

УДК 628.19

С.С. БАРИНОВА¹, Л.А. МЕДВЕДЕВА²¹Ин-т эволюции Хайфского ун-та,

Израиль, 31905 Хайфа, Маунт Кармель

²Биолого-почвенный ин-т ДВО РАН,

Россия, 690022 Владивосток

К МЕТОДИКЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА МИКРОФИТОБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК ДАЛЬНОГО ВОСТОКА РОССИИ

Описана методика количественного учета численности и биомассы микрофитобентоса с применением оригинальной камеры учета для многовидовых сложных сообществ предгорных рек Дальнего Востока. Даны рекомендации по изготовлению оригинальной камеры учета микрофитобентоса, доступные для выполнения в любой лаборатории. На фактическом материале подробно рассмотрен алгоритм подсчета численности и биомассы водорослей микрофитобентоса. Методика дополняет оригинальную систему отбора и подсчета водорослей микрофитобентоса, которая решает проблемы изучения региональных особенностей видового состава. Результаты подсчетов позволяют проследить динамику численности и биомассы водорослей каждого отдела в сообществе по продольному профилю реки, а также рассчитать структурные характеристики сообществ водорослей микрофитобентоса в динамике. Приведены результаты подсчетов на примере сообщества водорослей р. Фроловка (Приморский край).

Ключевые слова: методика учета, счетная камера, микрофитобентос, численность, биомасса, Дальний Восток России.

Введение

Количественный учет микрофитобентоса на реках Дальнего Востока России весьма затруднен в связи с высоким видовым богатством водорослевых комплексов, сложностью подсчета составляющих видов, а также отсутствием доступного оборудования. Трудоемкий количественный учет численности и биомассы микрофитобентоса по общепринятым методикам (Biggs, 1988; Algal, 1996) был проведен Л.А. Медведевой (2001) на р. Кедровая в заповеднике Кедровая падь в рамках развиваемого нового подхода к речной экосистеме (Тиунова и др., 1996). Мы попытались найти альтернативную возможность менее трудоемкого подсчета численности и биомассы водорослей микрофитобентоса в модельной лососевой реке. В качестве эталона была выбрана р. Фроловка, расположенная на юге Приморского края. Видовой состав ее водорослей был описан ранее (Медведева, Никулина, 1989). Он содержал весьма сложные для подсчета виды, такие, например, как *Homoeothrix simplex* Woronich., в смеси с массой разнообразных диатомовых, зеленых, желтозеленых и золотистых водорослей.

© С.С. Баринаева, Л.А. Медведева, 2004

Поскольку методики количественного учета водорослей, разработанные ранее отечественными специалистами (например, И.А. Киселевым (1956) для планктона, Г.Д. Левадной (1986) для микрофитобентоса больших сибирских рек, К.С. Владимировой (1978) для микрофитобентоса Днепра и его водохранилищ), оказались непригодными для сообществ микрофитобентоса р. Фроловка, нами была разработана методика количественного учета, приемлемая для подсчета численности и биомассы микрофитобентоса дальневосточных предгорного типа рек. Она позволила решить две общие для всех альгологов проблемы – отсутствие доступных камер учета и трудность унификации подсчета для всех регионов из-за специфики видового состава водорослей в каждом из них.

