

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ	
<i>В. М. Кузнецов, С. В. Жигалов.</i> Золото-редкометалльное оруденение Лазовского оловоносного узла	2
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ	
<i>А. М. Полякова, И. И. Рудых.</i> Гидрометеорологические условия обледенения судов в северной части Тихого океана	9
ЗООЛОГИЯ	
<i>А. В. Кречмар.</i> Гнездящиеся воробьиные птицы <i>Passeriformes</i> равнинных лесотундровых ландшафтов северного Приохотья	15
<i>Н. П. Прокопьев, В. Т. Седалищев.</i> Изменение численности и заготовок шкурок зайца-беляка (<i>Lepus timidus</i> Linnaeus, 1758) в Якутии	24
ГИДРОБИОЛОГИЯ, ИХТИОЛОГИЯ	
<i>В. В. Богатов, Т. В. Никулина.</i> Распределение водорослей в континууме р. Комаровка (Приморский край, Россия)	30
<i>Н. А. Бочкарев.</i> Межгодовая изменчивость биологических признаков у симпатрических сигов Телецкого озера	40
<i>А. М. Орлов, Д. В. Пеленев.</i> Межвидовые отношения между трехзубой миногой <i>Lampetra tridentata</i> и мингаем <i>Theragra chalcogramma</i>	46
ЭКОЛОГИЯ, БИОЦЕНОЛОГИЯ	
<i>И. Г. Борисова, В. М. Старченко.</i> Проблемы рекультивации нарушенных территорий (на примере Уруша-Ольдойского золотоносного узла в Амурской области)	54
<i>А. Н. Прилуцкий.</i> Биогеоценоз как живая система, распределенная во времени	64
ГЕНЕТИКА	
<i>Г. А. Денисова.</i> Структура генофондов этнических групп Южной и Центральной Сибири	78
<i>Д. И. Водолажский, Б. В. Страдомский.</i> Опыт использования маркеров мтДНК при исследовании филогенеза бабочек-голубянок подрода <i>Polyommatus</i> (s. str.) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae)	86
НАУКИ О ЧЕЛОВЕКЕ	
<i>А. Л. Максимов, В. Ш. Белкин, Е. Д. Кобылянский.</i> Перестройки основного обмена у человека в экстремальных природно-климатических условиях	91
ИСТОРИЯ	
<i>Л. Н. Хажовская.</i> Якуты Магаданской области: формирование отличительной идентичности	97
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>С. П. Харитонов.</i> Первая встреча атлантического тупика (<i>Fratercula arctica</i>) в Тихом океане и пути залетов чистиковых птиц между Атлантическим и Тихим океанами	105
ЮБИЛЕИ НАУКИ	
80 лет Василию Феофановичу Белому	108
Борис Павлович Колесников (К 100-летию со дня рождения)	110

CONTENTS

GEOLOGY	
<i>V. M. Kuznetsov, S. V. Zhigalov.</i> Au-Rare Metal Mineralization of Lazo Tin Area	2
GIDROMETEOROLOGY	
<i>A. M. Polyakova, I. I. Rudyh.</i> Weather Factors of Dangerous Ship Icing in the North Pacific	9
ZOOLOGY	
<i>A. V. Krechmar.</i> Nesting <i>Passeriformes</i> Birds from Forest-Tundra Plains of Northern Priokhotje	15
<i>N. P. Prokopjev, V. T. Sedalishchev.</i> Changes in the Number of Alpine Hare (<i>Lepus timidus</i> Linnaeus, 1758) and Its Fell Processing Dynamics in Yakutia	24
GIDROBIOLOGY, ICHTYOLOGY	
<i>V. V. Bogatov, T. V. Nikulina.</i> Distribution of Algae in the Komarovka R. Continuum (Primorje, Southeast Russia)	30
<i>N. A. Bochkarov.</i> The Yearly Variability of Biologic Traits in Sympatric Whitefish from Teletskoe Lake	40
<i>A. M. Orlov, D. V. Pelenev.</i> Interspecies Relationships between the Pacific Lamprey <i>Lampetra tridentata</i> and the Walleye Pollack <i>Theragra chalcogramma</i>	46
ECOLOGY, BIOCEENOLOGY	
<i>I. G. Borisova, V. M. Starchenko.</i> Post-Mining Lands Recultivation in the Urusha-Oldoi Gold Mineral Area, Amur Region	54
<i>A. N. Prilutskiy.</i> Biogeocenosis as a Time-Distributed Alive System	64
GENETICS	
<i>G. A. Denisova.</i> The Gene Pool Structures of Ethnic Groups from South and Central Siberia	78
<i>D. I. Vodolazhsky, B. V. Stradomsky.</i> A Successful Experience of Using mtDNA Markers in Phylogenetic Studies of Copper-Butterflies. Subgenus <i>Polyommatus</i> (s. str.) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae)	86
SCIENCES ABOUT MAN	
<i>A. L. Maksimov, V. Sh. Belkin, E. D. Kobylansky.</i> Basal Metabolism Alterations in Humans in Extreme Environmental Conditions	91
HISTORY	
<i>L. N. Khakhovskaya.</i> The Yakuts in the Territory of Magadan Region: Formation of the Ethnic Identity	97
SHORT INFORMATION	
<i>S. P. Kharitonov.</i> The First Record of the Atlantic Puffin (<i>Fratercula arctica</i>) in the Pacific, and Routes of Alcid Vagrancy Between the Atlantic and Pacific Oceans	105
JUBILEES IN THE WORLD OF SCIENCE	
Vasily Feofanovich Belyi. Dedication to his 80 th Jubilee	108
Boris Pavlovich Kolesnikov. Dedication to his 100 th Birth Anniversary	110

