mail: mastan@ibiw.ycoslavl.ru

ПЛАНКТОН, ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ, БАКТЕРИАЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ, ОЗЕРО КУРИЛЬСКОЕ

Приведены данные по первичной продукции, бактериальной продукции и бактериальной деструкции в планктоне в центральной пелагиали, бухтах и на нерестилищах оз. Курильское за период с 1980 по 2007 гг. Для удобства пользования данные сведены в таблицы совместно с результатами определения прозрачности воды и гидрокарбонатов и сопровождаются краткими комментариями.

DATA ON PLANKTON PRIMARY PRODUCTION AND BACTERIAL DESTRUCTION IN KURILSKOYE LAKE FROM 1980 TO 2007

E. V. Lepskaya, T. S. Maslennikova*

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography

683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberejnaya, 18

Tel., fax: (415-2) 41-27-01; (415-22) 9-44-30

E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru

*Institute of Biology of Inland Waters, Borok, Nekouz Distr., Yaroslavl Region, 152742, Russia (IBIVV RAS)

Tel., fax: (485-47) 2-40-42

E-mail: mastan@ibiw.yaroslavl.ru

PLANKTON, PRIMARY PRODUCTION, BACTERIAL DESTRUCTION, KURILSKOYE LAKE

Data on plankton primary production, bacterial production and destruction in mediate pelagic zone, inlets and spawning grounds of Kurilskoye Lake are demonstrated for the period from 1980 to 2007. For the purpose of better use and handling the data are represented in the tables side by side with data on hydrocarbons and water transparency; brief comments are provided too.

Измерения первичной продукции нужны для оценки биологической продуктивности водоемов, для выяснения общих закономерностей трансформации вещества и энергии в водных экосистемах и для решения важнейших вопросов эксплуатации водоемов в рыбохозяйственных и санитарно-технических целях. К конечному этапу биологической трансформации веществ и энергии в водоемах относится продукция рыб, поэтому изучение первичной продукции создаст предпосылки для прогнозирования продукционных процессов в водоемах и, в конечном счете, регуляции рыбопродуктивности (Бульон, 1983).

Широкое распространение исследования первичной продукции получили на небольших, относительно легкодоступных водоемах европейской части России, Белоруссии, Волжских водохранилищах и таких «культовых» водоемах как Байкал. Исследования продукции фитопланктона камчатских лососевых нерестовых озер изначально носили случай-

ный характер в силу специфики их расположения. С другой стороны, существенной помехой в развитии этих исследований на камчатских водоемах была и остается трудность в промежуточной обработке собранного материала из-за отсутствия собственной специально оснащенной лаборатории.

Тем не менее, материалы по первичной продукции и бактериальной деструкции из одного из самых значимых сегодня нерестово-нагульных озер Камчатки — оз. Курильское — собирались и собираются. Массив разнородных данных, полученных в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы, требует систематизации, что, собственно, и является целью настоящей работы. Для этого данные были оценены по единой методике и сведены в таблицы, которые удобно использовать при характеристике экосистемы оз. Курильское с привлечением гидрохимических и других гидробиологических материалов, не привлекая архивные данные.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для данной статьи послужили результаты обработки проб по первичной и бактериальной продукции, собранных в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы в акватории оз. Курильское. Пробы отбирали батометром на реперной станции Центр (Лепская, 2004) с горизонтов 0, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 150, 200, 275 м и в так называемых бухтах (рисунок), также послойно тестируя толщу воды от поверхности до «дна». Дискретность отбора проб варьировала в зависимости от погодных условий и других обстоятельств.

Кроме этого, пробы воды для определения продукции фито- и бактериопланктона были собраны на литоральных нерестилищах возле устьев притоков (рисунок) в слое 0–1 м, причем глубина на станции подбиралась таким образом, чтобы при отборе проб было видно дно. Так было соблюдено условие, при котором к литорали отнесены прибрежные участки с глубиной до 5 м (Николаев, Николаева, 1991).

Продукцию фито- и бактериопланктона определяли также в интегрированных пробах (Романенко, Кузнецов, 1974), как в центральной пелагиали,

так и в бухтах. Всего было собрано около 700 проб фито- и бактериопланктона. Так как эксперимент проводили в двух повторностях, то общее количество обработанных проб при определении первичной продукции составило около 1500, и столько же при определении продукции бактериопланктона. Для сравнения были привлечены материалы Е.Б. Павельевой за 1976 г.

