

УДК 581.524:526

СВЯЗЬ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ ВОДОРΟΣЛЕЙ С ПЛОЩАДЬЮ ВОДОСБОРА РЕК ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2010 г. В. В. Богатов, Т. В. Никулина

Биолого-почвенный институт ДВО РАН,
690022 Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159
e-mail: vibogotov@mail.ru

Поступила в редакцию 30.12.2008 г.

Исследована связь видового разнообразия сообществ водорослей с площадью бассейна в реках юга Дальнего Востока России. Установлено, что в верховьях рек по мере возрастания водосборной площади до 80–100 км² наблюдается заметное увеличение числа видов, разновидностей и форм водорослей. Затем темпы увеличения таксономического богатства альгоценозов резко снижаются. Зависимость числа таксонов водорослей (D) от площади речного бассейна (S , км²) описывается степенной функцией: $D = 91.6S^{0.194}$, $R^2 = 0.97$.

Ключевые слова: водоросли, видовое разнообразие, река, площадь бассейна, юг Дальнего Востока России.

ВВЕДЕНИЕ

Юг Дальнего Востока России обладает уникальными природными комплексами, нигде больше в мире не встречающимися. Исключительным богатством биоты характеризуются леса и лососевые реки горной страны Сихотэ-Алинь и Восточно-Маньчжурских гор, сохранение которых призваны обеспечить существующие и планируемые особо охраняемые природные территории [3]. При разработке стратегии сохранения биоразнообразия в дальневосточном регионе значительное внимание уделяется верховьям рек — местам воспроизводства лососеобразных рыб и нагула их молоди [18].

Число видов флоры и фауны закономерно увеличивается с увеличением площади местообитаний [7, 20]. Так, с площадью озер тесно связано количество видов планктонных ракообразных [19] и бентоса [1], с площадью бассейнов отдельных рек — видовое богатство рыб в речных системах [16, 17]. В общем виде зависимость числа видов (N) от площади местообитаний (S) может быть аппроксимирована функцией $N = a \ln S + b$, где a и b — константы уравнения [8]. Количественные выражения подобных связей в речных системах позволяют понять закономерности формирования биоразнообразия в речном континууме, а также могут быть полезными для оценки оптимальных территориальных выделов при организации системы особо охраняемых природных резерватов.

По отношению к верховьям рек в качестве тестовых организмов могут выступать пресноводные водоросли. Этому способствует их высокое таксономическое богатство, четкая приуроченность к опре-

деленным участкам речного русла, а также влияние альгоценозов на формирование сообществ консументов [21, 23]. В 1980–1990 гг. проведено изучение таксономического разнообразия водорослей в бассейне р. Раздольная (юг Приморского края, Россия).

Цель работы — исследование связи видового богатства альгоценозов с площадью речного бассейна.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для работы послужили многолетние сборы водорослей на 52 станциях в бассейне р. Раздольная, в том числе на 29 станциях в бассейне ее левого притока р. Комаровка (рис. 1), а также опубликованные данные по другим рекам региона [9–13]. Исследования проводили в марте–июле 1984 г., октябре 1989 г., июне 1990 и 1992 гг., сентябре 1994 г., июне и сентябре 1999 г. и июле 2000 г.

Река Раздольная образуется при слиянии двух небольших рек, бассейны которых расположены в восточной части Восточно-Маньчжурского нагорья на территории КНР. Длина реки 245 км (191 км на территории России), площадь водосбора 16 830 км², общее падение ~880 м, средний уклон 2.13‰, на территории России 0.45‰. Река протекает в зоне хвойно-широколиственных лесов, отделяя в среднем и нижнем течении юго-западную часть Сихотэ-Алиня от восточной части Восточно-Маньчжурских гор.

Река Комаровка образуется при слиянии рек Правая и Левая Комаровка (в 7 км от истока р. Правая Комаровка), которые берут начало на южных