УДК 574.524(571.63)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ В КОНТИНУУМЕ р. КОМАРОВКА
(Приморский край, Россия)**

В. В. Богатов, Т. В. Никулина

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: bogatov@ibss.dvo.ru*

Исследовано распределение водорослей в р. Комаровка, расположенной на юго-западе горной системы Сихотэ-Алинь (бассейн Японского моря, Приморский край, Россия). Всего было обнаружено 412 видов, разновидностей и форм, среди которых преобладали представители отделов Bacillariophyta (82,5% таксонов), Chlorophyta (8,8%) и Cyanophyta (5,3%). По таксономическому составу фитобентоса в реке выделены зоны кренали, ритрала (включая подзоны эпи-, мета- и гипоритрала) и эпипотамали. В области перехода кренали в эпиритраль отмечено резкое увеличение таксономического разнообразия водорослей (около 50 таксонов на 1 км длины реки), что связано с улучшением освещенности водотока. В области перехода гипоритрала в эпипотамаль разнообразие водорослевого сообщества снижалось вследствие выпадения из его состава реофильных таксонов, в то время как планктонное сообщество, характерное для зоны потамали, на данном участке реки находилось лишь на стадии формирования. Самые высокие значения индекса Шеннона фитобентоса получены для зоны кренали, а самые низкие – для зон гипоритрала и эпипотамали.

Ключевые слова: Дальний Восток России, р. Комаровка, континуум, фитобентос, таксономическое разнообразие, индекс Шеннона.

В речных системах обычно выделяют верхний, средний и нижний участки, соответствующие зонам кренали (родникового ручья), ритрала и потамали (Illies, 1953, 1961; Illies, Botosaneanu, 1963). В свою очередь ритраль и потамаль могут быть разделены на части, к которым приурочено местообитание определенных групп рыб: эпиритраль (верхний форелевый участок), метаритраль (нижний форелевый участок), гипоритраль (хариусовый участок), эпипотамаль (усачовый участок), метапотамаль (лещовый участок) и гипопотамаль (ершово-камбальный участок) (Illies, Botosaneanu, 1963). Такое разделение ручьев и рек связано с тем, что в речной системе по мере продвижения водной массы от истоков к устью происходят закономерные изменения качества среды обитания гидробионтов, которые отражаются на структурных и функциональных особенностях сменяющихся друг друга лотических сообществ и экосистем. Так, в соответствии с концепцией речного континуума (Vannote et al., 1980), в верховьях рек (зона кренали), водосборы которых покрыты лесом, речное сообщество затенено пологом деревьев и получает мало света. Отношение продукции (P) к деструкции (R) органического вещества здесь зна-

чительно меньше 1, что указывает на гетеротрофный тип метаболизма экосистемы. Первичные консументы на этом участке в сильной степени зависят от уровня поступления листового опада и, как правило, представлены механическими разрушителями и сборщиками. При переходе в ритраль река становится шире, изменяется ее температурный режим, речное сообщество не затенено деревьями и меньше зависит от аллохтонной органики. В потоке преобладает тонкоизмельченное органическое вещество, а в сообществе консументов – соскребатели перифитона, фильтраторы, сборщики и хищники. Биотическое разнообразие беспозвоночных на таких участках максимально. Считается, что система здесь автотрофна, а отношение P/R либо больше (Vannote et al., 1980), либо немного меньше 1 (Богатов, 1995; Dodds, 2002). На равнинных участках рек (зона потамали) течение замедляется, все большее значение в функционировании экосистемы приобретают планктонные организмы. Вода, как правило, становится мутной, что ослабляет процессы фото-синтеза. На большинстве трофических уровней видовое разнообразие снижается, и сообщество вновь становится гетеротрофным.

