

30. Reeders H. H., Bijole V. A. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): a new prospective for water quality management // *Hydrobiologia*. 1990. V. 200–201. P. 437–450.

31. Sprung M. Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). I. Shell growth and biomass // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1984 a. T. 17. P. 283–293.

32. Sprung M. Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). II. Food uptake // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1984 b. T. 17. P. 295–305.

33. Taguchi S., Ishii H. Shipboard experiments on respiration, excretion and grazing of *Calanus cristatus* and *C. plumchrus* (Copepoda) in the northern Pacific / In: *Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean* (A.Y. Takenouti, ed.). Tokyo: Idemitsu Shoten, 1972. P. 419–431.

34. Tedengren M., Andrй C., Johannesson K., Kautsky N. Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis* evaluated through reciprocal transplantations. III. Physiology // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1990. T. 59. P. 221–227.

*Полина Геннадьевна БЕЛЯЕВА —
Институт экологии и генетики
микроорганизмов УрО РАН,
Пермь, Россия*

УДК 582.2(571.6)

СТРУКТУРА ФИТОПЕРИФИТОНА И ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ В Р. СЫЛВА (БАССЕЙН КАМЫ)

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты альгологических исследований и оценена функциональная роль фитоперифитона в экосистеме предгорной реки Сылва — водотока Среднего Урала в бассейне Камы. Анализируются особенности структуры, сезонной динамики фитоперифитона на макрофитах и каменистых грунтах, процессов продукции органического вещества макрофитами и водорослями.

Data of algological studies in the submountain Sylva river are presented. The functional role of phytoperiphyton in ecosystem is estimated. Specific features in variations in the structural and seasonal dynamics of phytoperiphyton on macrorhytes and stony surfaces are analyzed as a whole with the organic matter production processes to be affected by macrophytes and algae.

В исследованиях речных экосистем в последние десятилетия должное внимание уделяется изучению перифитона и его функциональной роли во внутриводоемных процессах [1–4]. Однако сведения о фитоперифитоне водотоков бассейна Камы в литературе практически отсутствуют.

Цель данной работы — изучение видового состава, структуры и функциональной роли фитоперифитона предгорной р. Сылва.

Материалы и методы

Сылва берет начало в районе крайней западной гряды Среднего Урала на высотах около 350 метров над уровнем моря, имеет протяженность 500 км и впадает в Сылвенско-Чусовской залив Камского водохранилища [5, 6]. Ширина реки до 60–70 м, глубина — до 4 м, в среднем 1 метр. Сылва относится к рекам со средней минерализацией гидрокарбонатно-кальциевых вод с большим количеством сульфатов и характеризуется снеговым питанием и коротким периодом стока талых вод [5]. Характерными особенностями р. Сылва являются проточность, мелководность, зарастаемость мак-

рофитами (до 23,4% ее площади) и обилие каменистых грунтов (70%), при этом более глубокие участки — плесы чередуются с более мелкими — перекатами [7].

Альгологические материалы собраны в 2000, 2001 и 2003 г. С учетом гидробиологического режима станции были приурочены к наиболее типичным для среднего течения Сылвы биотопам: каменистым грунтам перекатов, слабозаиленным грунтам плеса, зарослям макрофитов. В условиях реки пробы отбирались и обрабатывались по общепринятым методикам, постоянные препараты приготавливали методом «холодного сжигания» в хромовой смеси [8, 9]. Биомассу водорослей определяли стандартным объемно-весовым методом [9, 10]. В 2003 г. для оценки интенсивности продукционно-деструкционных процессов в водоеме в расчете на 1 м² отбирали пробы перифитона с камней и макрофитов со стандартной площадки в 115 см².

Таксономическую принадлежность представителей различных групп пресноводных водорослей и макрофитов устанавливали по определителям и справочникам [11–17].

При оценке годовой продукции макрофитов в середине августа производили укосы растений с площади 0,25 м², очищали от взвеси эпифитона, обсушивали, разрезали на части и взвешивали. Сухой вес фитомассы устанавливали после высушивания в термостате при 105°C. Предварительно проводили картирование участка реки для определения площади, занятой макрофитами, каменистыми и заиленными грунтами.

