

29. Oleksowicz A. Interactions among algal communities in three lakes of the Tuchola Forests area (Northern Poland) // Arch. Hydrobiol. 1982. Suppl. 63. № 1. P. 77–90.
30. Raspopov I. M. Vegetation der grossen seichten Seen in Nordwesten der UdSSR und ihre Production // Arch. Hydrobiol. 1979. V. 86. P. 242–253.
31. Rodriguez M. Estimating periphyton growth parameters using simple models // Limnol. Oceanogr. 1987. V. 32. № 2. P. 458–464.
32. Sand-Jensen K., Borum, J. Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries // Aquat. Bot. 1991. V. 41. P. 137–175.
33. Vadeboncoeur Y., Steinman A. D. Periphyton Function in Lake Ecosystems // The Scientific World J. 2002. V. 2. P. 1499–1468.
34. Vadeboncoeur Y., Jeppesen E., Vander Zanden M. J. et al. From Greenland to green lakes: Cultural eutrophication and the loss of benthic pathways in lakes // Limnol. Oceanogr. – 2003. V. 48. № 4. P. 1408–1418.
35. Wetzel R. G. A comparative study on the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton, and phytoplankton in a large, shallow lake // Int. Revue ges. Hydrobiol. 1964. V. 49. P. 1–61.
36. Wetzel R. G. Limnology. 2nd Edition. Saunders College Publishing, Philadelphia, 1983. 858 p.
37. Wetzel R. G., Rich P. N., Miller M. C., Allen H. L. Metabolism of dissolved and particulate detrital carbon in a temperate hard-water lake // Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 1972. Suppl. 29. P. 185–243.

*Любовь Анатольевна МЕДВЕДЕВА —
Биолого-почвенный институт
Дальневосточного отделения РАН,
Владивосток, Россия*

УДК 582.2(571.6)

ВЛИЯНИЕ ПАВОДКОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССУ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕРИФИТОНА МАЛОЙ ЛОСОСЕВОЙ РЕКИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)*

АННОТАЦИЯ. Впервые получены данные о значениях численности и биомассы водорослей перифитона лосося реки. Гидрологический режим является основным фактором, регулирующим развитие водорослей. В муссонном климате циклы нарастания и уменьшения биомассы чередуются в зависимости от частоты паводков. Максимальные значения плотности и биомассы водорослей наблюдаются в межпаводковый период.

For the first time quantitative data on the density and the biomass of the periphyton algae in salmon river are received. The hydrological regime is the most important factor influenced algae. In rivers of monsoon climate regions, cycles of increase and reduction of biomass depend on flood frequency. The maximum algal density and biomass are at the average discharge period.

Введение

В экосистемах лосося рек первичная автохтонная продукция создается водорослями перифитона или эпипитонными водорослями.

В крупных работах, посвященных экологии пресноводных водорослей [1–5], обсуждались вопросы распределения водорослей в зависимости от ряда факторов окружающей среды. Однако считается, что паводковый режим является основным фактором, определяющим развитие бентосных водорослей [5]. Частота и интенсивность

*Работа выполнена при финансовой поддержке по гранту ДВО РАН «Функционирование речных экосистем в условиях муссонного климата».

наводнений оказывают влияние и на другие факторы, важные для колонизации водорослей и их роста: видовой состав, концентрацию биогенов, прозрачность воды, скорость потока воды, размеры и устойчивость субстрата, плотность беспозвоночных, насекомых. Даже при наличии других потенциально положительных внешних факторов частые паводки могут ограничивать нарастание биомассы и удерживать ее на постоянном относительно невысоком уровне.