Основные черты речного континуума оказались свойственны и рекам Дальнего Востока России,

расположенным в зоне муссонного климата. В частности, было подтверждено, что именно автотрофные участки дальневосточных рек (зона ритрალი) характеризуются наибольшим таксономическим разнообразием и наиболее сложной структурой зообентосных сообществ, которая может быть измерена индексом Шеннона (Алимов, Тесленко, 1988; Вшивкова, 1988; Леванидова и др., 1989; Богатов, 1994; и др.). Например, в хорошо изученной в этом отношении небольшой р. Фроловка (длина 22 км), относящейся к бассейну р. Партизанская (юго-запад горной системы Сихотэ-Алинь), наибольшие значения индекса Шеннона для зообентоса были отмечены в зоне метаритрალი ($H' = 3,98-4,65$), а наименьшие – в зоне кренали (2,01–3,00) (Леванидова и др., 1989). Кратковременные наблюдения позволили также получить предварительные списки водорослей на различных участках русла Фроловки (Медведева, Никулина, 1989). Однако за рамками интересов авторов публикации оказалась оценка численности и биомассы фитобентосных организмов.

К сожалению, до сих пор не получено ясного представления об общих закономерностях распределения водорослей в речной системе. Положения концепции речного континуума также не дают четкого ответа на этот вопрос, поскольку по от-

ношению к продуцентам они ограничены лишь оценкой P/R на отдельных участках речного русла. Очевидно, что структурные характеристики перифитона по мере продвижения от истоков к устью не могут быть похожи на таковые у донных беспозвоночных. В частности, в автотрофной зоне при высоком значении P/R следует ожидать увеличения степени доминирования отдельных видов водорослей, так как известно, что для более сложно организованных систем, имеющих высокий индекс Шеннона, характерны более низкие значения P/R (Alimov, 1991).

Основная цель нашей работы заключалась в выявлении важнейших закономерностей таксономического и количественного распределения водорослей в речном континууме. В частности, проверялось предположение о возможном увеличении степени доминирования отдельных видов водорослей на автотрофном участке реки.

В качестве объекта для исследования была выбрана р. Комаровка (бассейн р. Раздольная, юг Приморского края, Россия), которая расположена в средних широтах в зоне хвойно-широколиственных лесов (рис. 1). Эта река имеет горный, предгорный и равнинный участки. При этом вся горная и частично предгорная части бассейна Комаровки не испытывают антропогенного воздей-