Содержание хлорофилла «а» (Хл) в биомассе фитопланктона и фитоперифитона определяли с использованием стандартного спектрофотометрического метода для смешанного экстракта 96%-ным этанолом из свежесобранного материала [18]. Чтобы избежать завышения значений концентрации пигментов в эпифитоне (за счет смыва их с растений и извлечения из детрита), анализировали в основном альгологические обрастания полиэтиленовых пластин — моделей листьев макрофитов.

Валовую первичную продукцию и деструкцию органического вещества (ОВ) планктона и перифитона определяли кислородно-скляночным методом посредством анализа содержания растворенного в воде кислорода (по методу Винклера) до и после инкубации проб в светлых и темных склянках в течение 6 часов [19, 20].

Зная концентрацию хлорофилла и скорость первичной продукции ОВ, рассчитывали ассимиляционное число (САЧ, мг С/мг Хл) — показатель фотосинтетической активности фитопланктона и перифитона [19].

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что видовое разнообразие фитоперифитона достаточно велико. Обнаружено 256 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 4 отделам: *Bacillariophyta* — 169, *Chlorophyta* — 57, *Cyanophyta* — 29, *Chrysophyta* — 1 (табл. 1). Кроме типичных эпифитов, среди водорослей перифитона встречаются планктонные и бентосные формы. Так, в среднем течении р. Сылва более 50% видов — типичные обрастатели, около 30% — бентосные и 18% — планктонные.

Таблица 1

Таксономическая структура альгофлоры р. Сылвы

Отдел	Порядок	Семейство	Род	Вид	Таксоны, идентифицированные до рода	Общее число видов и внутривидовых таксонов
<i>Bacillariophyta</i>	5	16	27	134	3	169
<i>Chlorophyta</i>	5	9	19	54	5	57
<i>Cyanophyta</i>	3	9	12	25	2	29
<i>Chrysophyta</i>	1	1	1	1	1	1
Всего	14	35	59	214	11	256

Диатомовые водоросли в альгоценозах перифитона преобладают в течение всего года, но роль отдельных видов изменяется по сезонам. Являясь постоянным компонентом перифитонных сообществ Сылвы, они доминируют по численности и био-

массе во всех биотопах реки. Летом в перифитоне определяющую роль играют *Cocconeis placentula* Ehr., *Navicula viridula* (Kütz.) Ehr., *N. radiosa* Kütz., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Diatoma vulgare* var. *productum* Grun, *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchner, *Nitzschia acicularis* W. Sm. Осенью структура доминирования претерпевает изменения, и господствующее положение занимают другие виды – *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Amphora ovalis* Kütz., *Cymbella lanceolata* (Ehr.) V. H., *Fragilaria capuchina* Desm., *F. pinnata* Ehr., *Diatoma vulgare* Bory, *Gyrosigma acuminatum* (Kütz) Rabenh, *Achnanthes lanceolata*. Из зеленых преобладают *Closterium lunula* (O. Müll.) Nitzsch, *Cosmarium botrytis* Menegh., *Scenedesmus falcatus* Chodat, *S. quadricauda* (Turp) Breb, из синезеленых *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Oscillatoria agardhii* Gom., *Anabaena affinis* Limm, *Gloeocapsa minuta* (Kütz.) Hollerb., *Merismopedia glauca* (Ehr.) Näg. Максимальное количество видов в альгоценозах р. Сылва отмечается в период осенней межени [7]. Вероятно, увеличение видового разнообразия связано со снижением скорости течения и появлением илистого налета на камнях и макрофитах в результате осаждения взвешенного вещества.

Динамика фитоперифитона р. Сылва характеризуется ярко выраженной сезонностью. В вегетационный период биомасса водорослей на разных типах субстратов изменяется от 1 до 180 г/м², численность — от 76 до 58400 тыс. кл/м², характер изменений для водорослевых обрастаний различных типов субстратов не одинаков. В сообществах каменистых грунтов перекаатов прослеживались два пика биомассы: первый — в середине июня, второй, более выраженный — осенний — в сентябре–октябре (рис. 1). Величины пиков в отдельные сезоны различны и зависят от гидрометеорологических условий. В зимний период фитоперифитон беден, структура сообществ отличается низким видовым богатством, отсутствуют четко выраженные доминанты, наблюдается уменьшение биомассы и численности водорослей. Биомасса водорослей зимой в 2,5–3 раза ниже, чем осенью, а к весне в пробах фитоперифитона много мелких форм, готовящихся к размножению. В летний период вегетируют диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли с преобладанием диатомовых, структура сообществ — монодоминантна, преобладают 3–4 вида с большим преимуществом одного из них.

