

## Структура планктонного микробного сообщества нижней Оби (район г. Салехарда)

А. И. КОПЫЛОВ, Д. Б. КОСОЛАПОВ

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
152742, пос. Борок Ярославской обл.  
E-mail: kopylov@ibiv.yaroslavl.ru*

### АННОТАЦИЯ

Изучено распространение основных компонентов планктонной микробной пищевой сети: бактерий, гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий в нижнем течении Оби в районе г. Салехарда. В начале лета уровень количественного развития и видовое разнообразие простейших были невысокими, доминировали гетеротрофные бактерии, чья биомасса превышала биомассу фито- и зоопланктона. Отмечена антропогенная активизация бактериопланктона на участке реки ниже г. Салехарда. Полученные данные свидетельствуют о важной роли гетеротрофных микроорганизмов в трофодинамике и самоочищении нижней Оби.

**Ключевые слова:** планктонное микробное сообщество, бактерии, простейшие, нижнее течение Оби.

С появлением концепции микробной “петли” [1] резко возросло количество исследований функций бактерий и простейших в водных экосистемах. В результате выявлена важная роль планктонных микроорганизмов в трофодинамике морских и пресных водоемов. Показано, что значительная часть авто- и аллохтонных органических веществ трансформируется в планктонных микробных пищевых сетях и только потом поступает к многоклеточным организмам. В процессе этой трансформации происходит регенерация биогенных элементов, поступающих в окружающую водную среду. Исследования планктонных микробных пищевых сетей проводились, главным образом, на морях, в меньшей степени – на озерах. Работы, посвященные изучению микробных сообществ речных экосистем, единичны. Однако состав планктона, а

также био- и абиотические факторы, регулирующие его развитие, в реках существенно отличаются от таковых в лентических водоемах [2, 3].

Река Обь, протекающая по территории Западной Сибири, занимает одно из первых мест по протяженности, водоносности и площади водосборного бассейна. Бассейн Оби является важнейшим районом воспроизводства ценных видов рыб, в первую очередь сиговых, и одновременно – одним из наиболее загрязняемых регионов. В нижнем течении реки самым мощным антропогенным фактором является нефтегазодобывающий комплекс, оказывающий существенное негативное влияние на развитие гидробионтов.

Цель работы – изучить распределение основных компонентов планктонной микробной пищевой сети: бактерий, гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий в нижней Оби в районе г. Салехарда.

---

Копылов Александр Иванович  
Косолапов Дмитрий Борисович

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение планктонного микробного сообщества р. Оби проводили на двух разрезах, расположенных выше и ниже г. Салехарда, 11 и 17 июня 2000 г. На участке реки ниже Салехарда (источника загрязнения) пробы воды отбирали на трех станциях: ст. 1 располагалась у правого берега, ст. 2 – в центральной русловой части и ст. 3 – у левого берега. Второй разрез, который находился выше города, состоял также из трех станций: ст. 4 – у левого берега, ст. 5 – на середине реки и ст. 6 – ближе к правому берегу на судовом ходу. Воду на каждой станции отбирали с 2–6 горизонтов. Для количественного учета микроорганизмов водные пробы фиксировали 25 %-м глутаральдегидом до конечной концентрации 1 % и хранили в холодильнике не более 1 мес.

Общее количество и размеры бактерий определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома ДАФИ [4]. Содержание углерода в сырой биомассе бактерий рассчитывали согласно уравнению, связывающему объем клеток ( $V$ ) и содержание углерода ( $C$ ):  $C = 120 \times V^{0,72}$  [5]. Численность и размеры гетеротрофных нанофлагеллят учитывали методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома примулин [6]. Коэффициент пересчета биомассы флагеллят на углерод составлял  $220 \text{ фгС} \cdot \text{мкм}^{-3}$  [7]. Инфузорий подсчитывали в свежееотобранных пробах воды в камере Богорова под световым микроскопом. Принимали, что углерод составляет 11 % сырой биомассы инфузорий [8]. Объемы бактерий и простейших рассчитывали с использованием формул объемов шара, цилиндра или эллипсоида. Численность и размеры микроскопических водных грибов определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома калькофлуора белого [9].