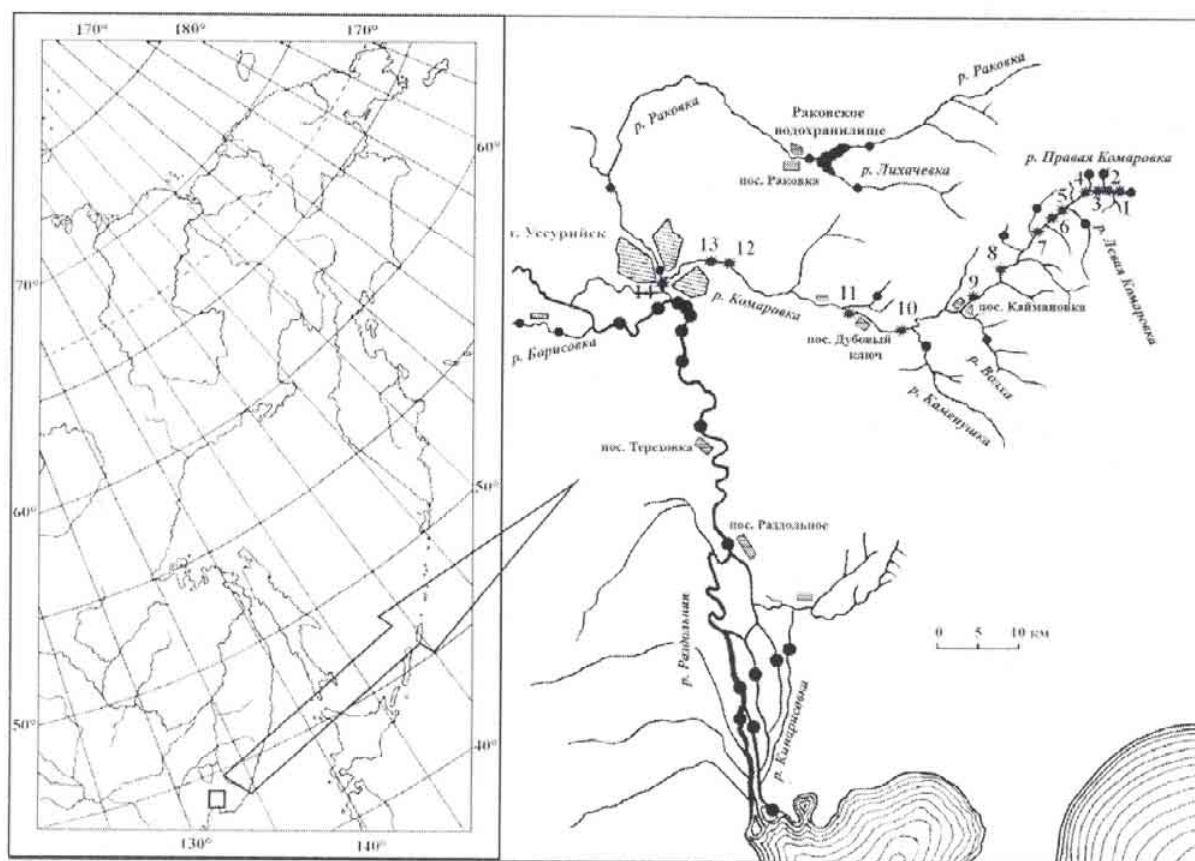


Рис. 1. Схема расположения станций на р. Комаровка: * – количественные и качественные сборы водорослей; ● – качественные сборы водорослей. Цифрами указаны номера постоянных станций

Fig. 1. Schematized location of observation stations at the Komarovka River: * – quantitative and qualitative algae sampled collections; ● – qualitative algae sampled collections. Base stations are indicated by numbers

ствия, так как входят в состав Государственного природного заповедника «Уссурийский» им. В. Л. Комарова. Центральная часть бассейна относится к слабоосвоенной территории, и только недалеко от устья река принимает сточные воды г. Уссурийска. Таким образом, Комаровка представляет собой хорошую природную модель для изучения региональных особенностей распределения гидробионтов в речном континууме.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования

Река Комаровка (см. рис. 1) образуется слиянием небольших руч. Правая и Левая Комаровка (7 км от истока Правой Комаровки), которые берут начало на южных склонах хр. Пржевальского (юго-запад горной системы Сихотэ-Алинь). Длина Комаровки от истоков Правой Комаровки составляет 67 км, общее падение – 386 м, средний уклон – 5,8‰, площадь бассейна – 1490 км². Впадает Комаровка в р. Раздольная (длина 242 км, площадь бассейна 16 830 км²) у г. Уссурийск, в 60 км выше ее устья. Основные притоки Комаровки – рр. Барсуковка (длина 18 км), Каменушка (20 км), Заломная (18 км) и Раковка (76 км). В верховьях р. Раковка имеется небольшое водохранилище. Средний коэффициент речной сети бассейна Комаровки равен 0,8 км/км², общая залесенность – около 70% (Ресурсы..., 1972). Вода в реке слабоминерализована, относится к гидрокарбонатному классу. Общая сумма ионов колеблется в пределах 30–60 мг/л. Реакция среды (рН) в теплый период года около 7,0–7,2.

В верховьях Правой илевой Комаровки русло слабоизвилистое, сильно затенено пологом деревьев. Его ширина от 0,3–0,5 м в верховьях ручьев до 3,5–4,5 м близ их слияния. Дно с крупными валунами, поверхность которых покрыта мхами *Brachythecium rivulare* Schimp. in B. S. G., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) C. Jens. и *Hydrohypnum ochraceum* (Turn. ex Wils.) Loeske (Никулина и др., 1996). Максимальная температура воды летом достигает 7–10°C.

Ниже слияния руч. Правая и Левая Комаровка русло реки становится умеренно извилистым, его ширина колеблется от 6–10 м в верхнем течении до 20–22 м у пос. Каймановка. Максимальная глубина потока на перекатах 0,2–0,5 м, на плесовых участках – 0,5–1,2 м. Дно реки гравийно-галечное, местами песчано-галечное. Скорость течения воды на перекатах от 0,8 до 2,0 м/с, на плесах – от 0,3 до 0,5 м/с. Берега, как правило, крутые, высотой 0,5–1,5 м, сложены песчано-галечными грунтами. Максимальная температура воды изменяется от 10–12°C на участке слияния Правой илевой Комаровки до 16–20°C в районе пос. Каймановка.