Изготовление и использование камеры для количественного учета водорослей

Прототипом для нашей разработки послужила методика учета фитопланктона (Киселев, 1956) в камере Нажотта. Для подсчета водорослей создана камера типа камеры Нажотта глубиной 150 мкм и объемом 0,01 см³ с рядом параллельных меток на дне. Сделать ее можно в любой лаборатории самостоятельно. Для изготовления камеры берут покровное стекло, измеряют его толщину и рассчитывают диаметр отверстия в нем таким образом, чтобы объем изъятая стекла (равный объему будущей камеры) был равен 0,01 см³ (или более, в зависимости от региональных особенностей видового состава). Затем подбирают кусок тефлонового шланга такого же диаметра (внутреннего), вырезают из него два кольца и с их помощью делают отверстие в покровном стекле. Для этого ставят (в вытяжном шкафу) одно из тефлоновых колец, на него помещают покровное стекло, а сверху – второе тефлоновое кольцо так, чтобы края обоих колец совпали. Затем внутрь верхнего кольца капают несколько капель концентрированной плавиковой кислоты (HF) и оставляют на несколько часов для получения отверстия. Стекло с отверстием промывают в большом количестве воды и высушивают, затем подготавливают предметное стекло. На него способом налива наносят тонкий слой расплавленного воска (но не парафина) и с помощью линейки скальпелем или лезвием на воске делают параллельные риски так, чтобы лезвие достигало предметного стекла. Расстояние между параллельными рисками должно быть не больше ширины поля зрения микроскопа, на котором будут проводиться подсчеты. Затем на середину покрытого воском стекла с рисками капают плавиковую кислоту и оставляют в вытяжном шкафу на 2-3 мин, после чего стекло тщательно промывают водой и удаляют воск. Если под микроскопом все нанесенные риски хорошо видны, то вытертое насухо стекло готово для изготовления камеры. На предметное стекло с рисками наклеивают универсальным клеем (например, «Момент») покровное стекло с отверстием так, чтобы на риски внутри камеры клей не попал. Для этого смазывают тонким равномерным слоем клея только приклеиваемую поверхность покровного стекла и тщательно равномерно прижимают его к предметному стеклу. После высыхания клея камера готова для работы.

Материалом для исследования служили 8 количественных проб микрофитобентоса, собранных Т.В. Никулиной в июле 1986 г. по методике Л.А. Медведовой (1988) на 8 станциях, расположенных вдоль русла р. Фроловка. В каждой пробе объемом 100 мл содержался водорослевый слой с площадью 10 см².

По предлагаемой методике работа проводится с каждой пробой в отдельности. Сначала берут часть пробы в виде капли осадка и с помощью микроскопа определяют видовой состав, разделение на группы организмов для измерения и подсчета. Группы для подсчета выделяются таким образом, чтобы они соответствовали определенной форме геометрического тела. Так, например, для пробы со ст. 11 на р. Фроловка нами были выделены 22 размерные группы клеток, форма каждой из них была приравнена к определенному геометрическому телу. Это группы: два конуса – *Navicula viridula* (Kütz.) Ehr., *Synedra goulardii* Woronich. et Popova, *Encyonema silesiaca* (Bleisch. in Rabenh.) D.G. Mann in Round et al., *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr., *Cymbella tumida* (Bréb.) Van Heurck, *Closterium*; эллипсоид – *Cocconeis placentula* Ehr., *Phacus*; параллелепипед – *Diatoma hiemalis* (Roth) Heib., *Achnanthes minutissima* Kütz., *Fragilaria ulna* (Nitzsch.) L.-B.; конус – *Gomphonema*, *Meridion*, *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt; цилиндр – зеленые нитчатки, *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr.) Kütz., *Ulothrix tenerrima* Kütz., *Cladophora*, *Mougeotia*, *Homoeothrix simplex* Woronich. (нить), ножка *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt; шар – *Homoeothrix simplex* Woronich. (коккоидная масса).

Организмы или их части группировали по сходству формы и размеров для удобства подсчета, так как просчитываться должны фиксированные пробы, где многие организмы (например, диатомовые или синезеленые, образующие основную массу микрофитобентоса р. Фроловка) определить до вида в камере трудно. Поэтому результатом подсчетов в камере по предлагаемой методике могут быть численность и биомасса клеток по каждому отделу водорослей, а в отдельных случаях – по родам, как у К.А. Некрасовой и Е.А. Бусыгиной (1977), или по доминирующим видам.