Содержание в воде хлорофилла  $a$  определяли стандартным спектрофотометрическим методом [10]. Первичную продукцию фитопланктона измеряли радиоуглеродным методом [11]. Интегральную (под  $1 \text{ м}^2$ ) первичную продукцию ( $\Sigma A$ ) получали умножением интенсивности максимального фотосинтеза ( $A_{\text{max}}$ ) и прозрачности воды. Удельную ско-

рость роста бактериопланктона определяли методом “разбавления”: по изменению общей численности бактерий в изолированных пробах воды, экспонированных в течение 30–36 ч при естественной температуре. Для устранения пресса бактериотрофных организмов пробы природной воды разбавляли в 10 раз водой, предварительно профильтрованной через фильтры с диаметром пор  $0,17 \text{ мкм}$  [12, 13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Глубина реки на станциях отбора проб составляла 3,8–16 м. Температура поверхностного слоя воды не превышала  $15,1 \text{ }^\circ\text{C}$  и отличалась от таковой у дна на  $0,3\text{--}2,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (табл. 1). Причем если выше г. Салехарда (ст. 4–6) температура поверхностного слоя была выше, чем придонного, то ниже города (ст. 1–3) – ниже. Прозрачность воды по диску Секки изменялась в пределах  $0,5\text{--}1,1 \text{ м}$ . Этот участок Оби характеризуется быстрым течением, что является важнейшим фактором, определяющим развитие гидробионтов.

Величины концентрации хлорофилла  $a$ , полученные в период проведения наших исследований (см. табл. 1), характерны для вод мезоэвтрофного типа [14]. Интенсивность фотосинтеза фитопланктона была сравнительно высокой (табл. 2). За неделю (с 11 по 17 июня) первичная продукция планктона возросла более чем в 2 раза. Если скорость фотосинтеза в единице объема воды зависит от количественного развития и физиологического состояния водорослей, то интегральная первичная продукция ( $\Sigma A$ ) определяется также условиями подводного светового режима, характеристикой которых служит прозрачность воды. Величины  $\Sigma A$ , полученные нами в нижней Оби, типичны для мезоэвтрофных водоемов [14].

Нижнее течение Оби характеризовалось высоким уровнем развития бактериопланктона (табл. 3). На участке реки ниже г. Салехарда (ст. 1–3) численность и биомасса гетеротрофных бактерий превышали таковые, зарегистрированные на станциях, расположенных выше города (ст. 4–6), в  $1,5\text{--}1,6$  и  $1,8\text{--}2,1$  раза соответственно. Биомасса бактериопланктона ниже города увеличилась

Т а б л и ц а 1

## Краткая характеристика станций отбора проб на р. Оби в районе г. Салехарда

№ станции	Глубина, м	Температура, °С		Прозрачность, м	Хлорофилл, мг/л*
		у поверхности	у дна		
<i>11 июня</i>					
1	5,7	13,7	–	0,7	11,21
2	16,0	13,7	–	1,1	10,30
3	14,0	13,7	–	1,0	11,08
4	3,8	13,3	–	0,7	10,72
5	16,0	13,3	–	1,1	10,13
6	14,0	13,3	–	1,1	9,72
<i>17 июня</i>					
1	5,0	15,1	12,8	0,7	14,38
2	15,0	14,2	13,3	0,9	12,28
3	14,0	13,9	13,6	1,0	14,41
4	4,0	13,8	14,2	0,5	13,72
5	15,5	13,5	13,9	1,0	12,09
6	16,0	13,8	14,4	1,0	10,47

Пр и м е ч а н и е. \*Концентрация хлорофилла *a* в поверхностном горизонте воды. Прочерк – отсутствие данных.