В среднем течении долина реки расширяется до 0,7–1,5 км и приобретает трапециевидную форму. Затем Комаровка выходит на Раздольную

скую равнину, земли которой частично расчищены от леса и используются как сельскохозяйственные угодья. Русло Комаровки здесь извилистое. Преобладающая ширина реки 18–25 м, глубина от 0,4 до 1,8 м, скорость течения воды 0,4–0,6 м/с. Грунт галечно-песчаный. Берега крутые или обрывистые, высотой от 1–2 до 4–6 м. Максимальная температура воды не превышает 20–24°C.

Бассейн Комаровки расположен в зоне муссонного климата, поэтому основным источником питания реки являются дождевые осадки, выпадающие в теплый период года. Их доля в годовом объеме стока составляет 85–90%. Летом часто наблюдается прохождение тайфунов, с которыми связаны высокие паводки и наводнения. В связи с этим на всем протяжении реки отсутствуют заросли высших водных растений. Летняя межень имеет характер кратковременных понижений уровня между паводками. Продолжительность межени в маловодные годы увеличивается до 50–80 дней. Средняя температура воздуха летом максимальна в августе и составляет около +20°C.

Ледостав на реке отмечается уже в конце ноября. Зимой Комаровка в верхнем течении и на мелководных местах промерзает до дна. Наиболее холодным зимним месяцем считается январь. В это время среднесуточная температура воздуха понижается до -25°C. Образующийся за зиму снежный покров имеет значительную высоту и начинает разрушаться к началу февраля. Лишь на северных склонах и облесенных участках снежный покров сохраняется до весны. Весеннее половодье составляет 10–15% годового объема стока. Подъем воды начинается в конце марта – начале апреля и продолжается до конца апреля.

Материал

Основным материалом для работы послужили количественные и качественные сборы водорослей на 4 станциях р. Правая Комаровка, расположенных в 0,5; 1; 2 и 4 км от ее истока, а также на 10 станциях р. Комаровка, расположенных соответственно в 7; 9; 11,5; 16; 23,5; 31; 37; 54; 56 и 66 км от истока Правой Комаровки. Местоположение перечисленных станций было приурочено к перекатам. Кроме того, на р. Раковка (правый приток Комаровки), акватории Раковского водохранилища, а также на рр. Каменушка, Левая Комаровка, Туровая Падь, кл. Мироновский, Родионовский, двух безымянных ручьях и в периодически пересыхающем истоке р. Правая Комаровка был проведен качественный сбор водорослей (см. рис. 1). Количественные пробы фитобентоса отбирали в меженный период: с 5 по 13 июля 1984 г. (на станциях 1–11); 30 сентября 1999 г. (на станциях 12–14) и с 10 по 12 июля 2000 г. (на станциях 1–14). Качественный сбор водорослей осуществлялся в марте – июле 1984 г., в октябре 1989 г., в июне 1990 и 1992 г., в сентябре 1994 г. и в июне

1999 г. Всего отобрано 236 альгологических проб, из них 95 количественных и 141 качественная.

Численность, частота встречаемости и биомасса

При количественном учете водорослей с каждого участка реки извлекали по 2–3 камня, которые затем помещали в кювету с небольшим количеством воды. Водорослевые обрастания с камней счищали при помощи скальпеля и небольшой щетки с жесткой щетиной. Полученную пробу фиксировали раствором формальдегида и измеряли ее объем. Одновременно весовым методом определяли площадь проекции камней, с которых были смыты водоросли. Планктонные пробы отбирали сетью Апштейна.

Для определения численности водорослей применяли счетную камеру объемом 0,01 см³ (Барина, 1988). Расчет количества водорослей на 1 м² проекции субстрата (N , кл/м²) проводили по формуле:

$$N = \frac{100 \cdot n_i \cdot v_i}{S},$$

где n_i – количество организмов (клеток) в счетной камере, кл/см³; v_i – объем пробы, см³; S – площадь проекции субстрата, с которого смыты водоросли, м².

Частоту встречаемости таксонов на станциях для качественных проб оценивали по 6-балльной шкале Кордэ (1956): 1 – единично (1–5 экз. в препарате); 2 – редко (10–15 экз. в препарате); 3 – нередко (25–30 экз. в препарате); 4 – часто (по 1 экз. в каждом ряду покровного стекла при увеличении с иммерсией); 5 – очень часто (несколько экземпляров при тех же условиях); 6 – в массе (несколько экземпляров в каждом поле зрения при тех же условиях). Таксоны с частотой встречаемости 6 и 5 были отнесены соответственно к доминантам и субдоминантам. Все водоросли с частотой встречаемости 4 и ниже считались второстепенными.