В отобранных пробах воды определяли продукцию фито- и бактериопланктона радиоуглеродным методом (Романенко, Кузнецов, 1974). Для этого в склянки для определения первичной продукции наливали порцию пробы объемом около 200 мл и прибавляли точно отмеренные 0,2 мл раствора бикарбоната натрия, меченного по углероду. Склянки в эксперименте выдерживали в реке в затененном месте в течение суток. Одновременно для учета трат углерода на дыхание фитопланктона воду с поверхностного горизонта и с глубины, ограничивающей эвфотический слой, экспонировали в темноте при прочих равных условиях. Для определения гетеротрофной ассимиляции углерода (бактериальная продукция) в склянки объемом 100 мл наливали порцию пробы объемом около 100 мл и прибавляли точно отмеренные 0,4 мл раствора бикарбоната натрия, меченного по углероду. Экспозицию проводили в реке в темноте в течение двух суток. Для учета адсорбции углерода на механических частицах для эвфотического слоя и нижнего горизонта проводили формалинный контроль при прочих равных условиях. По истечении срока экспозиции воду из каждой склянки отфильтровывали на мембранные фильтры СЫНПОР № 3 или MILLIPORE с диаметром пор 0,8 мкм для водорослей и СЫНПОР № 7–8 с диаметром пор 0,2–0,17 мкм для бактерий. После просушки фильтры промывали 0,1N раствором HCl, снова просушивали и отправляли для дальнейшей обработки в те лаборатории, где было или есть специальное оборудование, и с чьим руководством удавалось договориться о безвозмездной помощи.

Для расчета первичной продукции под м², согласно Романенко, Кузнецову (1974) и Бульону (1983), были экспериментально определены поправочные коэффициенты: K_p — фотосинтетическая активность водорослей с каждого горизонта при равных световых условиях (потенциальная фотосинтетическая активность), K_T — глубина проникновения фотосинтетически активной радиации.

K_p определяли в каждом эксперименте. K_T — дважды: в июле 1996 и 2007 гг. при прозрачности воды 8 и 9 м. Для определения K_T воду с одинаковой концентрацией фитопланктона помещали в

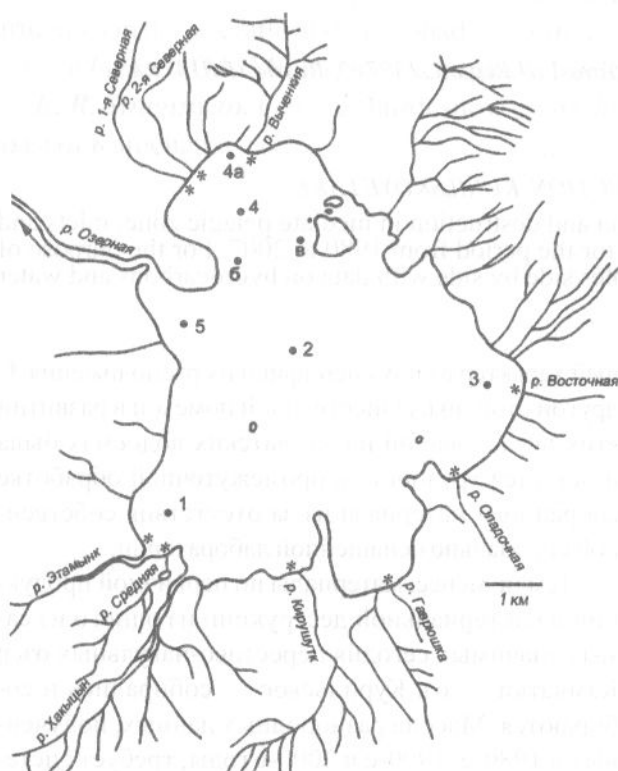


Рисунок. Карта-схема пелагических и литоральных (нерестилища лососей) станций оз. Курильское в 1980–2000 гг.

Обозначения: 1 — станция в бухте Южная (Юг), 2 — стандартная (реперная) станция Центр; 3 — станция в б. Восточная (Восток); 4, 4а, б, в — станции в б. Северная; 5 — станция в б. Исток (Исток). Названия станций на нерестилищах (обозначены звездочками) соответствуют названиям рек

светлые склянки емкостью 250 мл и экспонировали прикрепленными к фалу на разных глубинах в озере в течение суток. Дискретность по вертикали составляла до глубины 20 м — каждый метр, в слое 20–35 м — каждые пять метров, далее (до 80 м) — каждые 10 м. Темновой контроль проводили у поверхности воды и в нижней границе эвфотического слоя.

Интегральный поправочный коэффициент $K\phi$ рассчитывали как отношение площади под кривой $Kc = Kp * K_T$ к общей площади графика. Площади вычисляли методом трапеций. В расчетах первичной продукции под m^2 использовали значения толщины эвфотического слоя (EZD), вычисленные по формуле Кенингса–Баркета, эмпирически определенной для высокоширотных лососевых озер:

$$EZD = 2,23 + 1,49 * DS, \text{ где}$$

DS — прозрачность воды по диску Секки (Лепская, Маслов, 2006; Koenings, Burkett, 1987). Расчет первичной продукции под m^2 для случаев, когда Kp определяли для каждого горизонта, проводили по формуле:

$$A = A_{0m} * K\phi * EZD, \text{ где}$$

A_{0m} — величина первичной продукции в поверхностном слое воды. Для интегрированных проб

$$A = A/M^3 * K\phi * EZD, \text{ где}$$

A/M^3 — суточная первичная продукция в единице объема (m^3) (Романенко, Кузнецов, 1974).