Т а б л и ц а 2

Суточная продукция фито- и бактериопланктона в единице объема воды ( $A_{\max}$  и  $P_B$ , мг С/м<sup>3</sup>) и под 1 м<sup>2</sup> ( $\Sigma A$  и  $\Sigma P_B$ , мг С/м<sup>2</sup>)

Дата	№ станции	$A_{\max}$	$\Sigma A$	$P_B$	$\Sigma P_B$	$\Sigma P_B / \Sigma A$
11 июня	1	978	685	115	656	0,96
	2	470	517	72	1152	2,23
	3	490	490	103	1442	2,94
	Среднее	646	564	97	1083	1,92
	4	692	484	28	108	0,22
	5	568	625	37	592	0,95
	6	556	612	40	560	0,92
	Среднее	605	574	35	420	0,73
17 июня	1	1130	791	101	505	0,64
	2	1080	972	95	1425	1,47
	3	1556	1556	93	1395	0,90
	Среднее	1255	1106	96	1108	1,00
	4	1532	766	48	192	0,25
	5	1516	1516	52	780	0,51
	6	1100	1100	62	992	0,90
	Среднее	1383	1127	54	655	0,55

17 июня по сравнению с 11 июнем на 20 %, а выше города – только на 9 %.

Основную долю бактериопланктона Оби составляли одиночные клетки, однако существенный вклад в формирование бактериаль-

ной биомассы ( $B_B$ ) вносили также агрегированные бактерии (т. е. бактерии, ассоциированные с частицами детрита и образующие микроколонии), которые в воде ниже города (ст. 1–3) составляли 12–14 %  $B_B$ , а выше го-

Средние для столба воды величины общей численности ( $N$ ,  $10^3$  кл./мл), среднего объема клетки ( $V$ ,  $\mu\text{м}^3$ ) и биомассы бактериопланктона ( $B$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ )

№ станции	11 июня			17 июня		
	N	V	B	N	V	B
1	11157	0,183	2042	12224	0,202	2469
2	9674	0,190	1838	11228	0,229	2571
3	11463	0,162	1857	9981	0,184	1836
Среднее	10765	0,178	1912	11144	0,206	2292
4	6102	0,169	838	6570	0,131	861
5	6782	0,147	997	7158	0,140	1002
6	7301	0,164	1197	7962	0,182	1449
Среднее	6728	0,150	1011	7230	0,153	1104

рода (ст. 4–6) – 19–26 %  $B_B$ . Нитевидные формы на участках реки с глубинами около 4–5 м занимали 11–12 % биомассы бактериопланктона, а на остальных участках – только 1–6 %. Количество детритных частиц размером менее 100  $\mu\text{м}$ , заселенных бактериями, находилось в пределах  $(16,2\text{--}74,9) \cdot 10^3$  экз./мл, что составляло 52–88 % от общего количества этих частиц.

В вертикальном распределении биомассы бактериопланктона в русле Оби ниже Сале-

харда (ст. 2) выделялся пик на глубине около 10 м (рис. 1).

Удельная скорость роста планктонных бактерий колебалась в пределах  $0,0057\text{--}0,0164 \text{ ч}^{-1}$ , что соответствовало времени удвоения их общей численности 42–122 ч. В первую съемку, проведенную 11 июня, средние для столба воды величины удельной скорости роста на участке Оби ниже Салехарда составляли  $0,009\text{--}0,012 \text{ ч}^{-1}$  (ст. 1–3) и превышали таковые на участке выше города ( $0,007\text{--}0,008 \text{ ч}^{-1}$ ). Во вторую съемку (17 июня) отличий в скорости роста бактерий между разными участками реки не наблюдалось. В это время удельная скорость роста бактерий находилась в пределах  $0,009\text{--}0,011 \text{ ч}^{-1}$ . Однако продукция бактериопланктона в период проведения наших исследований была постоянно выше на участке ниже города (см. табл. 2). Возрастание 17 июня первичной продукции планктона привело к значительному увеличению бактериальной продукции только на участке реки выше города. В результате этого отношение интегральных величин продукции бактерио- и фитопланктона ( $\Sigma P_B/\Sigma A$ ) здесь было значительно ниже, чем на участке ниже города (см. табл. 2). Следует подчеркнуть, что более высокие значения  $\Sigma P_B/\Sigma A$  на участке реки ниже города свидетельствуют о том, что здесь кроме фотосинтеза фитопланктона существуют другие источники органических веществ. Максимальные величины продукции бактериопланктона отмечались на глубине 10 м и совпадали с пиками их биомассы (см. рис. 1).