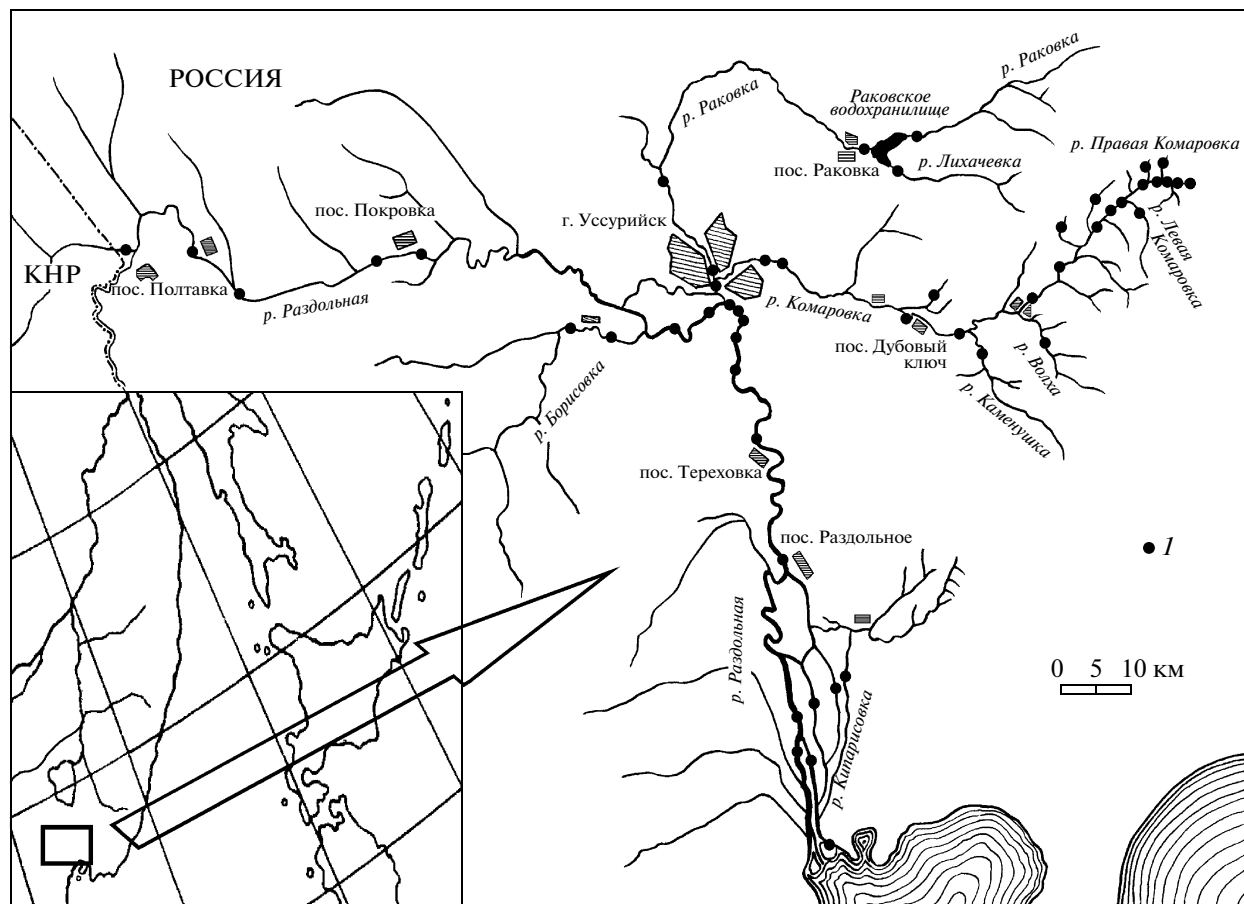


Рис. 1. Схема района исследований в бассейне р. Раздольная: 1 – станции отбора проб.

склонах хребта Пржевальского (юго-запад горной страны Сихотэ-Алинь). Длина 60 км, общее падение – 386 м, средний уклон 5.8‰. Река, включающая горный (площадь бассейна 217 км²), предгорный (428 км²) и равнинный (1490 км²) участки, представляет собой хорошую природную модель для изучения региональных особенностей распределения гидробионтов. Вся горная и частично предгорная части бассейна входят в состав Государственного природного заповедника “Уссурийский” и не испытывают антропогенного воздействия. Центральная часть бассейна относится к слабо освоенной территории и только недалеко от устья река принимает сточные воды г. Уссурийск.

Исследования выполнены на четырех постоянных станциях р. Правая Комаровка, расположенных в 0.5, 1, 2 и 4 км от ее истока; на 10 станциях р. Комаровка, расположенных соответственно в 7, 9, 11.5, 16, 23.5, 31, 37, 54, 56 и 66 км от истока р. Правая Комаровка; восьми притоках р. Комаровка (рис. 1). При сборе водорослей с гравийно-галечного грунта на каждой станции из воды извлекали несколько камней, с которых обрастания счищали с помощью скальпеля и щетки с жесткой