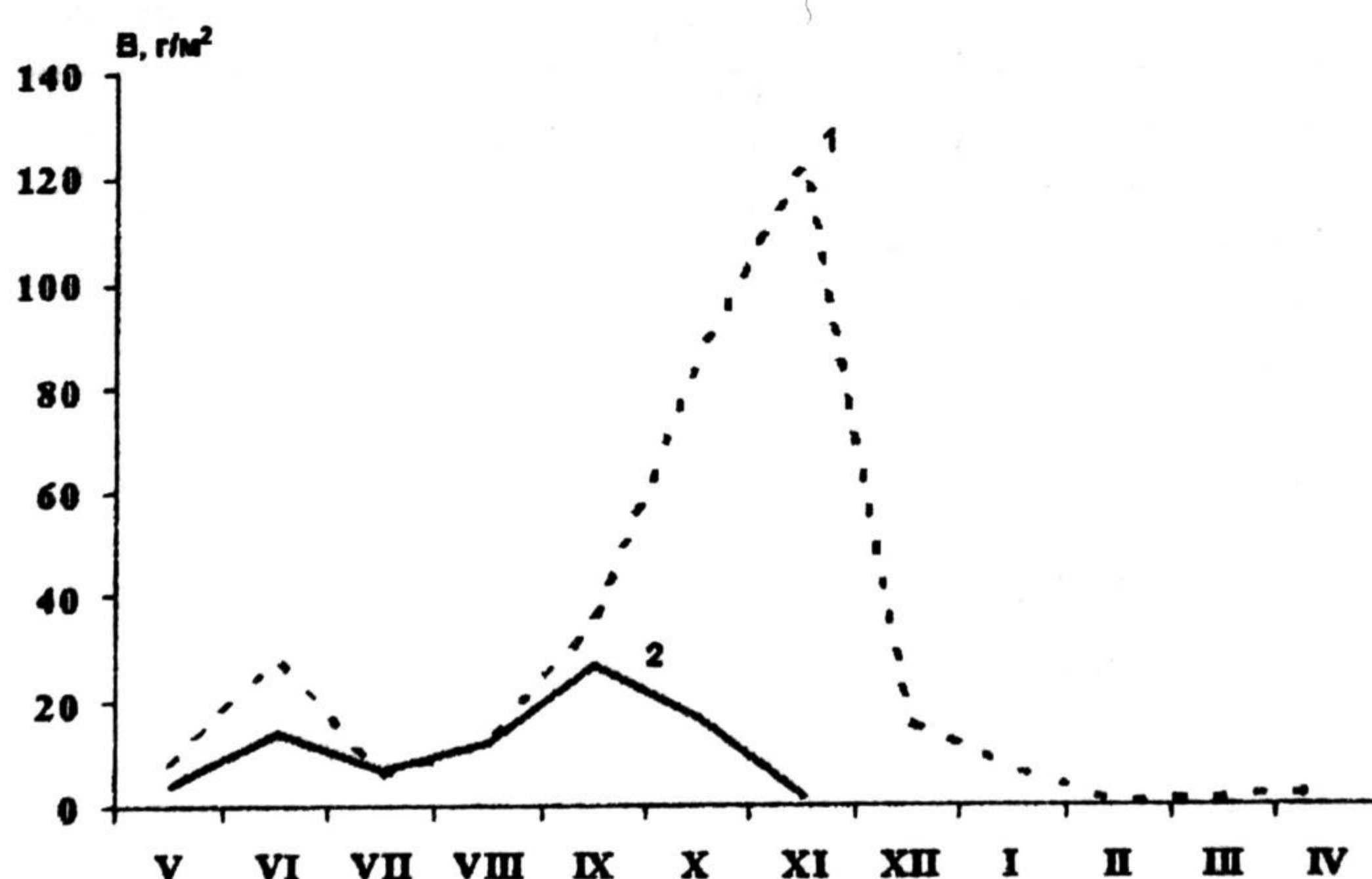


Рис. 1. Сезонная динамика биомассы фитоперифитона (B, г/м²) среднего течения р. Сылвы (2000–2001 гг.)