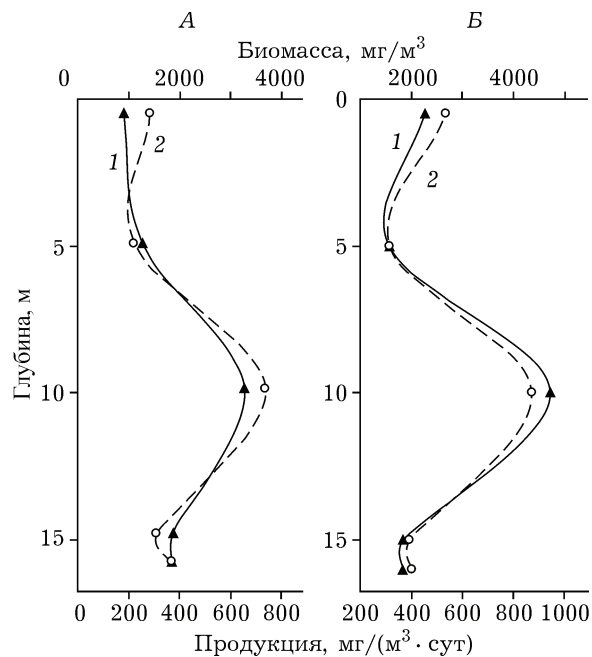


Рис. 1. Вертикальное распределение биомассы (1) и продукции (2) бактериопланктона в русле Оби ниже Салехарда (ст. 2, глубина 15–16 м) 11 (А) и 17 (Б) июня 2000 г.

Т а б л и ц а 4

Численность (N, 10<sup>3</sup> экз./мл) и биомасса (B, мг/м<sup>3</sup>) микроскопических грибов в поверхностном слое воды  
11.06.2000 г.

№ станции	Фрагменты мицелия		Споры		Сумма	
	N	B	N	B	N	B
1	10,5	22,7	40,6	25,0	51,1	47,7
2	9,1	22,3	56,8	76,2	65,9	98,5
3	39,2	143,9	51,9	90,8	91,1	234,7
Среднее	19,6	63,0	49,8	64,0	69,4	127,0
4	36,4	105,0	63,8	84,7	100,2	189,7
5	30,1	86,8	82,0	148,7	112,1	235,5
6	63,8	220,9	116,3	150,1	180,1	371,0
Среднее	43,4	137,6	87,4	127,8	130,8	265,4

Важным компонентом микропланктона Оби оказались микроскопические грибы, биомасса которых в поверхностном слое воды на участке ниже г. Салехарда (ст. 1–3) составила 3–13 %, а выше города (ст. 4–6) – 13–37 % биомассы бактериопланктона (табл. 4). Доля спор в структуре комплекса микроскопических грибов составила в среднем 69,3 % от их численности и 49,3 % от биомассы.

На исследованном участке Оби обнаружено 28 видов планктонных гетеротрофных жгутиконосцев. Отряд Kinetoplastida представлен *Bodo curvifilus* Griessmann, *B. designis* Skuja, *B. minimus* Klebs, *B. ovatus* (Duj.) Stein, *B. saltans* Ehrenberg, *Phyllomitus apiculatus* Skuja, *Rhynhomonas nasuta* Klebs; отряд Euglenida – *Petalomonas* sp.; отряд Cryptomonadida – *Goniomonas truncata* Stein; отряд Choanoflagellida – *Codonosiga botrytis* Kent,

*Desmarella moniliformis* Kent, *Diploeca angulosa* De Saedeleer, *Monosiga ovata* Kent, *Salpingoeca amphoridium* James-Clark, *S. minor* Dangeard; отряд Cercomonadida – *Bodomorpha minima* Hollande, *B. reniformis* Zhukov, *Cercomonas crassicauda* Dujardin, *C. longicauda* Dujardin, *C. levis* Skuja; отряд Thaumatomonadida – *Protaspis simplex* Vors, *Thaumatomonas lauterborni* De Saedeleer; отряд Chrysomonadida – *Paraphysomonas* sp., *Spumella elongate* (stokes) Belcher and Swale, *S. sp.*; отряд Bicosoecida – *Bicosoeca lacustris* (Clark) Skuje; отряд Ciliophryida – *Pteridomonas pulex* Penard. и жгутиконосцем неопределенного систематического положения *Anchyromonas sigmoides* Kent.