После выделения счетно-объемных групп организмов делают промеры клеток (частей колонии, групп клеток), необходимые для вычисления объема тела, к которому приравнены организмы, отнесенные нами к этой группе. Промеров производится, по возможности, больше, обычно не менее 10 для каждого вида, а у редко встречающихся видов измеряют все встреченные экземпляры. Затем вычисляют среднее значение каждого параметра и по ним определяют средний объем клетки в каждой группе. При этом можно использовать таблицы объемов (Кузьмин, 1984).

У нитчатых синезеленых водорослей типа *Phormidium* и *Oscillatoria* измеряют ширину (диаметр) нити и вычисляют ее среднее значение. Суммарные объемы нитчатых организмов рассчитывают как объем цилиндра по сумме длин конкретных встреченных в камере фрагментов нитей (высота) и среднему значению диаметра. При расчете объема фрагментов *Homoeothrix* измеряют клетки коккоидной его части с последующим вычислением среднего объема и подсчетом клеток в камере. Встреченные при подсчете нитчатые фрагменты *Homoeothrix* визуальнo делают так, чтобы получить цилиндры разного диаметра и высоты, измеряют их размеры, а объемы всех фрагментов, встреченных в одной камере, определяют по сумме объемов измеренных цилиндрических частей. Редко встречаются отдельные нити *Calothrix*, у них делают промеры длины и диаметра и приравнивают к цилиндрическому или коническому геометрическому телу каждую нить или ее часть.

Особый предмет для обсуждения представляют собой ножки некоторых диатомовых, таких, например, как *Cymbella*, *Gomphonema* и, особенно, *Didymosphenia*. Биомасса их в пробе бывает довольно значительной. Левадная Г.Д. (1986), например, при

обильных обрастаниях *Didymosphenia* включает в биомассу все растения с ножками, а в численность – только клетки. По-видимому, в каждом конкретном случае необходимо оговаривать, вносится ли их биомасса в суммарную по пробе или нет.

После подготовительных расчетов приступают к подсчету микро-фитобентоса в камере. Пробу с площади 10 см^2 доводят до объема 100 мл и взбалтывают либо гомогенизируют путем пропускания воздуха через опущенную в пробу пипетку в течение 4-5 мин. Камеру заполняют капельно, накрывают покровным стеклом без пузырьков и оставляют для осаждения на несколько минут с контролем под микроскопом. Затем просчитывают организмы в соответствии с выделенными ранее счетно-объемными группами по полосам во всей камере, начиная с самой короткой из полос, при ориентации по разделительным линиям. Для достоверности подсчетов камеру заполняют и просчитывают не менее трех раз, при бедном микрофитобентосе число просчитываемых элементов (клеток, нитей, фрагментов нитей) должно превышать 300 (Кузьмин, 1975). Затем вычисляют среднюю численность и биомассу организмов каждой группы в одной камере и умножают на коэффициент $K = 1 \times 10^3$. При сборе с площадки 10 см^2 , объеме пробы 100 см^3 и объеме камеры $0,01 \text{ см}^3$ коэффициент K соответствует числу клеток на 1 см^2 . При других соотношениях площади отбора, объема пробы и объема камеры используют формулу для расчета численности клеток водорослей:

$$N = \frac{V_1 \times n}{V_2 \times s},$$

где N – число клеток водорослей в 1 см^2 ; V_1 – объем пробы; V_2 – объем камеры; s – площадь, с которой собрана проба; n – число клеток в 1 камере. Биомасса считается равной вычисленному объему, так как плотность организма d принимается равной 1 г/см^3 . Истинная биомасса микрофитобентоса, по-видимому, несколько выше, так как биомасса, определенная счетно-объемным методом, меньше массы, например, диатомовых водорослей примерно в 2-2,6 раза за счет слизи, не учитываемой при расчете биомассы, а также за счет большей плотности бентосных форм (Оксинок, Юрченко, 1971). Применение различных по сути методов при подсчете биомассы в каждой пробе, как, например, взвешивание нитчаток и счетно-объемное вычисление биомассы диатомовых, некорректно. А применение одного и того же метода для всей серии сравниваемых проб может выявить определенные закономерности в динамике сообществ водорослей.