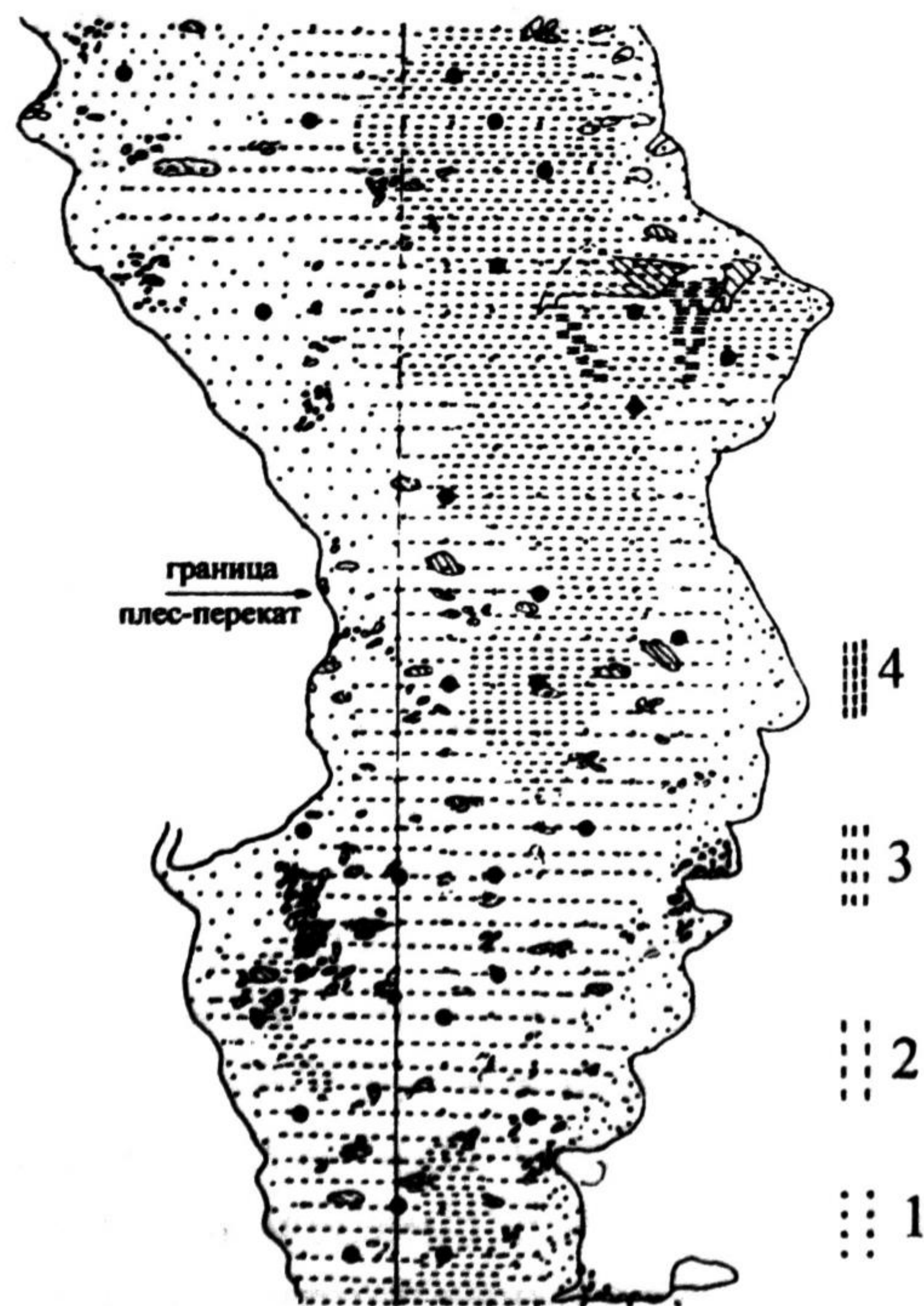
Скорость течения выступает не только (и не столько) как непосредственно действующий физический фактор, но и косвенно, определяя перераспределение рыхлых осадков и обуславливая более или менее продолжительное существование свободных от наносов твердых субстратов. Течение воды оказывает непосредственное механическое давление на организмы, обеспечивает постоянный приток кислорода, пищи, удаление метаболитов. Кроме того, оно перемещает влекомые наносы: твердые частицы различного размера могут оказывать при движении неблагоприятные механические воздействия. От течения зависит и собственно механическая стабильность самого субстрата.

В России и странах СНГ изучению водорослей обрастаний пресных водоемов (перифитон, эпицитон, эпифитон и др.) посвящено довольно большое количество работ, однако чаще всего авторы описывают сукцессию видовой состава; лишь в немногих из них имеются данные по биомассе и еще реже — по численности водорослей [6–12].

Наша работа является частью нового подхода к исследованию речной системы, разрабатываемого группой коллег под руководством д. б. н. Т. М. Тиуновой [13, 14]. Сочетание количественного анализа сообществ бентосных организмов с методом картирования впервые позволило составить карты микрораспределения водных животных и водорослей на исследуемом участке, получить количественные данные о пространственных и временных изменениях многовидового сообщества лососевой реки.