Уровень количественного развития гетеротрофных флагеллят был невысоким (табл. 5). Их средняя для столба воды биомасса не пре-

Т а б л и ц а 5

Средние для столба воды величины численности (N, 10<sup>3</sup> кл./мл), среднего объема клетки (V, мкм<sup>3</sup>) и биомассы гетеротрофных флагеллят (B, мг/м<sup>3</sup>)

№ станции	11 июня			17 июня		
	N	V	B	N	V	B
1	539	34	18,4	569	36	20,5
2	421	50	20,9	503	47	23,6
3	441	23	10,1	555	31	17,2
Среднее	467	35	16,5	542	38	20,4
4	368	38	14,0	441	29	12,8
5	490	45	22,0	640	72	46,1
6	637	48	30,6	539	31	16,7
Среднее	498	44	22,2	540	47	25,2

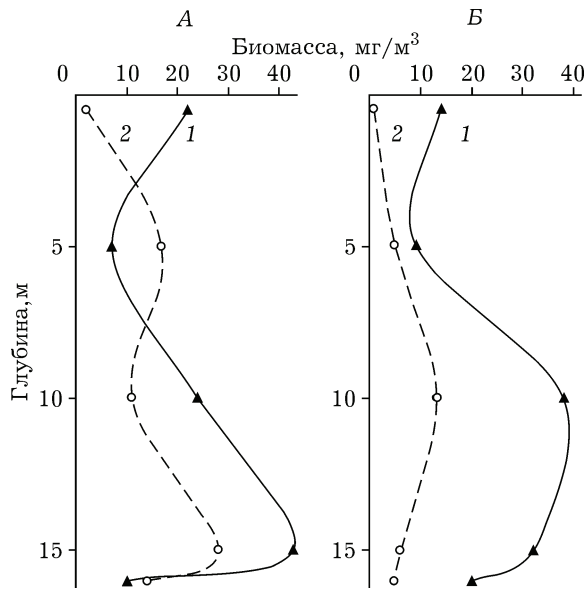


Рис 2. Вертикальное распределение биомассы планктонных гетеротрофных жгутиконосцев (1) и инфузорий (2) в русле Оби ниже Салехарда (ст. 2, глубина 15–16 м) 11 (А) и 17 (Б) июня 2000 г.

вышла 50 мг/м<sup>3</sup> и составляла на станциях выше и ниже города всего 0,5–1,1 % и 1,2–4,6 % биомассы бактериопланктона соответственно – их основного пищевого ресурса. Вертикальное распределение жгутиконосцев характеризовалось пиками их биомассы на глубине 10–15 м (рис. 2).

На исследованном участке Оби идентифицировано 16 видов инфузорий: *Tintinnidium fluviatile* Stein, *T. f. cylindrical* Gajew, *Tintinnopsis cylindrata* Kof.-Cam., *Codonella cratera* Leidy, *Cyclidium glaucoma* Müll, *Cinetochilum*

*margaritaceum* Perty, *Frontonia acuminata* Ehrb, *Paruroleptus piscis* Kowalewski, *Stokesia vernalis* Wenzich, *Strobilidium velox* Faure-Fremiet, *Strombidium viride* Stein, *S. sp.*, *Mesodinium pulex* Clap. Et L., *Paradileptus conicus* Wenrich, *Vorticella campanula* Ehrd. и *Epistylis* sp.

Инфузории также не достигали высоких значений численности и биомассы. За неделю наших исследований на большинстве участков реки их количество уменьшилось (табл. 6). В результате этого, если 11 июня биомасса инфузорий была выше биомассы другой группы простейших – гетеротрофных флагеллят, то 17 июня, напротив, была выше биомасса флагеллят. Максимальные значения биомассы инфузорий регистрировались в толще воды на глубине 10–15 м, т. е. на тех же горизонтах, где наибольшего развития достигали их потенциальные пищевые объекты – жгутиконосцы (см. рис. 2).

Сопоставление величин продукции гетеротрофного бактериопланктона и первичной продукции фитопланктона показало, что на исследованном участке Оби в начале лета деструкционные процессы преобладали над продукционными. Биомасса микробного сообщества достигала высоких значений и превышала таковую на русловых участках водохранилищ Волги [15].