Расчет прироста бактериальной биомассы (Pb) и деструкции (D) проводили с учетом поправочных коэффициентов, согласно Романенко (1964).

Расчеты первичной продукции и бактериальной деструкции основаны на величине содержания гидрокарбонатов в поверхностном слое воды, которую определяли согласно общепринятым методикам (Романенко, Кузнецов, 1974; Сорокин, Павельева, 1972).

Одновременно с экспериментами по определению продукции фито- и бактериопланктона, в тех же пробах учитывали «живые» водоросли и микроорганизмы по стандартным методикам (Лепская, 2002) для последующей оценки их численности и биомассы. Содержание углерода в сырой биомассе водорослей принимали равным 10% (Бульон, 1983), бактерий — 10% (Троицкий, Сорокин, 1967).

Температуру воды в озере измеряли термобатиграфом, прозрачность воды — диском Секки.

Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичная продукция и бактериальная деструкция в планктоне оз. Курильское

Первичная продукция в оз. Курильское создается диатомовыми микроводорослями,

которые на протяжении всего периода исследований доминировали как по численности, так и по биомассе (Лепская, 2002). Например, в среднем за 27 лет на их долю приходилось 82% от общей численности фитопланктона. К оставшимся 18% отнесена суммарная численность зеленых, синезеленых и золотистых микроводорослей. Эти результаты не совсем соответствуют характеристике фитопланктонного сообщества, приведенной в работе Павельевой и Ларионова (1979), согласно которой в августе 1976 г. 13–59% численности и 8–52% биомассы фитопланктона составляли зеленые (протококковые) водоросли (таксономический состав их не указан).

Продуцирование органического вещества фитопланктоном по акватории озера происходит неравномерно (табл. 1, 2).

По имеющимся данным, нельзя однозначно утверждать, что бухты продуктивнее центральной пелагиали. Например, летом 1980 г. суточная первичная продукция в центральной пелагиали не превышала 45 mgC/m^2 , тогда как в бухтах она достигала 100 и более mgC/m^2 . Летом 1981 г. первичная продукция в центральной пелагиали и б. Исток была одинаково высока — более 100 mgC/m^2 . Максимальные значения первичной продукции (200–290 mgC/m^2) были отмечены однократно летом как в бухтах Северная (1982 г.) и Южная (1981 г.), так и в центральной части озера в 2005 и 2006 гг.

Нерестилища, или литораль, прибрежная зона с глубинами не более 5 м, занимает 1% площади дна и примерно столько же акватории (Николаев, Николаева, 1991). Первичная продукция планктона в единице объема здесь сравнима по величине с таковой в бухтах и центральной части озера (табл. 3).

Вполне возможно, что в литорали большой вклад в первичную продукцию вносит микрофитобентос. Появление зеленых обрастаний на камнях летом, а также в зимне-весенний период, неоднократно отмечали наблюдатели Озерновского пункта.

Бактериальная деструкция. Интенсивность бактериальной деструкции (D) органического вещества в озере невелика и, рассчитанная на единицу объема (в среднем 11,4 mgC/m^3), значительно уступает первичной продукции (33 mgC/m^3) (табл. 1–3). Однако в пересчете под m^2 для слоя воды 0–200 м (имея в виду, что средняя глубина водоема равна 195 м) получаем, что деструкция (1300 mgC/m^2) значительно выше продукции (80 mgC/m^2), а отношение A/D , как правило, < 1 . Но в отдельные моменты $A/D > 1$. Такое явление может быть связано с поступлением в озерную воду большого количества органического вещества в доступной для планктонных микроорга-

Таблица 1. Содержание гидрокарбонатов (HCO_3^-), прозрачность воды (DS), толщина эвфотического слоя (EZD), первичная продукция (A), коэффициент пересчета A под m^2 (Kф), биомасса фитопланктона (Vph) в эвфотическом слое, бактериальная продукция (Pb), деструкция (D), биомасса бактериопланктона (Bb) в слое 0–200 м на ст. Центр оз. Курильское