Для вычисления количества клеток нитчатых синезеленых водорослей их биомассу, то есть объем, рассчитанный для каждой пробы, делят на объем клетки, который был вычислен предварительно. Численность *Homoethrix* составляется суммированием числа клеток коккоидной массы в камере и частного от деления биомассы (объема) цилиндрических фрагментов в той же камере на объем одной клетки нити, рассчитанный предварительно.

Предлагаемая методика дает возможность получить данные о численности и биомассе каждого отдела водорослей микрофитобентоса, а в некоторых случаях рода или вида на единицу площади субстрата. Это позволяет проследить не только динамику биомассы водорослей каждого отдела в сообществе по продольному профилю реки, но и рассчитать структурные характеристики сообщества в его динамике.

Результаты и обсуждение

Для примера приводим подробный расчет численности и биомассы водорослей микрофитобентоса р. Фроловка на станции 11 в пробе объемом 100 мл с площади 10 см². Последовательность расчета и его результаты представлены в табл. 1-4 и на рис. 1, 2.

Таблица 1. Средние показатели счетно-объемных групп организмов, выделенных на станции 11 р. Фроловка

Счетно-объемная группа	Условное название группы	Форма клеток	Число измерений	Средние размеры особей, мкм			Средний объем особи, мкм ³
				Длина	Ширина или диаметр	Толщина	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Encyonema silesiaca</i> (Bleisch. in Rabenh.)	Два конуса	13	27,5	10,37	-	768,89
2	<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patr.	Два конуса	10	64,75	7,25	-	884,89
3	<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	Эллипсоид	10	18,0	11,38	-	1212,16
4	<i>Diatoma hiemale</i> (Roth) Heib.	Параллелепипед	10	21,5	12,63	19,75	5363,01
5	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) L.-B.	Параллелепипед	10	213,95	11,38	11,13	27732,08
6	<i>Synedra gouldarii</i> Woronich. et Popova	Два конуса	10	53,75	10,33	-	1505,73
7	<i>Gomphonema, Meridion</i>	Конус	10	31,25	10,38	-	881,03
8	<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz.	Параллелепипед	10	14,0	4,75	4,75	315,88
9	Зеленые нитчатки	Цилиндр	10	12,5	13,38	-	1756,68
10	<i>Ulothrix zonata</i> (Web.) et Mohr.) Kütz.	Цилиндр	10	25,68	73,9	-	110091,43
11	<i>Ulothrix</i> sp. 1	Цилиндр	10	9,95	54,83	-	23481,68
12	<i>Ulothrix tenerrima</i> Kütz.	Цилиндр	10	14,75	17,5	-	3545,99
13	<i>Ulothrix</i> sp. 2	Цилиндр	10	7,75	22,5	-	3079,9
14	<i>Cladophora</i>	Цилиндр	5	44,0	13,0	-	5837,26
15	<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) Van Heurck	Два конуса	4	99,25	25,63	-	96933,5
16	<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.	Два конуса	2	52,5	11,25	-	2712,3
17	<i>Mougeotia</i>	Цилиндр	2	135,0	70,0	-	519277,5
18	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt	Конус	2	131,25	42,5	-	62033,39
19	<i>Closterium</i>	Два конуса	2	163,75	22,5	-	22211,72
20	<i>Phacus</i>	Эллипсоид	1	81,5	37,5	-	59596,87

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
21	<i>Notoethrix simplex</i> Woronich., нить	Цилиндр	10	1,8	2,5	-	44,66
22	<i>Notoethrix simplex</i> Woronich., коккоидная масса	Шар	10	-	5,62	-	558,8