Основным компонентом микробного сообщества в июне был гетеротрофный бактериопланктон. Хотя в бактериальном сообществе преобладали одиночные клетки, существенную его часть, особенно на участке выше города, занимали агрегированные бактерии,

Т а б л и ц а 6

Средние для столба воды величины численности (N, кл./л), средней массы клетки (W, 10<sup>-4</sup> мг) и биомассы инфузорий (B, мг/м<sup>3</sup>)

№ станции	11 июня			17 июня		
	N	W	B	N	W	B
1	507	0,47	24,0	353	0,25	8,8
2	304	0,47	14,3	240	0,26	6,2
3	480	0,36	17,3	373	0,84	31,3
Среднее	430	0,39	18,5	322	0,48	15,4
4	360	0,24	8,6	240	0,23	5,6
5	453	0,46	20,8	470	0,24	11,3
6	1253	0,54	67,7	640	0,18	11,5
Среднее	689	0,47	32,4	450	0,21	9,5

Средние для столба воды значения биомасс (мг С/м<sup>3</sup>) фитопланктона (ФП), микробного сообщества (МС) и его основных компонентов: БП – бактериопланктона, ГНФ – гетеротрофных нанофлагеллят и ИНФ – инфузорий в р. Оби ниже и выше г. Салехарда

Дата	Выше г. Салехарда (ст. 4–6)					Ниже г. Салехарда (ст. 1–3)				
	ФП	БП	ГНФ	ИНФ	МС	ФП	БП	ГНФ	ИНФ	МС
11 июня	50–245* 133	174–238 205	3–7 5	1–7 3	178–252 213	105–240 155	346–393 370	2–3 2	2–3 2	353–400 376
17 июня	100–250 157	182–280 223	3–10 7	1–1 1	186–285 231	110–300 185	353–463 426	4–5 5	1–3 2	360–469 433
Среднее	145	214	6	2	222	170	398	4	2	404

\* В числителе – пределы колебаний биомассы, в знаменателе – его среднее значение.

которые могут использоваться в пищу не только тонкими, но и грубыми фильтраторами зоопланктона. В этом случае уменьшаются потери энергии в трофической пищевой сети. Возрастание биомассы и продукции гетеротрофного бактериопланктона ниже г. Салехарда свидетельствовало о поступлении в реку аллохтонных органических веществ, в том числе антропогенного происхождения, и активно протекающих процессах биотического самоочищения.

Простейшие, в первую очередь гетеротрофные флагаеллы, являются главными потребителями бактерий и фототрофного пикопланктона в большинстве речных экосистем [16]. В отличие от других крупных рек на участке нижней Оби в период проведения наших исследований количественное развитие простейших было слабым – их доля в биомассе микробного сообщества составляла в среднем 2,6 %. Однако, учитывая высокие темпы размножения простейших организмов, их экологическую пластичность и повсеместное распространение, весьма вероятно, что в другие сезоны года они могут достигать более высоких величин численности и биомассы и играть более важные роли в планктонных трофических сетях Оби. Важно учитывать, что пики количественного развития простейших могут длиться всего несколько дней и смена доминантов может происходить очень быстро, как это было установлено, например, при исследовании структуры и динамики протозоопланктона р. Дунай (Венгрия) [17].

Наиболее хорошо изучены планктонные пищевые сети крупных равнинных рек Европы: Рейна, Дуная, Луары и др. Среди планктонных консументов р. Рейн (Германия) доминировали гетеротрофные флагаеллы, которые составляли в среднем более 65 % от суммарной биомассы прото- и метазойного планктона [18]. Они потребляли не только значительную часть бактериальной продукции (от 11 до 65 % в различные сезоны), но также больше фитопланктона, чем инфузории и беспозвоночные, вместе взятые. Предполагается, что важную роль в потреблении фито- и зоопланктона реки играют бентосные беспозвоночные.

В р. Мез (Бельгия) простейшие в среднем составляли менее 30 % рациона коловраток, доминирующих в составе метазойного планктона [19]. Однако в периоды слабого разви-

тия фитопланктона роль простейших (главным образом инфузорий) как источника пищи для коловраток, альтернативного фитопланктону, резко возрастала, и они составляли уже около 50 % их рациона. Потребление бактерий зоопланктоном было незначительным – примерно в 1000 раз ниже, чем потребление простейших.