Природные условия района исследований

Р. Кедровая является одной из типичных предгорных рек Приморского края. Грунт состоит из камней и гальки различного размера. Скорости течения от 0,13 до 1,02 м/сек, глубина от 10 до 40 см, температура воды в период исследований колебалась от 6,7 до 14,0°C. Муссонный климат приводит к частым паводкам. Отмечены значительные колебания уровня воды: от 50 до 210 см.



9 мая

Рис. Карта-схема экспериментального участка р. Кедровая

Точками обозначены места отбора проб зообентоса и эпицитона.

Глубины:

1 — от 0 до 10 см, 2 — от 11 до 20 см, 3 — от 21 до 40 см, 4 — более 40 см.

Материал и методы исследования

Сбор материала проводился с апреля по сентябрь 1993 г. на участке «плес-перекат» р. Кедровая (заповедник «Кедровая падь», Приморский край). В качестве структурного элемента речной системы был взят участок «плес-перекат». Длина его составляла 60 м, ширина — от 6 до 15 м. Участок был оконтурен натянутыми веревками. Отбор проб производился в среднем с периодичностью два раза в месяц. Каждый раз производились описание участка, измерение глубины, температуры, направления и скорости течения воды в каждой точке пересечения сетки, рисовалась карта участка (рис. 1). Из камней, взятых бентометром конструкции В. Я. Леванидова, один использовался для взятия пробы водорослей. Водоросли счищались щеткой в определенный объем воды. Площадь камней вычислялась по их проекции. Подсчет численности водорослей проводился с помощью счетной камеры собственной конструкции. Биомасса водорослей вычислялась на основании средних объемов клеток. При микроскопировании материала одновременно с выявлением видового состава были вычислены численность каждого вида водорослей в 1 млн. кл./м² и чистая его биомасса в г/м².

Результаты исследования

В условиях быстро текущих холодноводных горных и предгорных рек Дальнего Востока в эпилимне преобладают диатомовые водоросли из класса *Pennatophyceae*. Все они имеют морфологические приспособления к обитанию в потоке воды. На обследованном участке р. Кедровая видовой состав водорослей как на плесе, так и на перекате был практически одинаков. Наиболее разнообразными и многочисленными были реофильные диатомовые водоросли: *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Bréb., *G. angustatum* (Kütz.) Rabh., *Cymbella minuta* Hilse ex Rabh., *C. silesiaca* Bleisch, *C. turgidula* Grun., *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Achnanthes minutissima* Kütz. Из других отделов заметную роль играли: *Homoeothrix simplex* Woronich. из синезеленых, *Hydrurus foetidus* Kirchn. из золотистых и *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr.) Kütz. из зеленых водорослей. Видовой состав водорослей с апреля по ноябрь практически не менялся, хотя в некоторые периоды отдельные виды выходили на уровень доминантов.

Количественные показатели эпилимна, полученные нами для определенных периодов времени, являются конечным результатом влияния предшествующих событий, условий и факторов. Естественно, что стабильные условия в русле реки в течение некоторого периода времени приводят к заметному увеличению количества водорослей, а периоды паводков, в зависимости от их силы и продолжительности, снижают показатели численности и биомассы водорослей.

В таблице 1 приведены характеристики состояния руслового потока и данные уровня воды, предшествующие моменту взятия проб, расход воды в момент взятия пробы, а также средние значения численности и биомассы водорослей отдельно на плесе и перекате.

В апреле, практически сразу после схода льда и небольшого весеннего повышения уровня воды, отмечены минимальные значения численности и биомассы водорослей: 2452 – 4239 млн. кл. / м² и 0,6 – 2,0 г / м² соответственно для переката и плеса. Далее, относительно продолжительное и стабильное состояние руслового потока в течение мая приводит к постепенному и довольно значительному росту средних значений численности и биомассы водорослей. Максимум численности наблюдается в первой половине июня (до 1258998 млн. кл./ м² на перекате и 1685745 млн. кл./ м² на плесе), даже несмотря на некоторое повышение уровня воды. Пик численности объясняется тем, что в этот период в обрастаниях преобладала синезеленая водоросль *Homoeothrix simplex*. Этот вид представляет собой небольшие кустики, в основании которых развивается хроококковая масса. Диаметр нити *Homoeothrix* около 1,5 мкм.