Год	Дата	HCO_3^- мг/л	DS, м	EZD, м	A_{ev} мгС/м ² /сутки	Kф	A_{EZD} мгС/м ² /сутки	A, мгС/м ² /сутки	VphEZD, мгС/м ³	Pb, мгС/м ² /сутки	D, мгС/м ² /сутки	D, мгС/м ² /сутки	Bb, С/м ³
1976	03.08	5,52	6,0	11,2	15,20	0,45	6,85	76,53	—	2,4	6,73	1849	12,9
	11.08	6,12	7,0	12,7	14,70	0,28	4,10	51,91	—	2,23	6,26	1721	14,9
1980	23.08	5,52	6,0	11,2	8,00	0,50	3,98	44,51	—	2,49	6,98	1256	41,5
	03.06	7,32	18,0	29,1	2,58	0,36	0,93	27,00	18,7	2,24	6,28	1570	12,4
	17.06	7,02	13,0	21,6	2,15	0,41	0,89	19,15	33,8	0,73	2,05	514	11,6
	04.07	7,44	11,0	18,6	7,95	0,31	2,44	45,42	56,1	1,04	2,92	731	14,5
1981	20.08	6,54	8,0	14,2	5,20	0,41	2,13	30,15	9,9	5,50	15,40	3850	10,9
	18.09	5,88	9,8	16,8	11,30	0,28	3,15	53,04	22,3	6,84	19,16	4791	16,0
	24.04	7,98	9,0	15,6	7,80	0,26	1,99	31,19	0,7	—	—	—	4,1
	19.06	8,58	8,0	14,2	15,80	0,37	5,81	82,17	9,6	1,00	2,8	560	2,8
1982	06.07	8,46	10,0	17,1	11,50	0,35	4,03	69,00	5,9	1,87	5,25	1050	3,8
	23.07	7,92	9,5	16,4	15,60	0,36	5,57	91,20	11,8	1,64	4,58	916	2,6
	14.08	7,56	7,0	12,7	27,70	0,32	8,97	113,52	5,4	1,26	3,52	705	8,3
	03.09	6,96	8,0	14,2	24,50	0,54	13,28	187,90	20,2	2,69	5,65	848	9,3
1982	19.07	8,49	9,0	15,6	16,00	0,74	11,76	183,96	173,0	0,04	0,12	23	3,5
	26.08	6,87	9,0	15,6	5,33	0,79	4,22	66,05	65,7	0,05	0,13	27	11,2
1985	17.06	4,28	9,5	16,4	7,66	0,44	3,33	54,62	71,0	—	1,07	214	—
	26.06	6,10	9,0	15,6	1,51	0,53	0,80	12,48	—	—	—	—	—
	11.07	4,80	7,0	12,7	13,87	0,25	3,50	44,37	71,8	1,81	5,07	1013	—
1986	15.08	5,80	7,6	13,6	11,82	0,47	11,82	75,32	—	—	—	—	—
	13.09	6,00	6,0	11,2	12,09	0,47	12,09	63,48	58,2	5,17	14,47	2894	—
1986	16.05	6,06	10,5	17,9	0,95	0,83	14,18	15,0	0,96	2,70	540	34,8	

