

САПРОФИТНЫЕ И ОЛИГОКАРБОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ В ВОДЕ ОЗЕРА СЕВАН И СООТНОШЕНИЕ ИХ С ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТЬЮ

Прямой метод непосредственного подсчета под микроскопом (Разумов, 1932) дает наиболее полное представление о содержании микроорганизмов в воде, однако он имеет свои недостатки:

1. Прежде всего, при его использовании невозможно судить о видовом составе микрофлоры.
2. Не всегда можно отличить бактериальные клетки от мелких минеральных и органических частиц.
3. И, наконец, основной недостаток состоит в том, что им учитываются и мертвые и живые бактерии.

И хотя работами М.А.Пенкова (1948), М.Ф.Лазаревой (1953) удалось установить, что около 90% бактерий, учитываемых прямым счетом, находятся в водоеме в жизнеспособном состоянии, все-таки все количество живых бактерий в водоемах остается не учтенным.

При посевах на стандартные мясо-пептонные среды учитываются лишь определенные группы гетеротрофных бактерий, которые способны развиваться при обильном содержании органических веществ. Большинство же водных микроорганизмов — это олигокарбофилы, для которых обычные среды ядовиты или во всяком случае задерживают их развитие (Разумов, 1962; Кузнецов, 1970).

Изискание и применение новых сред с пониженным содержанием питательных веществ позволило многим ученым полнее учесть микрофлору по сравнению с МПА (Разумов, 1962; ZoBell, Grant, 1942, 1943; Jannasch, 1958; Горбенко, 1961; Салманов, 1960). Однако все применяемые искусственные среды для подсчета бактерий очень далеки по составу питательных веществ от той среды, в которой они обитают. Ближе всего воспроизводит условия, в которых обитают водные микроорганизмы, безбактериальная натуральная вода водоемов, которую В.И.Романенко (1973) предложил использовать в качестве питательной среды. Пользуясь методом предельных разведений при посевах микрофлоры из природных вод на безбактериальную натуральную воду можно определять количество живых бактерий, находящихся в природной воде.

Численность сапрофитных бактерий является надежным и чувствительным индикатором загрязнения водоемов органическими веществами. Как правило, высокое содержание сапрофитных бактерий в воде указывает на наличие большого количества органического вещества.

Хорошим показателем санитарного состояния воды служит соотношение между численностью сапрофитов, растущих на МПА, и общим числом бактерий по прямому счету (Разумов, 1962; Кузнецов, 1952). На основании собственных и литературных данных В.И. Романенко (1979) составил таблицу примерной оценки степени загрязнения по данному соотношению (табл. I), из которой видно, что даже в сточных жидкостях, в которых содержится большое количество органических веществ, сапрофиты составляют небольшой процент от общей численности.

Таблица I

Соотношение между сапрофитами и общей численностью бактерий в чистой и грязной воде (Романенко, 1979).

Соотношение, %	Вода	Водоем
0,003 и меньше	Особо чистая	оз. Онежское, Ладожское, Байкал
0,03	Чистая	Рибинское, Шекснинское, Куйбышевское водохранилища
0,3	Грязная	Отдельные участки Волги
3 и больше	Особо грязная	Коллекторы сточных вод

Последние исследования по определению количества сапрофитов в воде оз. Севан относятся к начальному периоду спуска уровня озера (1952-1953). Количество сапрофитов в этот период в воде водоема было незначительным - от 4 до 400 клеток в I мл - это составляло 0,001-0,13% от общей численности бактерий (Гамбарян, 1957).

Численность олигокарбофилов в воде оз. Севан до настоящего времени не изучалась.

В связи с этим представляет интерес изучить количество сапрофитов и олигокарбофилов в воде оз. Севан в процессе ез-

трофикации.