Биомассу каждого i -го таксона водорослей (B_i , г/м²) определяли счетно-объемным методом (Водоросли..., 1989):

$$B_i = \rho \cdot V_i \cdot N_i,$$

где ρ – плотность тела клеток водорослей, г/см³; V_i – объем тела водорослей, см³; N_i – численность таксона в пробе, кл/м².

Для оценки общей биомассы водорослей (B , г/м²) все полученные для каждого таксона значения биомассы суммировали:

$$B = \sum_{i=1}^k B_i.$$

Биомассу крупных скоплений нитчатых водорослей определяли с помощью торсионных весов. Для этого водорослевый комок из исследуемой пробы обсушивали сухим бумажным фильтром и взвешивали.

Таксономическое разнообразие

Водоросли идентифицировали с использованием монографий, сводок и определителей отечественных и зарубежных авторов.

Определение водорослей из отделов Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Rhodophyta и Chlorophyta проводили по общепринятой методике (Голлербах, Полянский, 1951). Диатомовые водоросли перед просмотром прокаливали в перекиси водорода (Swift, 1967) и помещали в канадский и кедровый бальзамы (Никулина и др., 1996). Всего было приготовлено более 500 постоянных препаратов диатомей. При таксономической идентификации водорослей использовали микроскопы «Amplival» и «Nikon» с увеличением до 1200 раз. Определения водорослей проведены Т. В. Никулиной.

Степень таксономического сходства сообществ перифитона на различных станциях оценивали с помощью кластерного анализа, при выполнении которого применяли статистическую программу PAST – PAleontological STatistics (версия 1.44) (Hammer et al., 2001). В качестве меры сходства использовали коэффициент Сьёренсена (Sørensen, 1948). При построении кластера в качестве алгоритма применен метод невзвешенного парно-группового арифметического усреднения (UPGMA); за единицу сравнения выбран таксон рангом ниже вида. Статистическая достоверность образования кластеров оценена при помощи бутстреп-анализа с использованием программы PAST. При оценке степени разнообразия сообществ водорослей с учетом степени доминирования каждого таксона пользовались информационным индексом Шеннона (H') (Shannon, Weaver, 1963). Этот индекс рассчитывали по количеству клеток водорослей на 1 м² площади грунта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в р. Комаровка были обнаружены 333 вида водорослей, а с учетом разновидностей и форм – 412 таксонов, среди которых 82,5% составили представители отдела Bacillariophyta, 8,8% – Chlorophyta, 5,3% – Cyanophyta, 1,5% – Xanthophyta, по 0,7% – Euglenophyta и Chrysophyta и 0,5% – Rhodophyta (табл. 1). Из отдела Bacillariophyta наибольшее количество видов, разновидностей и форм содержали роды *Pinnularia* – 30 видов (41 видовой и внутривидовой таксон), *Navicula* – 29 (34), *Eunotia* – 21 (30), *Gomphonema* – 18 (25), *Nitzschia* – 17 (20), *Achnanthes* – 14 (19), *Cymbella* – 14 (15), *Surirella* – 13 (16).

В результате кластерного анализа таксономического состава водорослей р. Комаровка были получены три основные ветви дендрограммы, соответствующие зонам кренали, ритрала и эпипотамали (рис. 2). Первая ветвь объединила сообщества водорослей на станциях 1 и 2, вторая – на

Таблица 1. Таксономический состав водорослей в р. Комаровка
Table 1. The algal taxonomic composition in the Komarovka River

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность и форма	Доля видов, разновидностей и форм, %
Cyanophyta	3	4	8	12	22	22	5,3
Euglenophyta	1	1	1	3	3	3	0,7
Chrysophyta	1	2	3	3	3	3	0,7
Bacillariophyta	3	14	26	54	263	340	82,5
Xanthophyta	1	3	3	3	6	6	1,5
Rhodophyta	1	1	2	2	2	2	0,5
Chlorophyta	3	7	10	13	34	36	8,8
Всего	13	32	53	90	333	412	100

станциях 3–11 и третья – на станциях 12–14. Кроме того, внутри второй ветви выделены еще три группы станций, соответствующие зонам эпи- (станции 3–6), мета- (7–9) и гипоритрали (станции 10 и 11).