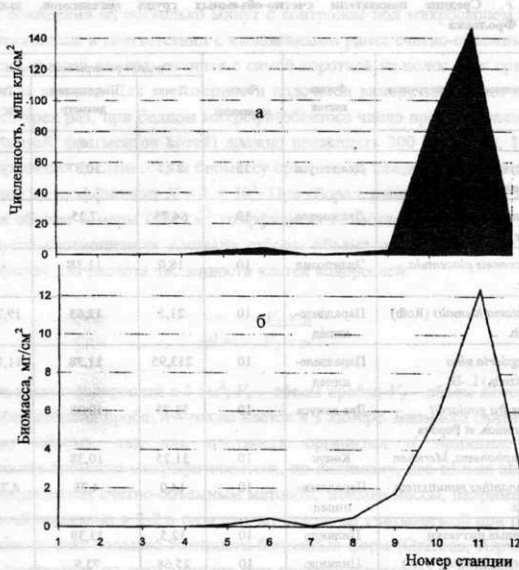


Рис. 1. Динамика численности (а) и биомассы (б) водорослей микрофитобентоса р. Фроловка по станциям.

Таблица 2. Численность и биомасса (в 1 см²) водорослей микрофитобентоса р. Фроловка на станции 11 по выделенным счетно-объемным группам организмов

Счетно-объемная группа	Среднее число экземпляров в 1 камере	Численность, кл	Биомасса, г
1	2412	2412×10^3	$1854,6 \times 10^{-6}$
2	104	104×10^3	$22,0 \times 10^{-6}$
3	40	40×10^3	$48,5 \times 10^{-6}$

Окончание табл. 2

1	2	3	4
4	70	70×10^3	$375,4 \times 10^{-6}$
5	156	156×10^3	$4326,2 \times 10^{-6}$
6	552	552×10^3	$831,2 \times 10^{-6}$
7	54	54×10^3	$47,6 \times 10^{-6}$
8	352	352×10^3	$111,2 \times 10^{-6}$
9	3,7	$3,7 \times 10^3$	$6,5 \times 10^{-6}$
10	2,3	$2,3 \times 10^3$	$253,2 \times 10^{-6}$
11	126	126×10^3	$2958,7 \times 10^{-6}$
12	113	113×10^3	$400,7 \times 10^{-6}$
13	4,3	$4,3 \times 10^3$	$13,2 \times 10^{-6}$
14	1,7	$1,7 \times 10^3$	$9,0 \times 10^{-6}$
15	0,7	$0,7 \times 10^3$	$67,9 \times 10^{-6}$
16	0,3	$0,3 \times 10^3$	$0,8 \times 10^{-6}$
17	0,6	$0,6 \times 10^3$	$51,9 \times 10^{-6}$
18	0,6	$0,6 \times 10^3$	$37,2 \times 10^{-6}$
19	0,3	$0,3 \times 10^3$	$6,6 \times 10^{-6}$
20	0,3	$0,3 \times 10^3$	$17,9 \times 10^{-6}$
21, 22	142474,4	$142474,4 \times 10^3$	$858,8 \times 10^{-6}$
Всего		$146468,2 \times 10^3$	$12370,0 \times 10^{-6}$

Таблица 3. Продольное распределение численности (млн кл/см³) водорослей микрофитобентоса р. Фроловка по станциям (5-12)

Отдел	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Cyanoprocaryota</i>	2,543	4,124	0,006	0,490	1,219	82,332	142,474	14,401
<i>Bacillariophyta</i>	0,052	0,008	0,028	0,206	0,916	1,981	3,741	1,540
<i>Chlorophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,874	0,211	0,251	0,008
<i>Chrysophyta</i>	0,0	0,001	0,0	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhodophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,067	0,0	0,0
<i>Euglenophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0
<i>Xanthophyta</i>	0,005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего	2,600	4,133	0,035	0,698	3,009	84,591	146,467	15,949

Таблица 4. Продольное распределение биомассы (мг/см³) водорослей микрофитобентоса р. Фроловка по станциям (5-12)

Отдел	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Cyanoprocaryota</i>	0,002	0,448	0,001	0,274	0,066	1,480	0,858	0,092
<i>Bacillariophyta</i>	0,118	0,001	0,059	0,230	1,109	3,997	7,792	2,501
<i>Chlorophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,591	0,261	3,700	0,271