Продолжение таблицы 1

Год	Дата	НСО ₃ ⁻ мг С/л	DS, м	EZD, м	A _{0m} [*] мгС/м ³ /сутки	Кф	A _{EZD} [*] мгС/м ³ /сутки	A, мгС/м ² /сутки	ВрпEZD, мгС/м ³	Pb, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ² /сутки	Bb, С/м ³
	04.06	5,91	12,5	20,9	3,06	0,36	3,06	22,81	35,9	0,63	1,76	353	-
	21.06	5,46	11,5	19,4	10,83	0,41	10,83	86,02	47,1	0,73	2,04	409	4,1
	07.07	5,76	11,0	18,6	11,28	0,38	11,28	79,79	64,5	-	-	-	3,0
	04.08	6,18	9,0	15,6	3,81	0,44	3,81	26,23	9,6	2,87	8,04	1607	4,4
	25.08	6,60	7,2	13,0	5,78	0,38	5,78	28,45	33,2	9,08	25,42	5085	5,0
	06.09	6,20	7,6	13,6	14,74	0,54	14,74	107,87	69,6	0,33	0,92	185	3,7
	24.09	6,30	8,0	14,2	1,49	0,28	1,49	5,89	62,0	-	-	-	2,9
	05.12	4,20	13,0	21,6	9,69	0,26	9,69	54,42	18,0	-	-	-	2,7
	24.12	6,54	13,2	21,9	4,92	0,26	4,92	27,99	35,0	0,23	-	-	1,8
1990	17.07	6,42	7,0	12,7	3,05	0,53	1,62	20,50	85,8	4,30	12,04	843	10,2
1991	02.07	6,06	9,0	15,6	16,56	0,38	6,23	97,42	77,2	9,33	26,12	5225	3,4
1996	05.07	6,00	8,8	15,3	11,26	0,36	4,02	61,66	136,3	1,93	5,40	1081	8,5
2005	01.07	5,94	7,5	13,4	37,33	0,42	15,82	212,03	190,7	7,15	20,02	4004	6,2
	14.07	7,14	7,0	12,7	60,65	0,39	23,39	296,10	253,1	14,89	41,69	8338	4,3
	26.07	6,96	9,0	15,6	12,34	0,44	5,48	85,78	220,5	9,87	27,63	5525	3,7
	13.08	6,54	6,0	11,2	41,20	0,43	17,90	199,98	241,4	9,18	25,72	5143	3,4
2006	18.06	6,06	8,0	14,2	44,95	0,42	18,83	266,43	150,0	9,02	25,26	5051	1,8
	28.06	5,34	8,0	14,2	9,19	0,35	3,21	45,47	181,9	1,09	3,04	608	1,6
	19.07	5,10	10,0	17,1	7,09	0,40	2,84	48,64	165,0	3,25	9,11	1821	1,6
	30.07	6,54	9,0	15,6	0,40	0,39	0,16	2,45	93,1	6,80	19,04	3808	3,1
	12.08	5,40	12,0	20,1	7,78	0,51	3,96	79,66	51,1	5,74	16,08	3216	3,4
	21.08	5,28	10,0	17,1	11,79	0,36	4,25	72,81	11,8	7,54	21,12	4225	0,7
2007	15.05	6,48	7,5	13,4	28,11	0,38	10,69	143,34	151,4	1,49	4,17	833	0,5
	06.06	5,64	8,5	14,9	24,89	0,36	8,89	132,36	93,1	8,40	23,52	4705	1,7
	21.06	5,40	7,8	13,9	29,86	0,38	11,46	158,70	118,9	5,66	15,84	3167	2,8
	05.07	6,90	10,0	17,1	1,22	0,45	0,55	9,36	146,7	5,14	14,40	2880	2,9
	20.07	5,22	8,2	14,4	24,90	0,37	9,17	132,52	93,5	3,72	10,41	2082	3,8
	05.08	5,76	7,8	13,9	23,37	0,43	10,08	139,65	124,0	3,67	10,28	2057	1,3
	20.08	5,88	8,5	14,9	12,13	0,24	2,88	42,91	110,6	3,23	9,06	1811	4,9

Таблица 2. Прозрачность воды (DS), толщина эвфотического слоя (EZD), первичная продукция (A), бактериальная продукция (Pb) и деструкция (D), а также биомасса фито- (Vph) и бактериопланктона (Vb) в бухтах оз. Курильское

Год	Дата	DS, м	EZD, м	A, мгС/м ³ /сутки	Кф	A, мгС/м ² /сутки	Vph, мгС/м ³	Pb, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ² /сутки	Vb, мгС/м ³
Б. Северная (ст. 4а)											
1976	16.08	6,3	11,62	19,99	0,49	5,93	—	—	—	—	—
1980	17.06	13,0	21,60	12,43	0,68	122,59	4,6	1,97	5,52	635	15,0
	04.07	7,5	13,41	10,58	0,31	43,97	4,1	0,15	0,43	50	20,1
1981	20.08	9,0	15,64	27,52	0,41	176,40	15,4	4,03	11,28	1298	21,6
	21.04	8,5	14,90	19,52	0,33	31,25	3,1	—	—	—	3,1
	01.07	8,5	14,90	20,46	0,27	21,99	9,4	0,80	2,24	224	3,4
1982	14.07	9,0	15,64	56,10	0,29	75,89	12,3	10,45	29,27	3161	3,6
	09.08	8,0	14,15	14,63	0,42	37,18	8,0	1,10	3,08	333	7,8
	28.08	7,5	13,41	32,29	0,43	79,18	22,3	1,27	3,55	383	4,9
	13.07	9,0	15,64	12,79	0,24	11,23	72,3	0,07	0,21	22	2,3
1985	27.07	7,0	12,66	52,53	0,60	235,86	109,3	0,07	0,21	22	2,1
	10.08	8,0	14,15	12,37	0,66	75,98	87,6	0,08	0,21	22	13,6
	26.08	8,0	14,15	32,31	0,46	97,82	81,5	0,09	0,26	27	12,7
	11.07	9,0	15,64	6,10	0,41	39,35	53,9	—	—	—	—
1986	15.08	—	—	28,78	0,45	111,11	—	—	—	—	—
	13.09	7,1	12,67	18,30	0,41	95,06	40,1	0,98	2,87	316	—
	16.05	10,5	17,88	10,61	0,83	63,55	56,8	0,56	1,57	223	5,4
	04.06	12,0	20,11	1,35	0,40	7,96	31,5	0,46	1,29	183	—
	21.06	10,0	17,10	4,29	0,41	30,15	34,3	0,61	1,79	179	2,9
1988	07.07	8,5	14,90	16,64	0,41	101,66	52,7	—	—	—	5,0
	04.08	8,3	14,60	1,87	0,45	1,25	17,5	0,98	2,74	373	3,3