щетинной. С поверхности мягких грунтов водоросли собирали медицинской пипеткой, из моховых обрастаний – отжиманием моховых подушек [15]. Фитопланктон на равнинных участках рек отбирали планктонной сетью Апштейна и батометром Рутнера. Пробы фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Определение водорослей проведено Т.В. Никулиной по общепринятой методике [6]. Для идентификации диатомовых готовили постоянные препараты, прокаливая створки в перекиси водорода [22] и помещая в канадский и кедровый бальзамы. Всего в бассейне р. Раздольная отобрано 784 альгологические пробы, из них 234 в бассейне р. Комаровка.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего в водотоках бассейна р. Раздольная выявлено 614 видов, 753 разновидности и формы водорослей, подробное таксономическое описание которых приведено ранее [14]. В бассейне р. Комаровка обнаружено ~54.7% всех выявленных таксонов, в то время как площадь ее водосбора занимает <9% общей площади бассейна р. Раздольная. В р. Правая Комаровка при небольшой площади водосбора

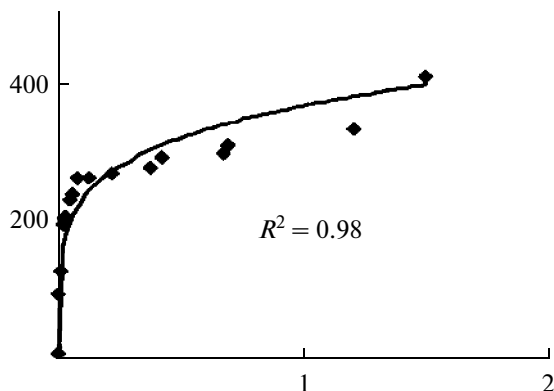


Рис. 2. Зависимость между числом (ось ординат) таксонов водорослей и площадью (ось абсцисс) бассейна р. Комаровка.

(2.4% площади бассейна р. Комаровка) насчитывается около половины всего числа таксонов, встречающихся в водотоках бассейна р. Комаровка. Такая диспропорция объясняется тем, что в верховьях рек по мере удаления от истоков отмечается быстрое нарастание таксономического разнообразия фитобентоса. В результате уже в верхней части бассейна происходит заметное насыщение речной системы таксонами. Так, наиболее высокий рост разнообразия водорослей в р. Комаровка сохраняется в той части речной сети, которая занимает до 80 км² (5.4%) площади бассейна. В водотоках этой территории, ограниченной створом в 11.5 км ниже истока реки и охватывающей области кренали, эпи- и метаритрали основного русла [5], выявлено 262 формы водорослей. В их число входит подавляющее большинство таксонов всего горного участка реки (97.4%), а также горного и предгорного участков (90%). С дальнейшим увеличением площади бассейна темпы роста таксономического богатства резко снижаются (рис. 2).

Связь числа таксонов водорослей (D) с водосборной площадью р. Комаровка (S , км²) описывается уравнением

$$D = 92.7S^{0.199}; \quad R^2 = 0.98. \quad (1)$$

Полученная зависимость сохраняется при анализе связи таксономического разнообразия водорослей с площадями других речных бассейнов региона, флора которых хорошо изучена (рис. 3). Так, в горной части р. Кедровая (площадь бассейна участка 45.8 км²) обнаружено 162 таксона водорослей [11], в р. Фроловка (площадь бассейна 125 км²) – 251 [12], в р. Зева (1451 км²) – 266 [9], в р. Бикин выше пос. Красный Яр (площадь бассейна 13 100 км²) – 437 [10], в основном русле и пойменных озерах нижнего течения р. Амур (площадь бассейна ~250 тыс. км²) – 941 таксон [13]. Для всех пе-

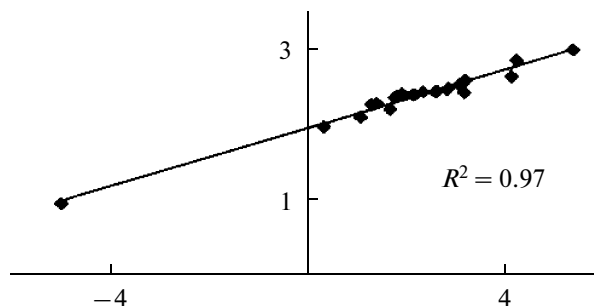


Рис. 3. Зависимость между числом (ось ординат) таксонов водорослей и площадью (ось абсцисс) бассейна рек юга Дальнего Востока: Бикин, Зева, Кедровая, Комаровка, Нижний Амур, Раздольная и Фроловка. Масштаб логарифмический.