Таким образом, давая огромные показатели численности, из-за своей незначительной массы этот вид не играет большой роли в сложении общей биомассы. Биомасса водорослей в этот период продолжала расти, и ее пики наблюдались в конце июня и середине июля (59,7 и 38,7 г/м² для переката и 83,6 и 89,5 г/м² для плеса), не совпадая, однако, с пиками численности. По-видимому, высокие значения биомассы в эти периоды можно объяснить массовым развитием крупноклеточных форм диатомовых водорослей *Cymbella silesiaca* и *C. turgidula*. Затем, после довольно продолжительного паводка, прошедшего в конце июля — начале августа, в начале месяца зарегистрировано значительное падение всех количественных показателей. Идущий следом тайфун «Робин», после прохождения которого наблюдался высокий уровень воды (около 100–180 см в течение 10 дней), привел к дальнейшему уменьшению биомассы до 8,1 и 12,3 г/м². Хотя нужно отметить, что численность водорослей при этом несколько возросла, опять же из-за мелкоклеточной синезеленой водоросли *Homoeothrix simplex*. В начале сентября, в период некоторой стабильности уровня воды, продолжала нарастать численность водорослей, а вот значения биомассы практически не увеличились. В конце сентября произошел резкий кратковременный подъем уровня воды, достигающий отметки 210 см. Этот паводок оставил на прежнем низком уровне численность (348814 – 200098 млн. кл./м²) и биомассу водорослей (11,4–14,3 г/м²). Затем до ноября наблюдался длительный беспаводковый период, в результате которого численность и биомасса водорослей как на плесе, так и на перекате резко выросли, достигая значений июня. Незначительный подъем уровня воды в конце ноября практически не изменил показатели численности водорослей, а вот их биомасса после этого даже увеличилась до 64,5 и 68,7 г/м².

Таблица 1

Гидрологические условия р. Кедровая
и средние значения численности и биомассы водорослей

Дата	Предшествующее состояние реки	Уровень воды, см	Расход воды, м ³ /сек	Средняя численность, млн. кл./м ²		Средняя биомасса, г/м ²	
				Перекат	Плес	Перекат	Плес
24 April	вскрытие льда, слабый весенний паводок	56–78	0,885	2452,0	4239	0,6	2,0
9 May	стабильность	67–69	0,530	40437,0	74533	2,2	5,6
25 May	стабильность	63–67	0,340	536397,0	686951	5,0	16,4
10 June	незначительный подъем уровня	60–87	0,980	1258998,0	1685745	12,7	45,3
28 June	паводок	75–105	2,140	297317,0	236438	59,7	83,6
18 July	паводок	68–106	2,550	265307,0	314470	38,7	89,5
3 Aug	сильный паводок	84–104	2,850	193570,0	267488	15,8	13,3
22 Aug	тайфун Робин в течение 10 дней	100–180	2,370	284564,0	349079	8,1	12,3
9 Sept	стабильность	65–70	0,390	350849,0	414063	10,6	14,2
8 Oct	кратковременный сильный паводок	103–210	0,570	348814,0	200098	11,4	14,3
24 Oct	относительная стабильность	64–88	0,410	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
7 Nov	относительная стабильность	63–88	0,770	998988,0	768724	44,9	49,7
24 Nov	небольшой подъем уровня	66–96	0,910	905065,5	736045	64,5	68,7

Также нужно отметить, что в таблице 1 приведены средние показатели численности и биомассы водорослей, а в целом эти показатели на плесе и перекате реки характеризуются еще большей дифференцированностью.

Данные о минимальных и максимальных значениях численности и биомассе эпиэлитонных водорослей на экспериментальном участке в период с апреля по ноября приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Минимальные и максимальные значения численности водорослей, млн. кл./м²

Серия	Пережат		Плес	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
APR 24	691	4611	1838	8854
MAY 9	1118	415899	1009	465605
MAY 24	10750	1762000	50800	2213000
JUN 10	179300	6719000	411375	3841040
JUN 28	24455	840508	67329	584474
JUL 18	60229	495984	65592	625690
AUG 3	15662	7374	540831	488613
AUG 23	82060	634494	120132	821370
SEPT 9	61504	698255	37847	1105200
OCT 8	70309	1079349	34486	434288
NOV 8	284672	2099405	362297	1325.331
NOV 25	36400	1611300	239897	1752.336