Материал и методика. В 1980 г. с июня по ноябрь ежемесячно на двух постоянных станциях - ст. 4 (М.Севан) и ст. 22 (Б.Севан), и посезонно - ст. 2, 4, 9 (М.Севан) и ст. 18, 22, 30 (Б.Севан), глубинным методом посева исследуемой воды на РПА (Родина, 1965) определялось количество сапрофитных бактерий. Отбор проб проводился батометром Руттнера с горизонтов, соответствующих зонам эпилимниона, термоклина и гиполимниона. Культивирование велось при 27°. Колонии считали дважды - через 48 часов и 10 суток. Количество олигокарбофилов определяли методом предельных разведений (Лаптева и др., 1978) на двух постоянных станциях: 4 и 22. Делали посевы исследуемой воды в серию пробирок до 8-го разведения. Разведения велись в 10 раз, после перенесения 1 мл воды из одной пробирки в другую. Инкубировали 5 дней при комнатной температуре. Контролем служили незасеянные пробирки. После инкубации в каждую пробирку стерильно пастеровской пипеткой вносили по 1-ой капле глюкозы, меченной ^{14}C . Через два часа инкубирования при комнатной температуре пробы фиксировались формалином и фильтровались через мембранные фильтры № 3 Мытищинской фабрики. Вслед за пробой через фильтр пропусклось 10 мл стерильной дистиллированной воды. Граница радиоактивности находилась путем сравнения с контролем - незасеянные пробирки, в которые также была добавлена меченная глюкоза. Общую численность бактерий определяли прямым методом подсчета (Разумов, 1932).

Результаты и обсуждение. За исследуемый период общая численность бактерий колебалась в М.Севане от 0,27 до 2,8, в Б.Севане от 0,29 до 2,91 млн. кл/мл (табл. 2). Максимальное количество бактерий в обеих частях водоема отмечается в июне месяце, минимальное - в ноябре (табл. 2). В период гомотермии распределение бактерий по глубинам относительно равномерное. В период стратификации увеличение числа бактерий в термоклине наблюдалось лишь в Б.Севане в августе.

Число сапрофитов в воде озера варьировало в довольно широких пределах от 50 до 62.000 клеток в 1 мл (табл. 2). Наиболее высокое содержание сапрофитов в Б.Севане отмечалось в июне и ноябре, в М.Севане - в июне и сентябре, в этот период соотношение между ними и общей численностью достигает больших величин (0,4-1,7%). Высокое число сапрофитов в этот период, очевидно,

Таблица 2

Число сапрофитов (а, в клеток/мл), общая численность (б, в млн.кл./мл) и процентное соотношение между ними в воде оз. Севан

Стан-ция	И ю н ь			А в г у с т			Б.Севан С е н т я б р ь			О к т я б р ь			Н о я б р ь			
	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %
22	0	3430	1.84	0.18	0	800	0.59	0.13	0	130	0.29	0.04	0	150	0.45	0.03
	3	2150	2.91	0.07	6	1600	0.39	0.40	3	160	0.38	0.04	5	76	0.38	0.02
	16	23000	1.14	2.00	10	100	0.68	0.01	6	600	0.38	0.16	10	50	0.34	0.01
					14	1070	0.53	0.20	12	90	0.46	0.02	15	120	0.51	0.02
					15	1200	0.54	0.20	18	100	0.33	0.02	20	400	0.55	0.07
Среднее	0	9526	1.96	0.40	17	300	0.98	0.03	25	1700	0.55	0.30	25	100	0.48	0.02
	1	204	1.91	0.01	20	1000	0.74	0.13	28	2400	1.05	0.20	28	400	0.53	0.07
	5	770	1.87	0.04	25	700	0.85	0.08								
	12	11300	1.51	0.70	28	1900	1.44	0.13								
	28	20000	1.07	1.90		963	0.75	0.13								
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	7034	1.62	0.40												
	1	1340	2.87	0.04												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87	7.10												
	28	28000	1.15	2.40												
Среднее	0	9526	1.96	0.40												
	1	204	1.91	0.01												
	5	770	1.87	0.04												
	12	11300	1.51	0.70												
	28	20000	1.07	1.90												
Среднее	0	1340	2.87	0.04												
	1	3500	2.32	0.15												
	12	19400	1.20	1.60												
	15	62000	0.87													

М.Сезан

Стан- ция	И Ю Н Ъ				А В Г У С Т				С Е Н Т Я Б Р Ъ			
	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %
	0	14600	2.8	0.5	0	300	0.70	0.04	0	2500	0.91	0.27
	10	40000	1.8	2.1	5	500	0.58	0.08	5	2900	0.75	0.38
	15	54000	1.3	4.2	15	1100	0.55	0.20	15	2500	0.61	0.40
	55	9000	0.9	1.0	17	700	0.53	0.13	25	2800	0.63	0.40
4					20	400	0.55	0.07	30	3400	0.61	0.55
					25	1400	0.42	0.30	35	1900	0.52	0.30
					30	1700	0.42	0.36	55	3300	0.94	0.30
					45	230	0.58	0.04				
					55	500	1.26	0.04				
Среднее	29400	1.7	1.7		759	0.62	0.10		2757	0.71	0.38	
0	322	2.1	0.01						0	2000	0.61	0.32
10	16800	1.0	1.60						30	2100	1.00	0.02
9 15	12000	1.2	1.06						32	4300	0.74	0.58
45	18600	1.1	1.70						35	2700	0.81	0.30
									45	4000	1.10	0.30
Среднее	11930	1.3	0.90						3020	0.85	0.35	
0	4900	2.2	0.22						0	2400	1.30	0.18
2 16	10000	2.2	0.40						16	3500	0.60	0.58
Среднее	7450	2.2	0.30						2950	0.95	0.30	