По оси ординат — значения биомассы, по оси абсцисс — месяцы

В сообществах на высшей водной растительности также отмечается два сезонных увеличения значений биомассы фитоперифитона, однако их величины ниже, и максимумы наступают с некоторым запозданием. После отмирания макрофитов (октябрь–ноябрь) образованные на них альгоценозы перестают существовать.

В фитопланктоне исследованного участка среднего течения реки Сылва нами за период исследований зарегистрировано 132 вида и формы водорослей. Средняя за вегетационный сезон биомасса фитопланктона среднего течения р. Сылва оказалась

равной 0,34–1,92 мг/л, численность — 2325 тыс. кл/л. Треть общей биомассы фитопланктона создают *Cyclotella Meneghiniana* Kütz., *Aulacosira granulata* (Ehr.) Sim., *Fragilaria capuchina* Desm., *N. rhynchocephala* Kütz., *Scenedesmus sempervirens* Chodat, *S. quadricauda* (Turp) Breb, среди других диатомовых водорослей также отмечены рода *Achnanthes*, *Gomphonema* и *Nitzschia*. Синезеленые водоросли представлены единичными экземплярами. Очевидно, что весомая часть фитопланктона образуется при естественном смыве перифитона в составе взвеси и с макрофитов и с каменистых грунтов, поэтому пространственную структуру и сезонную динамику фитопланктона р. Сылвы определяют аллохтонные виды и псевдопланктон.

Гидрофильная растительность на обследованном участке среднего течения р. Сылва занимает 23,4% его площади. Для Сылвы характерно массовое развитие рдестов, наиболее обычен из них рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.), образующий прерывистый пояс плотностью 2–160 растений на 1 м² с длиной стебля к августу до 3,0–3,5 м на каменистых перекатах и до 1,0–1,5 м вдоль берега. Реже встречаются рдесты пронзеннолистный (*P. perfoliatus* L.), злачный (*P. gramineus* L.) и гребенчатый (*P. pectinatus* L.). Рдесты создают почти 59% общей годовой продукции макрофитов (табл. 2). В составе сообществ рдестов обычна уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.). Вдоль берега реки, особенно в местах выхода родниковых вод, густые заросли образует широколистная частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.) В прибрежной зоне мозаичные заросли обычно формирует кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith.). Изрядно попадается хвощ приречный (*Equisetum fluviatile* L.) Местами густые заросли островного типа образует камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.). Остальные представители водных сосудистых растений встречаются единичными экземплярами.

Таблица 2

**Продукция высшей водной растительности
среднего течения р. Сылва (2003 г.)**

Формация	Площадь зарастания, % от S реки	Фитомасса, г/м ²		Годовая продукция, % от общей P
		сырая	сухая	
<i>Potamogeton lucens</i> L.	18,5	1643	432	58,6
<i>Nuphar lutea</i> L. Smith	1,8	18700	1260	17,0
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	0,8	22620	2110	12,4
<i>Scirpus lacustris</i> L.	0,3	15740	2880	6,3
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	1,7	2540	407	5,1
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	0,3	1434	276	0,6
Всего	23,4	2943	582	100,0

Первичная продукция и деструкция ОВ, измеренные кислородным методом, показывают заметные различия в их соотношении в планктоне и перифитоне (рис. 2). В планктоне Сылвы в процессе фотосинтеза обычно выделяется меньше кислорода (0,33–0,44 мг О₂/л в сутки), чем потребляется в темноте при деструкции ОВ (0,57–0,73 мг О₂/л в сутки). Явное преобладание процессов деструкции в планктоне (P/R = 0,6) позволяет заключить, что самоочищение речных вод от органических и загрязняющих веществ происходит достаточно эффективно. В эпифитоне P/R-коэффициент приближается к 1 (P = 1,3–2,0; R = 1,4–2,2 г О₂/м² в сутки), но в эпипитоне он превышает 1 (P = 1,3–2,4; R = 1,2–2,2 г О₂/м² в сутки). Однако эпипитон со временем тоже разрушается, отделяется от твердого субстрата, переносится речным потоком и оседает в низовьях реки или в Камском водохранилище. Поэтому самозагрязнения каменистого ложа среднего течения предгорной реки из-за повышенной аккумулирующей способности эпипитона не происходит. По максимальным показателям валовой первичной продукции исследованный участок реки можно отнести к мезотрофному типу.