Ю. И. Сорокин при изучении гетеротрофного микропланктона другой крупной сибирской реки – Енисея показал, что количественное развитие простейших и бактерий существенно изменялось по продольному профилю реки и достигало максимума в ее нижней части, где микроорганизмы играли важную роль в процессах самоочищения [20]. Главными потребителями бактериопланктона являлись гетеротрофные жгутиконосцы. Бактериотрофная активность планктонных инфузорий и коловраток была значительно ниже.

По нашим данным, средняя для столба воды концентрация хлорофилла *a* в нижней Оби колебалась от 4 до 6 мг/л у берега и от 1 до 2,9 мг/л на глубоководных участках. Допуская, что 1 мг хлорофилла соответствует 50 мг С биомассы фитопланктона [21], получаем, что биомасса фитопланктона на исследованном участке реки составила в среднем 158 мг С/м<sup>3</sup> и оказалась почти в 2 раза ниже, чем биомасса микробного сообщества (313 мг С/м<sup>3</sup>) (табл. 7).

Анализ имеющихся в нашем распоряжении литературных данных показал, что количество зоопланктона в нижнем течении р. Оби подвержено резким межгодовым колебаниям [22–24]. На контрольных створах у г. Салехарда и пос. Перегребного среднемесячная численность зоопланктеров изменялась от 0,6 до 63,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 6 до 895 мг/м<sup>3</sup>. Если принять, что в 1 мг сырой массы зоопланктона содержится 0,064 мг С [25], то максимальная биомасса метазойного планктона составит 57,3 мг С/м<sup>3</sup>. Это также существенно ниже биомассы микробного сообщества.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным компонентом планктонного сообщества нижней Оби в начале лета были гетеротрофные бактерии. Значительное возрастание биомассы и продукции бактерио-

планктона ниже Салехарда свидетельствует о поступлении в реку аллохтонных органических веществ, в том числе антропогенных. Количественное развитие и видовое разнообразие гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий были невысокими. Минорным, но постоянным компонентом планктона Оби являлись микроскопические грибы. Их биомасса, особенно выше г. Салехарда, составляла существенную часть биомассы бактериопланктона. Повидимому, они, наряду с последним, активно участвуют в минерализации органических веществ. Дальнейшие исследования должны прояснить их функции в планктоне крупных рек. Превышение биомассы микробного сообщества над биомассой фито- и зоопланктона, а также сопоставление продукций бактерио- и фитопланктона указывают на ведущую роль гетеротрофных микроорганизмов в структурно-функциональной организации планктона нижнего течения р. Оби.

Авторы выражают благодарность А. В. Жулидову за предоставленную возможность участия в экспедиции, а также А. П. Мьельникову и З. М. Мьельниковой за помощь в определении видового состава гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Azam F., Fenchel T., Field J. G., Gray J. S., Meyer L. A., Thingstad F. The ecological role of water-column microbes in the sea // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1983. Vol. 10. P. 257–263.
2. Wetzel R. G. *Limnology: lake and river ecosystems.* 3rd edition. New York: Academic Press, 2001. 1006 p.
3. Allan J. D., Castillo M. M. *Stream ecology: structure and function of running waters.* 2nd edition. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2007. 436 p.
4. Porter K. G., Feig Y. S. The use of DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. Vol. 25, N 5. P. 943–948.
5. Norland S. The relation between biomass and volume of bacteria // *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology.* Lewis Publishers: Boca Raton. Ann Arbor, 1993. P. 303–308.
6. Caron D. A. Technique for enumeration of heterotrophic and phototrophic nanoplankton, using epifluorescence microscopy, and comparison with other procedures // *Appl. Environ. Microbiol.* 1983. Vol. 46, N 2. P. 491–498.
7. Borsheim K. Y., Bratbak G. Cell volume to carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1987. Vol. 36. P. 171–175.
8. Turley C. M., Newell R. C., Robins D. B. Survival strategies of two small marine ciliates and their role