Таблица 3

Минимальные и максимальные значения биомассы водорослей, г/м²

Серия	Пережат		Плес	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
APR 24	0,1	1,2	0,5	5,4
MAY 9	0,1	7,0	0,3	17,0
MAY 24	0,2	14,8	1,7	80,7
JUN 10	4,3	55,1	12,8	92,1
JUN 28	3,6	474,3	18,2	308,7
JUL 18	1,6	165,4	11,2	238,7
AUG 3	2,2	92,8	2,9	32,6
AUG 23	1,7	22,0	3,3	44,3
SEPT 9	1,8	20,5	2,5	28,8
OCT 8	2,3	26,6	3,8	51,7
NOV 8	10,5	84,7	21,8	143,5

На протяжении всего участка и численность, и биомасса водорослей характеризуются сильными перепадами значений, особенно в летнее время. Пятнистость распределения водорослей зависит от многих факторов, которые можно назвать микрогидрологическими: размер камня, его положение относительно потока воды, скорость течения, устойчивость субстрата, а также освещенность.

По нашим данным, все показатели: минимальные, максимальные и средние значения численности и биомассы водорослей, в целом на плесе выше, чем на пережате (табл. 1–3). По-видимому, сообщества водорослей в этих местообитаниях меньше нарушаются паводковыми водами, чем на пережатах. После подъема воды сообщества водорослей на плесе, по-видимому, восстанавливаются быстрее, так как здесь быстрее снижается скорость течения.

В водотоках, подверженных влиянию сезонных осадков, циклы нарастания и уменьшения биомассы чередуются в зависимости от частоты паводков. Продолжительные периоды стабильности уровня воды между паводками способствуют накоплению биомассы. Однако не каждое наводнение приводит к тотальному уменьшению биомассы. На обследованном участке реки невысокие подъемы воды (середина апреля, вторая половина июня, середина и конец июля) от 80 до 106 см не оказывают угнетающего влияния на численность и биомассу водорослей, что подтверждается пиками численности и биомассы в летнее время. Катастрофические августовские паводки с подъемом воды до 180 см, длившиеся с 9 по 21 августа, и сентябрьский подъем воды до 210 см привели к почти полному смыву водорослей. После такого мощного стрессового паводка резко упавшие показатели численности и биомассы водорослей медленно восстанавливались. Нужно отметить, что, по-видимому, сначала идет увеличение численности мелкоклеточных форм, являющихся первыми

поселенцами на очищенных паводком камнях, а затем появляются более крупные диатомеи и идет нарастание биомассы.

Даже при высоких, но более или менее стабильных скоростях сообщества водорослей находятся в относительно равновесном, устойчивом состоянии. Однако экстремальное повышение скорости потока, происходящее во время наводнения, приводит к механическому перемешиванию подвижного грунта в ложе реки. Взвешенные частицы русловых отложений, поднятые потоком, соскабливают водорослевые пленки с камней, приводя к значительному снижению численности и биомассы водорослей перифитона. Поэтому чаще всего рост водорослевых пленок ограничен временем между паводками, а общая биомасса зависит от количества последовательных свободных от наводнения дней.

Отмечено, однако, что в обследованной реке Кедровая в маловодные годы при длительной стабильности уровня воды и в периоды его падения (чаще всего весной или осенью) водорослевые пленки развиваются в таких огромных количествах, что это приводит к полному зарастанию русла реки водорослями, особенно по берегам реки, на участках с глубиной 3–8 см. Наблюдалось, что такие явления иногда приводят к уменьшению растворенного кислорода и появлению неприятного запаха. Устранить подобные явления и очистить русло могут только паводки.

Выводы

Получены данные о значениях численности и биомассы водорослей на участке реки «плес-перекат» с апреля по ноябрь. Все показатели характеризуются сильными перепадами значений, особенно в летнее время. Численность и биомасса водорослей плеса постоянно превышают соответствующие значения на перекате. Видовой состав водорослей как на плесе, так и на перекате практически одинаков.

Регулирующее влияние на развитие водорослей перифитона р. Кедровая оказывает гидрологический режим. При частых паводках в водотоке наблюдается низкий уровень развития водорослей, а их максимум устанавливается в период меженных расходов. После прохождения паводка сообщества водорослей на плесе восстанавливаются быстрее, чем на перекате, так как на участках плеса быстрее снижается скорость течения.