Продолжение таблицы 2

Год	Дата	DS, м	EZD, м	A, мгС/м³/сутки	Кф	A, мгС/м³/сутки	Врh, мгС/м³	Pb, мгС/м³/сутки	D, мгС/м³/сутки	D, мгС/м³/сутки	Bb, мгС/м³
1982	06.09	7,5	13,41	17,85	0,41	98,14	—	7,75	21,70	2821	—
	21.09	7,5	13,41	0,69	0,41	73,62	54,8	3,14	8,79	1231	4,2
	05.12	13,0	21,60	0,26	0,50	2,81	—	—	—	—	—
	25.12	13,0	21,60	0,03	0,50	0,32	37,6	0,76	2,13	277	1,8
	13.07	9,0	15,6	5,7	0,61	33,47	73,8	0,5	1,3	173	2,6
1985	27.07	7,5	13,4	28,1	0,73	200,98	123,1	0,1	0,2	31	2,2
	10.08	8,0	14,2	5,0	0,77	41,99	80,1	0,1	0,2	28	12,1
	17.06	9,5	16,4	48,4	0,35	97,58	86,2	—	—	—	—
1986	16.05	8,0	14,2	5,4	0,83	63,55	51,8	0,8	2,1	234	2,4
	04.06	10,0	17,1	1,2	0,40	7,96	40,8	1,7	4,6	465	—
1980	21.06	10,0	17,1	4,3	0,41	30,15	—	0,6	1,7	171	—
	07.07	8,5	14,9	16,6	0,41	101,66	—	—	—	—	—
	04.08	8,2	14,4	0,2	0,45	1,25	53,9	2,6	7,2	788	3,8
	24.12	13,0	21,6	3,2	0,50	34,11	65,1	0,1	0,2	22	1,2
	26.06	13,0	21,60	6,61	0,54	77,07	4,4	0,55	1,54	184	13,2
	—	—	15,64	8,64	0,54	72,93	—	—	—	—	—
	—	—	11,92	14,99	0,54	96,44	—	—	—	—	—
	—	—	15,64	9,05	0,54	76,47	—	—	—	—	—
	—	—	15,64	7,35	0,54	62,08	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	15.05	10,7	18,2	3,40*	0,47	29,02	4,06	0,63	1,75	306	13,5
	04.07	11,0	18,6	34,85	0,31	199,11	7,1	1,84	5,20	910	13,8
	20.08	8,0	14,2	27,71	0,41	160,67	11,1	3,17	8,90	1558	15,3
	06.07	9,0	15,6	26,70	0,35	146,28	22,7	3,70	10,40	1664	4,1
1981	23.07	8,0	14,2	23,72	0,36	119,74	29,1	5,80	16,20	2349	4,9
	14.08	8,0	14,2	14,86	0,32	68,09	31	2,80	7,80	1170	13,8
	01.09	7,0	12,7	17,72	0,54	121,62	—	2,00	5,60	616	—
	20.07	—	—	8,61	—	—	265,4	3,49	9,76	1220	—
1986	04.06	12,5	20,9	0,44	0,40	3,67	54,2	1,18	3,30	463	—
	21.06	10,5	17,9	6,07	0,41	44,45	54,9	5,61	15,71	2560	2,0
1982	07.07	9,5	16,4	26,34	0,41	176,95	33,6	—	—	—	2,6
	04.08	8,0	14,2	9,45	0,45	60,14	63,3	3,24	9,07	1143	3,5