Окончание табл. 4

Отдел	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Chrysoophyta</i>	0,0	0,001	0,0	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Rhodophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,138	0,0	0,0
<i>Euglenophyta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,017	0,0
<i>Xanthophyta</i>	0,009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего	0,130	0,450	0,059	0,504	1,767	5,877	12,370	2,865

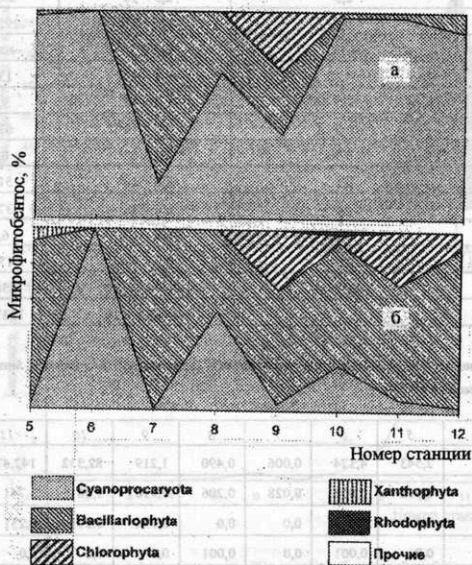


Рис. 2. Вклад численности клеток (а) и биомассы (б) водорослей из разных отделов в комплексах микрофитобентоса (%) на станциях р. Фроловка.

На первом этапе вычисляют средние объемы клеток в размерно-объемной группе (см. табл. 1). Затем просчитывают численность организмов каждой группы в камере и вычисляют среднее ее значение. После этого рассчитывают численность и биомассу организмов каждой группы и определяют суммарные их значения (см. табл. 2). Конечным результатом обработки количественных проб микрофитобентоса по предлагаемой методике может быть численность и биомасса водорослей по отделам на каждой из обследованных станций.

Для р. Фроловка продольное распределение численности и биомассы водорослей микрофитобентоса представлено в табл. 3, 4 и на рис. 1, 2. Из рис. 1 видно, что суммарная численность водорослей возрастает в нижнем течении на 10 и 11 станциях, а затем (в устье) снова падает. Аналогично изменяется и суммарная биомасса водорослей.

На рис. 2 показано соотношение отделов водорослей в комплексах микрофитобентоса реки. В верхнем и нижнем течении основу комплексов по численности составляют *Cyanoprocarvota*, в основном – *Homoeothrix simplex*. Только в среднем течении на ст. 7 и 8 преобладают *Bacillariophyta*, а на ст. 9 – *Chlorophyta*. По биомассе в верхнем течении основу комплексов составляют диатомовые, существенный вклад вносит *Didymosphenia*, которая на ст. 8 замещается мелкоклеточным *Meridion*, и поэтому биомассу в основном составляют *Cyanoprocarvota*. Ниже по течению роль диатомовых в объеме биомассы постепенно возрастает за счет *Navicula*, *Cymbella*, *Gomphonema* и др., заметную роль играют *Chlorophyta*, в основном *Ulothrix*. На нижней ст. 12 в устье на биомассу комплекса влияют развивающиеся в массе диатомеи, выдерживающие антропогенное загрязнение, такие как *Navicula viridula*. Это свидетельствует о том, что экосистема реки в нижнем течении подвержена существенному антропогенному воздействию, которое приводит к измельчанию клеток в популяциях водорослей (Барина, 2000) при одновременном уменьшении биомассы, что видно на примере динамики численности и биомассы доминирующего вида *Homoeothrix simplex*.