- in regulating bacterial community structure under experimental conditions // *Ibid.* 1986. Vol. 33. P. 59–70.
9. Терехова В. А., Семенова Т. А., Полянская Л. М. Исследование водных грибов методом люминесцентной микроскопии // *Микробиология.* 1991. Т. 60, № 5. С. 890–894.
  10. SCOR-UNESCO Working Group N 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // *Monographs on Oceanographic Methodology.* Paris: UNESCO, 1966. P. 9–18.
  11. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. 194 с.
  12. Landry M. R., Hassett R. P. Estimating the grazing impact of marine microzooplankton // *Mar. Biol.* 1982. Vol. 67. P. 283–288.
  13. Tremaine S. C., Mills A. L. Tests of the critical assumptions of the dilution method for estimating bacterivory by microeucaryotes // *Appl. Environ. Microbiol.* 1987. Vol. 53, N 12. P. 2914–2921.
  14. Бульон В. В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. СПб.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1994. 222 с.
  15. Копылов А. И., Косолапов Д. Б., Романенко А. В., Косолапова Н. Г., Мильникова З. М., Минеева Н. М., Крылова А. В. Гетеротрофные микроорганизмы в планктонных трофических сетях речных экосистем // *Успехи совр. биол.* 2006. Т. 126, № 3. С. 273–284.
  16. Iriberry J., Ayo B., Unanue M., Barcina I., Egea I. Channeling of bacterioplanktonic production towards phagotrophic flagellates and ciliates under different seasonal conditions in a river // *Microb. Ecol.* 1993. Vol. 26. P. 111–112.
  17. Kiss A. K., Acs E., Kiss K. T., Torok J. K. Structure and seasonal dynamics of the protozoan community (heterotrophic flagellates, ciliates, amoeboid protozoa) in the plankton of a large river (River Danube, Hungary) // *Eur. J. Protistol.* 2009. Vol. 45. P. 121–138.
  18. Weitere M., Scherwass A., Sieben K.-T., Arndt H. Planktonic food web structure and potential carbon flow in the lower river Rhine with a focus on the role of protozoan // *River Res. Appl.* 2005. Vol. 21. P. 535–549.
  19. Joaquim-Justo C., Pirlot S., Viroux L., Servais P., Thome J.-P., Descy J.-P. Trophic links in the lowland River Meuse (Belgium): assessing the role of bacteria and protozoans in planktonic food webs // *J. Plankton Res.* 2006. Vol. 28, N 9. P. 857–870.
  20. Sorokin Y. I. Heterotrophic microplankton in plankton successions and self purification process along the Yenisei river // *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 1990. Bd. 34. S. 267–273.
  21. Reynolds C. S. *The ecology of phytoplankton.* Cambridge: University Press, 2006. 536 p.
  22. Юхнева В. С. Состав и распределение зоопланктона нижней Оби // *Зоол. журн.* 1970. Т. 49, № 5. С. 158–161.
  23. Крохалевская Н. Г., Алексюк В. А. Зоопланктон, его продукция и сток биомассы в нижнем течении Оби // *Биология и экология гидробионтов экосистемы нижней Оби.* Свердловск, 1983. С. 3–11.
  24. Семенова Л. А., Алексюк В. А., Дергач С. М., Лелеко Т. И. Видовое разнообразие зоопланктона водоемов Обского Севера // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения.* Тюмень: ИПОС СО РАН, 1996. Вып. 1. С. 127–134.
  25. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. М.: Наука, 1987. 240 с.

## Structure of the Plankton Microbial Community of the Lower Ob (Near Salekhard)

A. I. KOPYLOV, D. B. KOSOLAPOV

*I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters RAS  
152742, Borok village, Yaroslavl' region  
E-mail: kopylov@ibiw.yaroslavl.ru*

Spread of the major components of the plankton microbial food chain – bacteria, heterotrophic flagellates and infusoria – in the lower reach of the Ob near Salekhard was studied. In early summer, the level of quantitative development and species diversity of protozoa were not high; heterotrophic bacteria were dominating. Their biomass exceeded that of the phyto- and zooplankton. Anthropogenic activation of bacterioplankton was detected at the river region downstream from Salekhard. The data obtained provide evidence of the importance of heterotrophic microorganisms in trophic dynamics and self-purification of the lower Ob.

**Key words:** plankton microbial community, bacteria, protozoa, the lower reach of the Ob.