Б. Северная, случайный выбор станции по акватории

Б. Исток

Продолжение таблицы 2

Год	Дата	DS, м	EZD, м	A, мгС/м ³ /сутки	Кф	A, мгС/м ³ /сутки	Врн, мгС/м ³	Pb, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ² /сутки	D, мгС/м ² сутки	Vb, мгС/м ³
1980	25.08	7,9	14,0	9,60	0,45	60,45	42,6	7,09	19,85	1985	5,0
	06.09	7,5	13,4	12,01	0,41	66,02	50,9	3,60	10,08	1079	4,7
	24.09	8,0	14,2	12,32	0,41	71,48	58,5	1,53	4,28	514	2,9
	24.12	13,0	21,6	0,09	0,50	0,93	33,5	6,26	17,53	2279	2,5
1981	17.06	11,0	18,6	15,50*	0,67	193,59	3,7	0,56	1,57	133	18,9
	04.07	8,0	14,2	13,00	0,31	56,44	5,0	1,04	2,90	247	23,5
	20.08	7,0	12,7	—	—	—	10,3	5,24	14,40	1224	3,6
	24.04	8,0	14,2	4,34	0,26	15,72	6,5	—	—	—	4,0
	06.07	6,5	11,9	26,71	0,35	111,47	8,9	3,90	10,90	1145	5,7
	23.07	6,5	11,9	19,41	0,36	82,54	6,7	3,70	10,40	1092	4,0
	14.08	6,5	11,9	22,53	0,32	86,91	18,2	2,50	7,00	735	17,4
	01.09	6,5	11,9	33,35	0,54	215,35	40,0	4,90	13,70	1507	11,4
1986	17.06	12,0	20,1	1,01*	0,66	13,35	3,6	1,97	5,53	230	12,3
	04.07	10,0	17,1	4,80	0,31	25,21	7,2	1,89	5,30	620	19,5
	20.08	9,0	15,6	17,71	0,41	113,49	11,7	2,92	8,20	959	8,4
	06.07	10,0	17,1	20,18	0,35	121,06	3,0	3,90	10,90	1254	4,3
	23.07	7,0	12,7	23,73	0,36	107,21	26,0	4,50	12,60	1575	3,8
	14.08	7,0	12,7	24,98	0,32	102,39	24,7	4,30	12,00	1500	15,6
	01.09	7,0	12,7	23,18	0,54	159,07	22,4	2,90	8,10	1013	12,9
	16.05	10,0	17,1	2,74	0,83	39,13	45,6	1,73	4,84	630	2,0
	04.06	12,0	20,1	1,47	0,40	11,79	29,2	0,90	2,52	370	—
	21.06	11,0	18,6	13,19	0,41	100,70	63,9	1,06	2,97	463	2,6
1985	07.07	11,0	18,6	11,41	0,41	87,09	40,2	—	—	—	3,2
	04.08	8,3	14,6	8,73	0,45	57,31	45,3	5,59	15,65	1753	3,6
	25.08	8,0	14,2	15,47	0,45	98,50	50,9	7,50	21,00	2310	5,7
	06.09	8,0	14,2	14,40	0,41	83,53	65,9	1,26	3,53	494	11,0
	24.09	7,5	13,4	—	—	—	93,8	2,24	6,27	690	5,1
	08.12	13,0	21,6	2,24	0,50	24,15	42,5	—	—	—	2,8
	24.12	13,0	21,6	3,88	0,50	41,87	30,3	—	—	—	1,6
	17.06	10,0	17,13	8,44	0,44	62,90	80,5	1,53	4,28	385,61	—

* — определяли Кр

Таблица 3. Содержание гидрокарбонатов (HCO_3), температура воды (t), первичная продукция (A), бактериальная продукция (Pb) и бактериальная деструкция (D) в планктоне на нерестилищах оз. Курильское

Год	Дата	HCO_3	t °C	A, мгС/м ³ /сутки	Pb, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ³ /сутки
Северное ближнее						
1976	26.06	5,70	2,6	3,20	6,20	17,30
1980	24.06	6,30	3,5	10,20	1,33	3,73
	22.07	6,69	5,2	9,25	2,43	6,80
1981	26.08	7,38	8,6	24,85	11,09	31,10
	26.09	6,24	7,2	6,95	0,79	5,20
	23.06	7,62	5,0	7,70	2,80	7,80
	19.07	7,50	9,5	18,10	3,40	9,50
	12.08	7,02	10,0	9,10	2,90	8,10
1982	31.08	7,68	—	1,80	0,60	1,70
	13.07	8,46	—	0,90	—	—
Северное дальнее						
1980	03.06	6,66	2,0	0,25	0,14	0,39
	24.06	6,60	4,0	9,10	—	—
1981	22.07	8,28	5,8	4,90	2,28	6,40
	26.08	6,66	9,0	10,40	4,86	13,56
	26.09	5,94	7,5	3,45	3,89	10,90
	23.06	8,46	4,6	7,10	3,00	8,40
	19.07	7,92	9,0	18,80	4,30	12,00
1982	12.08	7,26	10,5	34,70	2,90	8,10
	31.08	7,02	—	2,40	0,30	0,80
	13.07	7,8	—	4,50	—	—
Р. Северная (Выченкия)						
1976	26.07	—	2,6	3,20	6,20	17,30
Р. Гаврюшка						
1981	23.06	7,74	4,5	5,90	2,10	5,90
	19.07	6,66	4,5	14,10	2,00	5,60
	12.08	6,72	11,5	3,70	2,10	5,90
	31.08	7,20	—	6,10	0,60	1,70
1982	13.07	7,62	—	10,70	2,32	6,50
Р. Хакыцын						
1980	24.06	6,60	3,5	6,85	—	—
	22.07	6,00	6,2	0,20	6,48	18,10
	26.08	6,90	8,8	10,55	4,02	11,20
	26.09	6,60	7,1	5,80	2,79	7,80
1981	23.06	5,58	4,5	3,60	1,80	5,00
	19.07	6,84	7,5	12,90	5,40	15,10
	12.08	6,84	10,5	5,90	5,00	14,00
	31.08	7,50	—	4,00	0,20	0,60
1982	13.07	8,28	—	7,70	—	—
Р. Средняя						
1980	03.07	5,34	2,6	32,85	6,67	18,67
	22.07	4,92	6,4	0,05	1,46	4,11
	26.08	6,30	8,5	22,15	7,13	20,00
	26.09	6,00	7,4	6,35	1,52	4,30
Р. Этамьнк						
1976	26.07	—	6,3	32,40	6,80	19,00
	19.08	—	8,8	35,00	—	—
1980	03.06	6,60	2,6	20,25	3,98	11,15
	24.06	5,58	3,3	10,40	2,72	7,60
	22.07	5,34	7,4	—	1,92	5,40
	26.08	6,36	8,7	11,00	4,91	13,80
	26.09	6,54	7,5	10,85	3,53	9,90