Заключение

Предлагаемая методика позволяет применять счетно-объемный метод оценки численности и биомассы водорослей микрофитобентоса на реках с учетом региональных особенностей видового состава и обилия водорослей. Применение данной методики и камеры возможно для количественных оценок водорослевых обрастаний на различных субстратах с плоской поверхностью. Построение счетной камеры доступно любому альгологу. Результаты подсчетов при необходимости могут быть легко переведены в общепринятые удельные количества водорослей на 1 м² поверхности дна реки.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Института эволюции университета Хайфы. Авторы выражают благодарность за помощь в осуществлении данной работы проф. Э. Нево и проф. С.П. Вассеру, а также Т.В. Никулиной за собранные образцы.

S.S. Barinova¹, L.A. Medvedeva²

¹International Center for Cryptogamic Plants and Fungi, Institute of Evolution, University of Haifa, Mount Carmel, 31905 Haifa, Israel

²Biological-Soil Institute, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 690022 Vladivostok, Russia

ON TECHNIQUE OF QUANTITATIVE ACCOUNT OF MICROPHYTOBENTHOS IN SMALL RIVERS OF RUSSIAN FAR EAST

The technique of quantitative account of microphytobenthos number and biomass using original record chamber is described. It was applied for account of multi species complex communities of foothill rivers of Far East. Recommendations concerning making of original microphytobenthos record chamber in the lab are given. Algorithm of calculation of microphytobenthos number and biomass is explained in detail using the facts. The technique adds to

original system of sampling and account of algae of the microphytobenthos, solves the problems of equipment and study of regional peculiarities of species composition. Results of the account allow to monitor the dynamics of number and biomass of algae from different divisions in the community through longitudinal profile of the river, and also to calculate structural features of communities of algae of the microphytobenthos in dynamics. Results of the account are presented with special reference to communities of algae of the Frolovka River (Primorsk Region).

Keywords: technique of account, microphytobenthos, number, biomass, record chamber, Russian Far East.

Барина С.С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей // Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М.: ВНИИ природы, 2000. – С. 4–59.

Владимирова Л.С. Фитомикробентос Днепра, его водохранилищ и Днепроовско-Бутского лимана. – Киев: Наукова думка, 1978. – 230 с.

Десяткин В.Г. Динамика развития альгофлоры обростаний в Рыбинском водохранилище // Флора и растительность водоемов бассейна Верхней Волги. – Рыбинск, 1979. – С. 78–108.

Киселев И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР – М.; Л., 1956. – Т. 4. – С. 183–265.

Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. – Магадан, 1984. – 47 с.

Левадная Г.Д. Микрофитобентос р. Енисей. – Новосибирск: Наука, 1986. – 263 с.

Медведева Л.А. Прибор для отбора количественных проб перифитона. – Опыт НИР, 666. – ПримЦИТИ, 1988. – 4 с.

Медведева Л.А. Некоторые данные о динамике численности и биомассы эпипитонных водорослей реки Кедровая // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леваидова. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 31–37.

Медведева Л.А., Никулина Т.В. Продольное распределение водорослей перифитона р. Фроловка // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО АН СССР. – 1989. – С. 142–158.

Некрасова К.А., Бусылина Е.А. Некоторые уточнения к методу количественного учета почвенных водорослей // Бот. журн. – 1977. – 62, № 2. – С. 214–222.

Оксик О.П., Юрченко В.В. О весе диатомовых водорослей // Гидробиол. журн. – 1971. – 7, № 3. – С. 116–119.

Тюнова Т.М., Тесленко В.А., Медведева Л.А., Кочарина С.Л. Новый методологический подход к изучению многовидовых сообществ бентосных организмов малой лососевой реки Дальнего Востока // VII съезд Гидробиологов РАН (Казань, 14–20 окт. 1996 г.): Мат. съезда. – Казань: Полиграф, 1996. – Т. 1. – С. 81–84.

Algal ecology: freshwater benthic ecosystems (R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R.L. Lowe, eds). Academ. Press: San Diego, ebc, 1996. – 753 p.

Biggs, B.J.F. Algal proliferations in New Zealand's shallow stony foothills-fed rivers: Toward a predictive model // Verh.-Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. – 1988. – 23. – P. 1405–1411.

Получена 01.04.02

Подписала в печать Н.П. Масков