Содержание хлорофилла «а» (0,25 – 0,28 % в сырой биомассе водорослей), суточное ассимиляционное число (14–17 мг С/мг Хл) и Р/В коэффициент (0,35 – 0,48 сут⁻¹) довольно близки у фитопланктона и альгообрастаний (рис. 2). Причем процентное содержание Хл в перифитоне Сылвы практически совпадает с таковым в реках Карелии [3]. САЧ порядка 15–30 представляет собой обычное явление для фитопланктона пресноводных водоемов разного типа трофности [19–21]. Сравнительно низкие значения САЧ, полученные для перифитона р. Сылва (14–15 мг С/мг Хл), по-видимому, связаны со значительным содержанием детрита в составе альгообрастаний.

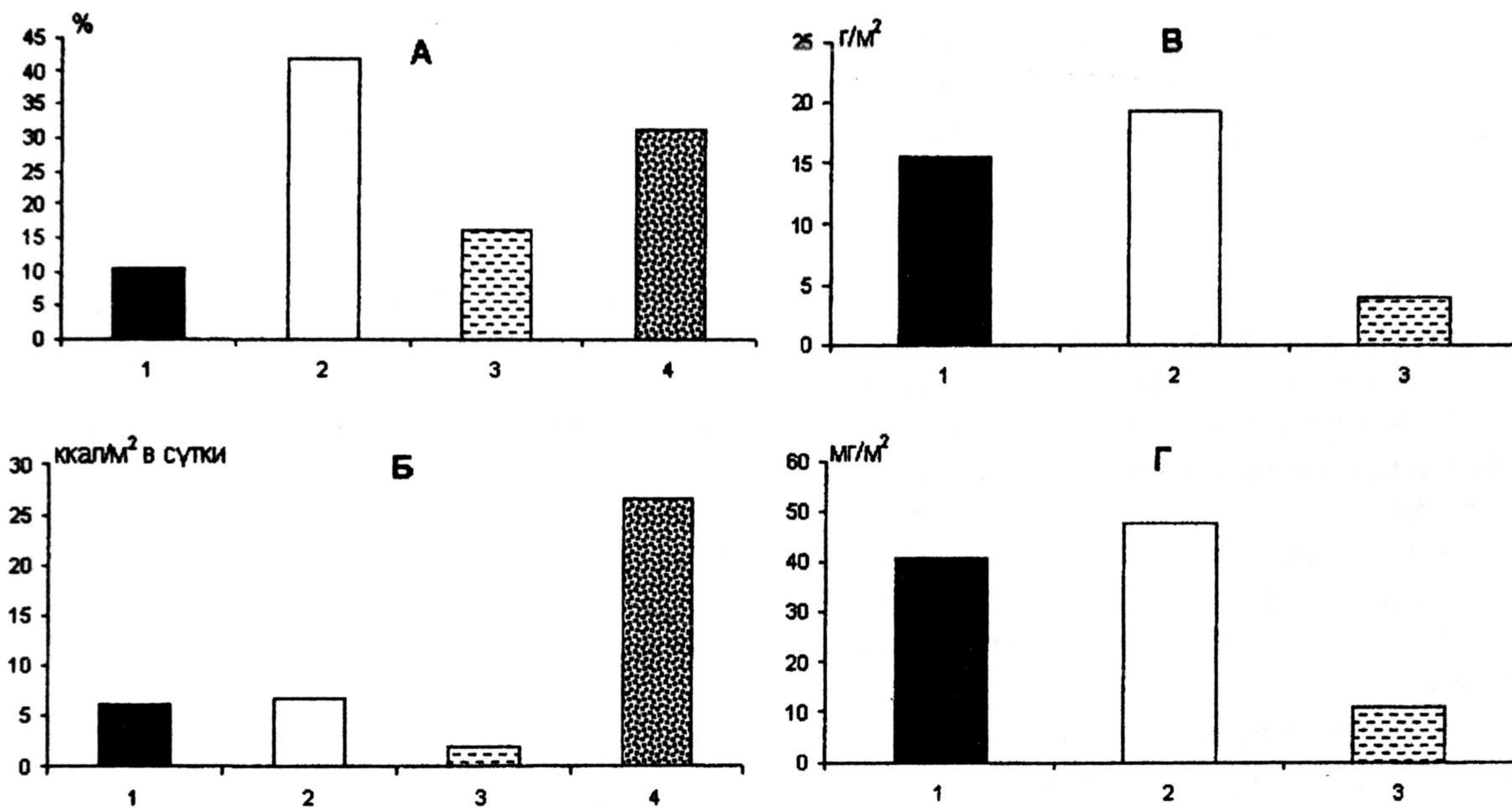


Рис. 2. Количественные характеристики водорослей перифитона, планктона и макрофитов среднего течения р. Сылвы

По оси ординат: А — вклад продуцента в общую продукцию; Б — продукция на площади под продуцентом; В — биомасса; Г — содержание Хл в биомассе.
 1 — перифитон на макрофитах; 2 — перифитон каменистых грунтов; 3 — фитопланктон; 4 — макрофиты.

Суммарная первичная продукция ОВ, создаваемая макрофитами, фитоперифитонном и фитопланктоном, за 184 сут вегетационного сезона 2003 г. составила 2094 ккал/м², что характеризует среднее течение р. Сылва как водоем мезотрофно-эвтрофного типа. Ведущее положение в самоочищении и биопродуктивности реки принадлежит перифитону.

Выводы

В фитоперифитоне р. Сылва идентифицировано 256 видовых и внутривидовых таксонов водорослей из 4-х отделов: *Bacillariophyta* — 169, *Chlorophyta* — 57, *Cyanophyta* — 29, *Chrysophyta* — 1. Водоросли относились к 59 родам, 35 семействам, 14 порядкам.

Наибольший вклад в биомассу фитоперифитона среднего течения р. Сылвы вносят диатомовые водоросли (*Navicula viridula* (Kütz.) Ehr., *N. radiosa* Kütz., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Diatoma vulgare* var. *productum* Grun, *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Amphora ovalis* Kütz., *Cymbella lanceolata* (Ehr.) V. H., *Fragilaria capuchina* Desm.). Биомасса водорослей на разных типах субстратов изменяется от 1 до 180 г/м², численность их находится в пределах от 76 до 58400 тыс. кл/м².

Сезонные изменения в альгоценозах проявляются в вариациях видовой структуры: кроме диатомовых, вегетирующих весь год, в летний период в альгофлоре присутствуют зеленые и синезеленые водоросли. Сезонная динамика численности и био-

массы фитоперифитона р. Сылва характеризуется двухвершинной кривой с максимумом в осенний период.