речисленных водотоков уравнение (1) принимает следующий вид:

$$D = 91.6S^{0.194}; \quad R^2 = 0.97. \quad (2)$$

Константы в уравнениях (1) и (2) оказались близкими, что указывает на универсальный характер полученной зависимости.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Зависимость между таксономическим богатством водорослей и площадью водосбора, по-видимому, сохраняется в средних широтах и для остальных речных бассейнов горно-лесной зоны. В то же время материалы по оценке такой взаимосвязи в других биомах земного шара находятся в стадии накопления. Очевидно, что соотношение числа таксонов водорослей с площадью речных бассейнов носит фундаментальный характер и не противоречит известным зависимостям таксономического разнообразия флоры и фауны от площади местообитания. В этом плане полезно отметить полученную А. Ф. Алимовым [16] по данным Аллана [17] связь числа видов рыб в речных системах почти всех континентов Земли с площадью бассейнов рек, которая также выражена степенным уравнением:

$$N = 0.134S^{0.544}; \quad R^2 = 0.967. \quad (3)$$

Показатель степени в уравнении (3) заметно превышает аналогичный показатель, полученный для водорослевых сообществ, что указывает на более равномерное возрастание видового разнообразия рыб по мере увеличения площади бассейна. Данное положение подтверждается и отдельными частными наблюдениями [24].

Количественная зависимость таксономического разнообразия водорослей от площади водосбора речных систем юга Дальнего Востока России имеет не только теоретическое, но и природоохранное значение. В частности, из уравнений (1) и (2) следует, что если принять минимальную для образования

природного резервата площадь бассейна за 100 км², то ее увеличение в 2 и 10 раз приведет к увеличению таксономического разнообразия водорослей всего в 1.1 и 1.5 раза соответственно. Таким образом, при организации особо охраняемых природных территорий в верховьях рек в качестве минимального земельного выдела можно рекомендовать водосборную площадь, равную ~80–100 км². Именно эта территория охватывает области кренали, эпи- и метаритрали основного русла р. Комаровка и, следовательно, включает участки с максимальным видовым разнообразием не только альгоценозов, но и зообентоса [5]. Очевидно, что в верхних горных и предгорных участках исследованных рек такая площадь водосбора обеспечивает формирование сообществ и бентосных водорослей и беспозвоночных животных с большим числом видов. В то же время замедление темпов роста таксономического разнообразия водорослей, наблюдаемое с последующим увеличением площади бассейна, указывает на переход речного сообщества в иное состояние, свойственное протяженным участкам средних и крупных рек, в континууме которых изменения структурно-функциональных характеристик биоты более сглажено [2]. Вероятно, верховья рек с водосборной площадью до 80–100 км² можно рассматривать как экосистему малой реки – целостный природный объект, где происходит сравнительно быстрое насыщение биологических сообществ таксонами. Учитывая высокую способность речных бентосных водорослей к расселению и закреплению на новом субстрате [4], подобные экосистемы могут служить не только естественным резерватом биологического разнообразия альгоценозов, но и постоянным источником таксонов при формировании фитобентоса нижележащих участков рек.

Выводы. В верховьях рек южной части Дальнего Востока России по мере возрастания водосборной площади до 80–100 км² наблюдается заметное увеличение числа видов, разновидностей и форм водорослей. Затем темпы увеличения таксономического богатства альгоценозов резко снижаются. Таким образом, площадь бассейна ~80–100 км² можно, с одной стороны, считать неким размерным критерием экосистемы малой реки, в пределах которой формируется основное ядро многовидового фитобентосного сообщества, с другой – рекомендовать в качестве минимального земельного выдела, необходимого для охраны реофильных организмов в верховьях рек. Связь числа таксонов водорослей с площадью речного бассейна описывается степенной функцией, имеет фундаментальный характер и не противоречит известным зависимостям таксономического разнообразия флоры и фауны от площади местообитания.

Авторы выражают благодарность Т.С. Вшивковой за организацию и проведение совместных исследований в бассейне р. Раздольная, Л.А. Мельниковой, Т.И. Арефиной, Е.А. Мака-