Однако паводки нельзя считать только отрицательно воздействующими на сообщество. В условиях муссонного климата чередование меженных и паводковых периодов является необходимым фактором обеспечения динамичного облика речных экосистем [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Blum J. L. The ecology of river algae // Bot. Rev., 2. 1956. P. 291–341.
2. Hynes H. B. The ecology of running waters // Toronto: University of Toronto Press. 1970. 555 p.
3. Witton B. A. Algae // River ecology (B. A. Witton, ed.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles. 1975. P. 81–105.
4. Lock M. A. River epilithon — a light and organic energy transducer // Perspectives in running water ecology (M. A. Lock and D. D. Williams, eds.). Plenum, New York and London. 1981. P. 3–40.
5. Algal ecology: freshwater benthic ecosystems (R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, R. L. Lowe, eds.). Academic Press: San Diego New York Boston London Sydney Tokyo Toronto. 1996. 753 p.
6. Качаева М. И. Количественный учет биомассы обрастаний водорослей р. Ингоды // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных областей. Чита: Изд-во Забайкал. отд. ВБО АН СССР, 1972. Вып. 4. С. 22–25.
7. Левадная Г. Д., Чайковская Т. С. Водорослевая растительность Енисея и ее продукция // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота. Лиственничное на Байкале, 1977. С. 96–99.
8. Рычкова М. А. Водоросли обрастаний озер Воже и Лача // Гидробиология озер Воже и Лача в связи с прогнозом качества вод, перебрасываемых на юг. Л.: Наука, 1978. С. 28–35.
9. Девяткин В. Г. Динамика развития альгофлоры обрастаний в Рыбинском водохранилище // Тр. Ин-та биологии внутр. вод. 1979. Вып. 42 (45). С. 78–108.

10. Левадная Г. Д. Микрофитобентос реки Енисей. Новосибирск: Наука, 1986. 286 с.

11. Игнатова Н. В., Помазкина Г. В. Биоценозы диатомовых водорослей и их роль в формировании поверхностного слоя донных отложений в южном Байкале // Проблемы экологии Прибайкалья. Тез. докл. 3 Всесоюзн. научн. конф. Иркутск, 5–10 сентября 1988. Ч. 2. Иркутск, 1988. С. 96.

12. Медведева Л. А. Некоторые данные о динамике численности и биомассы эпилимнитных водорослей реки Кедровая // Чтения памяти проф. В. Я. Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 31–37.

13. Тиунова 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 Гидробиологического общества РАН (Казань, 14–20 октября 1996 г.). Материалы съезда. Т. 1. Казань: Полиграф., 1996. С. 81–84.

14. Tiunova T. M., Teslenko V. A., Medvedeva L. A., Kocharina S. L. Long-term research of the small salmon rivers of the Far East of Russia // Long-term ecological research in the East Asia-Pacific region: biodiversity and conservation of terrestrial and freshwater ecosystems. Tsukuba, Japan, 1998. P. 39–46.

15. Богатов В. В. Роль экстремальных природных явлений в функционировании речных сообществ российского Дальнего Востока // Чтения памяти проф. В. Я. Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 22–24.

Любовь Анатольевна МЕДВЕДЕВА —

Биолого-почвенный институт

Дальневосточного отделения РАН,

Владивосток, Россия;

Ксения Анатольевна СЕМЕНЧЕНКО —

Дальневосточный государственный

университет, Владивосток, Россия

УДК 582.2 (571.6)

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОРΟΣЛЯХ ПЕРИФИТОНА УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ Р. САМАРГА (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

АННОТАЦИЯ. Впервые для реки Самарга в ее устье обнаружено 107 видов водорослей (включая разновидности и формы – 118) из 4 отделов. Приведено флористическое описание обследованных участков. Сделан краткий анализ выявленной альгофлоры по местообитанию, отношению к солености и рН воды, проведена санитарно-биологическая оценка качества воды.

For the first time in the mouth of Samarga River 107 species of algae (including subspecific taxa – 118) from 4 divisions are found. Floristic description of surveyed sites is given. Brief analysis revealed algal flora on the habitat, the relation to salinity and water pH is made and sanitary-biological estimation of the water quality is carried out.

Введение

До сегодняшнего дня альгофлора пресных водоемов Приморского края остается недостаточно изученной, особенно это касается северных районов Приморья.

Целью нашей работы было изучение водорослей перифитона устья одной из северных рек Приморского края — Самарги: определение видового разнообразия водорослей, выявление имеющихся экологических групп водорослей и оценка са-