По максимальным показателям валовой первичной продукции исследованный участок реки можно отнести к мезотрофным, а годовые величины первичной продукции ОВ характеризуют среднее течение р. Сылва как водоем мезотрофно-эвтрофного типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-04-96067) и в рамках проектов, финансируемых УрО РАН по приоритетным направлениям фундаментальных исследований (программа президиума РАН: Физико-химическая биология) и выполняемых совместно с учеными СО РАН в 2003–2004 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведева Л. А., Сиротских С. Е. Продукционные характеристики водорослей перифитона р. Кедровая (Приморье) // Биогеохимические и гидроэкологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 63–76
2. Комулайнен С. Ф. Формирование и функционирование фитоперифитона в реках. Оперативно-информационные материалы. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. 50 с.
3. Комулайнен С. Ф. Формирование структуры фитоперифитона рек Карелии // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб, 2002. 23 с.
4. Angradi T. R., Kubly D. M. Regulated Rivers // *Research & Management*. 1993. V. 8. № 4. P. 345–358.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидробиологические характеристики, Т. 11. Средний Урал и Предуралье. Вып. 1. Кама. Л., 1972. 650 с.
6. Комлев А., Черных Е. Реки Пермской области. Пермь, 1984. 214 с.
7. Беляева П. Г. Фитоперифитон предгорной реки Сылва (бассейн Камы) // Бот. журн. 2004. Т. 89. № 3. С. 101–115.
8. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 239 с.
9. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
10. Девяткин В. Г. Динамика развития альгофлоры обрастаний в Рыбинском водохранилище // Флора и растительность водоемов бассейна верхней Волги. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод АН СССР, 1979. С. 78–108.
11. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1953. Вып. 2. 652 с.
12. Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Диатомовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1954. Вып. 6. 212 с.
13. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Л., 1981. 187 с.
14. Паламарь-Мордвинцева Г. М. Зеленые водоросли. Класс конъюгаты, порядок десмидиевые: *Conjugatophyceae*, *Desmidiales* (2) // Определитель пресноводных водорослей СССР. Л., 1982. Вып. 11 (2). 624 с.
15. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
16. Komarek J., Fott B. *Chlorophyceae* (Cruenlagen), Ordnung: *Chlorococcales* // *Die Binnengewasser Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung [Nägele und Obermiller], 1983. Bd. 16. Das Phytoplankton des Susswassers. Systematik und Biologie. T. 7. H. 1. 1044 s.
17. Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae* // *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1986. Bd. 2/1. 876 s.; 1988. Bd. 2/2. 596 s.; 1991. Bd. 2/3. 576 s.; 1991. Bd. 2/4. 473 s.
18. Сигарева Л. Е. Спектофотометрический метод определения пигментов фитопланктона в смешанном экстракте // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. С. 75–85.

19. Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука, 1983. 150 с.
20. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 156 с.
21. Протасов А. А. Пресноводный перифитон. Киев: Наук. думка, 1994. 308 с.

Анатолий Валентинович ВИНОГРАДОВ —
биолого-химический факультет,
Самарский государственный
педагогический университет,
Самара, Россия

УДК 574.586 (571.1)

МШАНКИ (BRYOZOA) КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

АННОТАЦИЯ. Фауна мшанок континентальных водоемов Западной Сибири включает следующие виды: *Fredericella sultana*, *Plumatella fruticosa*, *P. repens*, *P. fungosa*, *P. emarginata*, *Hyalinella punctata*, *Cristatella mucedo*, *Paludicella articulata* (North of Region — Lower Ob river Province) and *Fredericella sultana*, *Plumatella casmiana*, *P. repens*, *P. fungosa*, *P. coralloides*, *P. emarginata*, *H. punctata*, *C. mucedo*, *Pal. articulata* (юг области — Иртышская провинция).

Bryozoan fauna of continental water bodies of West Siberia includes the following species: Fredericella sultana, Plumatella fruticosa, P. repens, P. fungosa, P. emarginata, Hyalinella punctata, Cristatella mucedo, Paludicella articulata (north of the region — the Lower Ob river Province) and Fredericella sultana, Plumatella casmiana, P. repens, P. fungosa, P. coralloides, P. emarginata, H. punctata, C. mucedo, Pal. articulata (south of the region — the Irtysh river Province).

Я. И. Старобогатов [1] разработал зоогеографию континентальных водоемов мира, которая, естественно, не совпадает с зоогеографией суши, и выделил 9 зоогеографических, или биогеографических, областей, а также их подразделения — подобласти, содержащие провинции. Рассмотрим фауну мшанок континентальных водоемов Западной Сибири по выделенным Я. И. Старобогатовым [1] биогеографическим подразделениям.

Палеарктическая область. Европейско-Сибирская подобласть.

Включает водоемы Европы, Урала, Западной и Средней Сибири на восток до бассейна р. Енисей. Южная граница проходит через оз. Балхаш и горные районы Центральной Азии. Основная часть Палеарктики. 18 провинций.

Нижнеобская провинция. Включает среднее и нижнее течение бассейна р. Обь, без бассейна р. Иртыш. В гидробиоте отмечены эндемики. Соответствует части Северной и Арктической лимнобиологических областей [2].

Мшанки отмечались в материковых озерах Гыданского полуострова, при этом были изучены озера Ямбу-то, Хасейн-то, Хуче-то и Периптаве-то, достигающие 25–42 м глубины; это олиготрофные или мезотрофные озера Гыданской тундры, находящиеся между 70°55' и 71°30' северной широты и между 78°50' и 80°30' восточной долготы [3, 4]. В различных пресноводных водоемах отмечены *Fredericella sultana*,