ченко, Л.А. Медведевой и сотрудникам Государственного природного заповедника “Уссурийский” за помощь в работе и содействие в сборе альгологического материала.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН (проект 06-1-П11-023) и грантов ДВО РАН (проекты 07-III-Д-06-044 и 09-III-А-06-165).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алимов А.Ф.* Связь биологического разнообразия в континентальных водоемах с их морфометрией и минерализацией вод // Биология внутр. вод. 2008. № 1. С. 3–8.
2. *Богатов В.В.* Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1994. 210 с.
3. *Богатов В.В., Вышин И.Б., Жирмунский А.В. и др.* Система охраняемых природных территорий Приморского края // Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года (Экологическая программа). Владивосток: Дальнаука, 1993. Ч. 1. С. 12–67.
4. *Богатов В.В., Никулина Т.В., Астахов М.В.* Колонизация керамической плитки бентосными водорослями в р. Кедровая (Приморский край, Россия) // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2009. № 1. С. 33–41.
5. *Вшивкова Т.С.* Продольное распределение зообентоса ритрали реки Комаровка (Южное Приморье) // Фауна, систематика и биология пресноводных беспозвоночных. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 76–85.
6. *Голлербах М.М., Полянский В.И.* Общая часть. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Советская наука, 1951. Вып. 1. 200 с.
7. *Дарлингтон Ф.* Зоогеография. М.: Прогресс, 1966. 519 с. (*Darlington F. Zoogeography.* N.Y.: Columbia Univ. Press, 1957. 657 p.).
8. *Домбровский Ю.А., Тютюнов Ю.В.* О связи видового разнообразия с территориальными размерами изолятов // Экология. 1987. № 3. С. 3–7.
9. *Медведева Л.А.* Удивительная альгофлора реки Зевы // Сихотэ-Алинь: сохранение и устойчивое развитие уникальной экосистемы: Матер. Международ. науч.-практ. конф. Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 1997. С. 47–48.
10. *Медведева Л.А.* Список водорослей бассейна р. Бикин // Геохимические и биогеохимические процессы в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. Вып. 9. С. 161–177.
11. *Медведева Л.А.* Водоросли перифитона некоторых водотоков Южного Приморья // Растительный и животный мир заповедника “Кедровая падь”. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 32–45.
12. *Медведева Л.А., Никулина Т.В.* Продольное распределение водорослей перифитона реки Фроловка // Систематика и экология речных организмов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 142–158.

13. *Медведева Л.А., Сиротский С.Е.* Аннотированный список водорослей реки Амур и водоемов его прилегающей системы // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. Владивосток: Дальнаука, 2002. Вып. 12. С. 130–218.
14. *Никулина Т.В.* Таксономическая структура и эколого-географическая характеристика альгофлоры бассейна реки Раздольной (Приморье) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2005. Вып. 3. С. 223–236.
15. *Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев: Вища шк., 1984. 336 с.
16. *Alimov A.F.* Towards a theory of the functioning of aquatic ecosystems. Leiden: Backhuys Publ., 2003. 130 p.
17. *Allan J.D.* Stream ecology. Structure and function of running waters. L.: Chapman & Hall, 1995. 388 p.
18. *Bogatov V.V., Miquelle D.G., Rozenberg V.A. et al.* A biodiversity conservation strategy for the Sikhote-Alin. Vladivostok: Zov taigi, 2000. 135 p.
19. *Dodson S.* Prediction of crustacean zooplankton species richness // *Limnol., Oceanogr.* 1992. V. 37. P. 936–945.
20. *MacArthur R.M., Wilson E.O.* The theory of Island Biogeography. Princeton; N.Y.: Princeton Univ. Press, 1967. 203 p.
21. *Stevenson R.J.* An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats // *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems.* San Diego: Acad. Press, 1996. P. 3–30.
22. *Swift E.* Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // *Phycologia.* 1967. № 6. P. 161–163.
23. *Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W. et al.* The river continuum concept // *Can. J. Fish. and Aquat. Sci.* 1980. V. 37. P. 130–137.
24. *Whittier T.R., Hughes R.M., Larsen D.P.* The correspondence between ecoregions and spatial patterns in stream ecosystems in Oregon // *Can. J. Fish. and Aquat. Sci.* 1988. V. 45. P. 1264–1278.

The Relationship Between Species Diversity of Algal Communities and the Watershed Area in Rivers in the South of the Russian Far East

V. V. Bogatov, T. V. Nikulina

Institute of Biology and Soil Sciences RAS, 690022 Vladivostok, Pr. 100-letiya Vladivostoka, 159, Russia

The relationship between species diversity of algal communities and the watershed area in rivers in the south of the Far East of Russia has been studied. It has been found that in the upper reaches an increase of the watershed area up to 80–100 km² leads to a notable increase in the number of species, varieties and forms of algae. Then the rates of an increase of taxonomical richness of algocenoses sharply decrease. In general, the relationship between the number of algal taxa (D) and the watershed area of the river basin (S , km²) is described by the power functions: $D = 91.6S^{0.194}$, $R^2 = 0.97$.

Key words: algae, species diversity, river, watershed area, the south of the Russian Far East.