В среднем на каждой из исследованных станций р. Комаровка в разные сезоны года было обнаружено $144,1 \pm 27,2$ таксона водорослей с диапазоном 94–189, из которых $123,7 \pm 21,1$ таксона (90–155) составили диатомовые водоросли. При одновременном летнем отборе проб среднее таксономическое богатство на станциях р. Комаровка составило $61,1 \pm 17,5$ (с диапазоном 35–89), из них $52,6 \pm 16,3$ таксона (33–82) были диатомовые водоросли. Полученные показатели вполне соответствовали приводимым в литературе дан-

ными или были несколько выше. Например, в сходной по гидрологическому режиму р. Фроловка среднее количество таксонов водорослей на станциях составило $76,5 \pm 17,4$ (с диапазоном 46–104), из них $67,0 \pm 15,9$ таксона (с диапазоном 38–93) – диатомовые водоросли (Медведева, Никулина, 1989). Распределение видов и разновидностей диатомовых водорослей на различных участках ритрали Cedar River (Айова, США) и ее притоков было сравнительно равномерным и без учета очень редких водорослей изменялось от 105 до 133 таксонов. При этом состав доминирующих таксонов заметно различался не только на разном удалении от истоков рек, но и на разных типах грунтов (Main, 1988). В бассейне австралийской реки LaTrobe (Виктория) количество видов диатомовых водорослей изменялось

от 20 до 90 и зависело от высоты местности над уровнем моря, температуры воды, биохимического потребления кислорода и мутности (Chessman, 1986). В калифорнийской реке Central Valley Stream (США) среднее количество таксонов диатомовых на исследованных участках было 41 и изменялось от 7 до 76 (Pan et al., 2006).

Изменение таксономического состава водорослей в континууме р. Комаровка оказалось неравномерным. Максимальное количество видов, разновидностей и форм (152–189 таксонов) отмечено в пределах зоны ритрали, а минимальное (94 таксона) – в зоне кренали (рис. 3). В периодически пересыхающем истоке р. Правая Комаровка было обнаружено всего 9 таксонов водорослей. Между станциями с минимальным (станция 1) и максимальным (станция 7) количеством таксо-

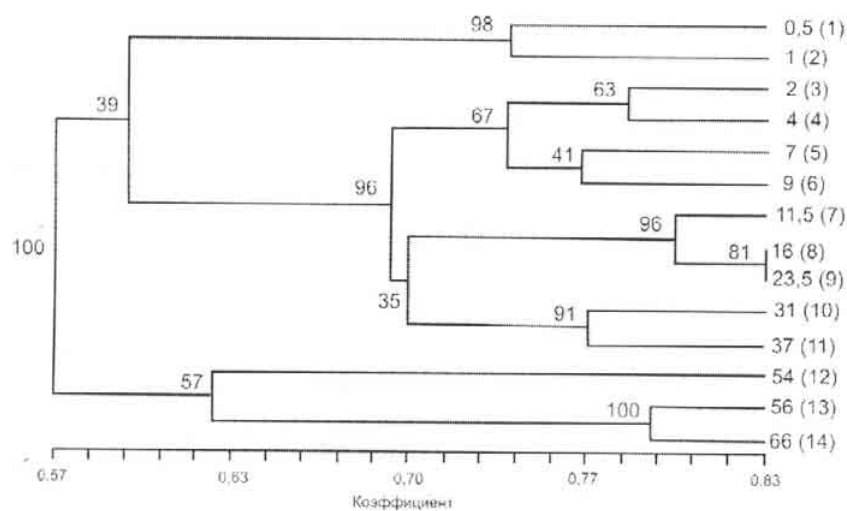


Рис. 2. Дендрограмма альгофлористического сходства 14 станций р. Комаровка (метод UPGMA, коэффициент Сьёренсена). В основании каждого кластера указаны бутстреп-значения (в %). Справа цифрами обозначены расстояния от истока р. Правая Комаровка (в км), в скобках – номера станций

Fig. 2. The algofloral similarity dendrogram according to data from 14 observation stations at the Komarovka River (the UPGMA method, the Sørensen's coefficient). The bootstrap values (%) are indicated at the base of each cluster. The distance from the Pravaya Komarovka R. headwaters (km) is shown on the right, and the station numbers are given in brackets

нов на каждый километр реки в среднем добавлялось почти по 9 видов и разновидностей водорослей. Однако наиболее резкое увеличение таксономического разнообразия оказалось в верховьях реки между 1-й (94 таксона) и 3-й (170 таксонов) станциями, расстояние между которыми всего 1,5 км. На данном отрезке водотока возрастание количества таксонов на 1 км реки было максимальным и составило около 50 видов, разновидностей и форм. Столь значительное увеличение таксономического разнообразия в зоне перехода кренали в потамаль связано с расширением русла с 0,2–0,5 до 4,5 м и, соответственно, с резким улучшением освещенности водотока, что указывает на важнейшую роль светового фактора в формировании континуума. Затем, на протяжении примерно 7 км (станции 4–6), количество таксонов снижалось до 154–157, что связано с ухудшением освещенности реки из-за развития в этом поясе гор крупных широколиственных пород деревьев. Таким образом, эпиритраль (станция 3) и верхнюю часть метаритрали (станции 4–6), по-видимому, следует относить к переходной зоне между гетеро- и автотрофным участками. При увеличении ширины русла до 10–12 м видовое разнообразие водорослевых обрастаний вновь заметно увеличивалось и в районе 7-й станции достигало максимальных значений (189 таксонов).