Продолжение таблицы 3

Год	Дата	НСО ₃	t °C	A, мгС/м ³ /сутки	Pb, мгС/м ³ /сутки	D, мгС/м ³ /сутки
1981	23.06	6,36	6,5	4,60	2,00	5,60
	19.07	6,84	8,5	22,80	4,40	12,30
	12.08	6,36	11,5	11,10	10,50	29,40
1982	31.08	6,60	—	2,60	1,00	0,30
	13.07	8,10	—	3,00	—	—

низмов форме. Источники такого субстрата могут находиться как вовне, так и внутри водоема. К внешним источникам прежде всего относятся заходящие на нерест лососи, а к внутренним, особенно в конце весны и начале лета, — прижизненные выделения зоо- и ихтиопланктона, а также внеклеточная продукция фитопланктона. Известно, что при $A/D < 1$ органическое вещество (ОВ) поступает в водоем из внешних источников — это т. н. аллохтонное ОВ. В оз. Курильское этими источниками могут быть тела погибшей после нереста рыбы и вещество, поступающее с водосбора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, синтез органического вещества фитопланктоном имеет «пятнистое» распределение по акватории. Вклад разных участков пелагиали в общую первичную продукцию водоема различается и во времени. Выявить какие-либо закономерности такого распределения пока не удалось. Бактериальная деструкция органического вещества, как в пелагиали озера, так и на нерестилищах, проходит значительно интенсивнее первичного продуцирования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы сердечно благодарят всех работников Озерновского наблюдательного пункта и особенно А.В. Маслова за самоотверженный сбор материалов и помощь в постановке экспериментов. Благодарим также Е.Б. Павельеву за разрешение использовать в расчетах и опубликовать данные за 1976 г. и помощь в обработке проб. Отдельная благодарность директору ИБВВ РАН А.И. Копылову за содействие, сотрудничество и консультации. Спасибо О.Б. Тепнину за практическую помощь в расчетах поправочных коэффициентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бульон В.В. 1983. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука, 150 с.

Лепская Е.В. 2002. Особенности микро- и фитопланктонного сообщества озера Курильское во второй

половине 90-х годов XX века // Исслед. водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. VI. С. 55–66.

Лепская Е.В. 2004. Многолетняя динамика численности и биомассы фитопланктона озера Курильское и определяющие ее факторы // Исслед. водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 79–87.

Лепская Е.В., Маслов А.В. 2006. К вопросу о выделении трофогенной зоны в озере Курильском (Южная Камчатка) // Тез. докл. IX съезда Гидробиологического общества РАН (Тольятти, 18–22 сентября 2006 г.). Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 269.

Николаев А.С., Николаева Е.Т. 1991. Некоторые аспекты лимнологической классификации нерковых озер Камчатки // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. I. Ч. I. С. 3–17.

Павельева Е.Б., Ларионов Ю.В. 1979. Продуцирование органического вещества в оз. Курильском // Журн. общ. биол. Т. XL. № 5. С. 689–697.

Романенко В.И. 1964. Гетеротрофная ассимиляция CO₂ бактериальной флорой воды // Микробиология. Т. 33. Вып. 4. С. 679–683.

Романенко В.И., Кузнецов С.И. 1974. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л.: Наука, 194 с.

Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б. 1972. К количественной характеристике пелагиали оз. Дальнее на Камчатке // Тр. ИБВВ АН СССР 23 (26). С. 24–38.

Троицкий А.С., Сорокин Ю.И. 1967. К методике расчета биомассы бактерий в водоемах // Тр. ИБВВ АН СССР. 15 (18). С. 85–90.

Koenings J.P., Burkett R.D. 1987. Population characteristics of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts relative to temperature regimes, eutrophic volume, fry density and forage base within Alaskan lakes // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96. P. 216–234.