М.Севан

Стан- ция	О К Т Я Б Р Я				29 О К Т Я Б Р Я				Н О Я Б Р Ъ			
	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %	м	а	б	а:б %
4	0	100	0.53	0.02	0	800	0.58	0.13	0	580	0.32	0.18
	5	90	0.81	0.01	16	600	0.99	0.06	5	400	0.27	0.14
	10	900	0.97	0.09	20	1300	1.10	0.11	20	1960	0.38	0.50
	20	100	1.18	0.01	30	2200	1.23	0.17	30	600	0.38	0.16
	23	200	0.90	0.02	40	300	0.82	0.03	40	548	0.47	0.11
	25	200	0.73	0.03	55	1600	1.92	0.08	50	1200	0.60	0.20
	30	400	0.46	0.08					55	1500	0.66	0.20
	40	300	0.65	0.04								
	50	100	0.65	0.01								
	55	520	1.10	0.05								
Среднее	324	0.79	0.04		1133	1.02	0.10		969	0.41	0.20	
9									0	300	0.53	0.05
									10	1000	0.65	0.15
									15	700	0.54	0.12
									20	500	0.53	0.09
									30	1300	0.45	0.28
									40	1200	0.48	0.24
Среднее									833	0.53	0.15	
4									0	600	0.31	0.19
									16	200	0.47	0.04
Среднее									400	0.39	0.10	

обусловлено обогащением воды органическим веществом в результате отмирания фитопланктона.

Вертикальное распределение сапрофитных бактерий в период гомотермии относительно равномерное (табл. 2). В начальный период стратификации (июнь) в обеих частях водоема отмечается увеличение числа сапрофитов в зоне термоклина. В августе увеличение числа сапрофитов наблюдается на верхней и нижней границах термоклина, а также в придонных слоях. В период стратификации в указанных зонах процентное соотношение между сапрофитами и общей численностью иногда достигает величин, отмечаемых в водоемах с грязными водами (табл. 1, 2). Наиболее богатой сапрофитными бактериями станцией в М.Севане была ст. 4, где число их в среднем составило 29,4 тыс.кл/мл, на ст. 9 и 2 число их было соответственно 11,9 и 7,5 тыс.кл/мл (табл. 2).

В сентябре в М.Севане на всех исследуемых станциях количество сапрофитов было почти одинаковым и составляло от 2,7 до 3,0 тыс.кл/мл, в ноябре наименьшее число сапрофитов наблюдалось на ст. 2 (400 кл/мл), на ст. 4 и 9 количество их было почти одинаковым (969 и 833 кл/мл).

В Б.Севане в июне на ст. 30 отмечается самая высокая численность сапрофитов — до 22,9 тыс.кл/мл, на ст. 22 и 18 она составила соответственно 9,5 и 7,0 тыс.кл/мл (табл. 2). В ноябре минимальное количество сапрофитов (185 кл/мл) зафиксировано на ст. 22, максимальное (1766 кл/мл) — на ст. 18 (табл. 2).

Сравнивая полученные нами данные с данными Гамбаряна М.Б. (1957), необходимо отметить, что в современный период в оз. Севан наблюдается резкое увеличение числа сапрофитных бактерий, а это указывает на то, что за последние годы произошло обогащение воды оз. Севан легкоусвояемым органическим веществом. В целом же оз. Севан по процентному отношению числа сапрофитов к общей численности бактерий можно характеризовать как чистый водоем.

Полученные нами данные по количественному изучению микрофлоры оз. Севан методом предельных разведений при посевах на безбактериальную воду приведены в табл. 3. Из приведенных результатов видно, что количество олигокарбофилов в воде водоема приближается к численности бактерий, определяемой прямым методом подсчета под микроскопом. Наименьшее число олигокарбо-

Таблица 3

Общее количество бактерий и число олигокарбофилов в воде оз. Севан в 1980 г.
(в млн.кл/мл)

И ю н ь			А в г у с т			С е н т я б р ь			О к т я б р ь			Н о я б р ь		
Глу- бина, м	Общее к-во	Олиго- карбо- филов	Глу- бина, м	Общее к-во	Олиго- карбо- филов	Глу- бина, м	Общее к-во	Олиго- карбо- филов	Глу- бина, м	Общее к-во	Олиго- карбо- филов	Глу- бина, м	Общее к-во	Олиго- карбо- филов
Ст. 4														
0	2.8	0.1	0	0.70	0.1	0	0.91	0.1	0	0.58	0.1	0	0.32	0.1
10	1.8	1.0	17	0.53	0.1	25	0.63	0.01	16	0.99	0.01	15	0.38	0.01
15	1.3	0.1	55	1.26	0.1	30	0.60	0.01	55	1.10	0.1	30	0.38	0.1
55	0.9	0.1				55	0.94	0.001				55	0.66	0.1
Ст. 22														
0	1.84	0.1	0	0.59	0.01	0	0.29	0.1	0	1.6	0.1	0	0.95	0.1
16	1.14	0.1	17	0.98	0.01	18	0.33	0.01	28	1.8	0.1	15	0.34	0.01
28	-	1.0	28	1.44	0.1	28	1.05	0.1				28	0.53	0.01

филов отмечается в М.Севане в сентябре в придонных слоях, где число их на два порядка ниже по сравнению с общей численностью. А в основном в большинстве случаев число олигокарбофилов выражается одинаковым порядком с общей численностью бактерий. Таким образом, с учетом недостатков метода разведений, из полученных данных следует, что громадное количество бактерий в воде озера - жизнеспособные формы.

Резюмируя вышесказанное, необходимо подчеркнуть, что процессе евтрофикации оз. Севан сопровождается увеличением численности сапрофитных бактерий в воде.

Литература

- Гамбарян Е.М. 1957. Общая характеристика превращения азота. Численность и биомасса бактерий в оз. Севан.- Тр. Севанск. гидробиол. ст. т. XV, с. 5-45.
- Горбенко Ю.А. 1961. О наиболее благоприятном количестве "сухого питательного агара" в средах для культивирования морских гетеротрофных микроорганизмов.- Микробиол. т.30, в.1.
- Кузнецов С.И. 1952. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. Изд-во АН СССР, М.
- Кузнецов С.И. 1970. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л., Наука.
- Лазарева М.Ф. 1953. Прямой счет бактерий при решении задач технической микробиологии.- Информ. №1. Лаб. биол. очистки сточных вод, М., ВОДГЕО.
- Лаптева Н.А., Даукита А.С., Монакова С.В. 1978. Численность бактерий в озерах Латвии, учитываемых методом предельных разведений, на среде с естественным содержанием органического вещества.- Информ. бюл. "Биология внутренних вод", №37, с. 16-20.
- Пенков М.А. 1948. Полиэнергидные стадии развития бактерий в связи с изменением их ядерного аппарата.- Тр. Ин-та цитопл., гистол. и эмбр. т.1, в.2.
- Разумов А.С. 1932. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха.- Микробиол. т.1(2), с. 131-146.
- Разумов А.С. 1962. Микробный планктон воды.- Тр. Всесоюз.

гидробиол. общ-ва, т.12, с. 60-190.

Родина А.Г. 1965. Методы водной микробиологии. М., Наука, 364с.

Романенко В.И. 1973. Размножение бактерий на природной воде.

Информ. бюл. "Биология внутренних вод", №17, с. 5-7.

Романенко В.И. 1979. Микробиологические показатели качества воды.- Водные ресурсы, №6, с. 138-153.

Саманов М.А. 1960. Микробиологические процессы в Мингечаурском водохранилище.- Тр. Ин-та биол. водохр. АН СССР, т.3 (6), с. 21-35.

Jannasch H. W. 1958. Studies on planktonic bacteria by means of direct membrane filter method. - Journ. Gen. Microbiol. v. 28 (3) , 609-620.

ZoBell C.E., Grant C.W. 1942. Bacterial activity in dilute nutrient solutions. - Science. v. 96, 189.

ZoBell C.E., Grant C.W. 1943. Bacterial utilization of low concentrations of organic matter. - J. Bact. v. 45 (4), 555-564.