При переходе от верхнего участка зоны метаритрали (станция 7) к верхнему участку эпипотамали (станции 12, 13) наблюдалось постепенное снижение числа таксонов со 189 до 102, или примерно по 2 таксона на 1 км длины реки (см. рис. 3). Отмеченное снижение определялось постепенным изменением гидрологического режима реки при выходе на равнину. В результате из сообщества перифитона выпадали реофильные таксоны, в то же время планктонное сообщество, характерное для зоны потамали, на данном участке реки находилось лишь на стадии формирования. В частности, в верхнем участке эпипотамали из планктонных водорослей единично отмечено только 5 видов: эвгленовые – *Phacus acuminatus* Stokes, *Lepocinclis ovum* (Ehr.) Mink; диатомовые – *Nitzschia acicularis* W. Sm., *N. amphibia* Grun.; синезеленые – *Gloeocapsa minima* (Keissl) Hollerb. В низовьях Комаровки (станция 14) таксономическое разнообразие водорослей вновь возрастало, в основном за счет развития бентосно-планктонных видов. Очевидно, что в реках большей протяженности видовое богатство фитопланктонного и бентосно-планктонного сообщества в зоне гипопотамали может достигать больших показателей. Например, в низовьях р. Раздольная (60 км ниже впадения Комаровки в р. Раздольная) зарегистрированы 84 таксона планктонных и 39 таксонов бентосно-планктонных водорослей, из которых преобладали диатомовые (57,8%) и зеле-

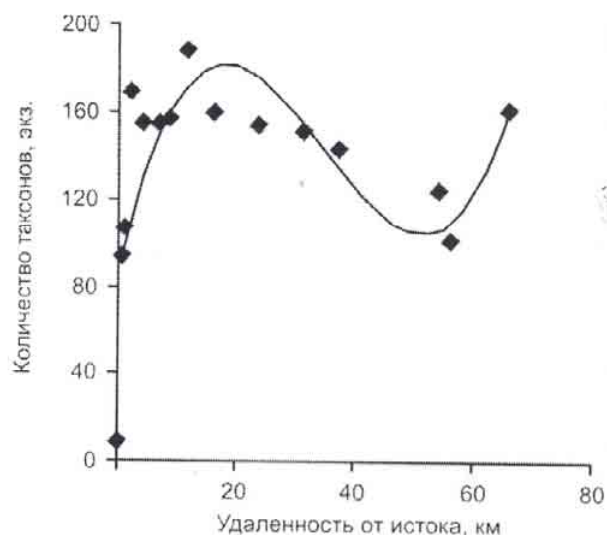


Рис. 3. Количество таксонов водорослей на станциях р. Комаровка, обнаруженных за весь период наблюдений

Fig. 3. The number of algal taxa of the Komarovka R. reported from observation stations for the entire observation period

ные (25%) водоросли. Всего же в зоне гипопотамали р. Раздольная отмечено 213 видов и разновидностей водорослей (Никулина, 2003, 2005).

На всем протяжении Комаровки наблюдалось 56 видов, разновидностей и форм водорослей, что составило почти 14% от их общего списка. Однако к доминантам и субдоминантам на всех станциях реки отнесены только 27 таксонов диатомовых, 2 вида синезеленых и 1 вид зеленых водорослей, или 7,3% всех таксонов (табл. 2).

Количественное распределение водорослей в р. Комаровка также имело свои особенности. Например, общая численность водорослей за все периоды наблюдений оказалась минимальной в зоне кренали (станции 1, 2) и в июле 1984 г. составляла 3–4 млрд кл/м², а в июле 2000 г. – 3–7 млрд кл/м² (рис. 4, а, б). Ниже по течению в зоне ритрали (станции 3–11) количество водорослей в 1984 г. возрастало почти в 2 раза (до 6–8 млрд кл/м²), а в 2000 г. – примерно в 100 раз (до 400–600 млрд кл/м²), что указывает на значительное эвтрофирование автотрофного участка реки в 2000 г. В низовьях реки (станции 12–14) численность фитобентоса в этот период также оказалась высокой – 200–400 млрд кл/м². Отметим, что в сентябре 1999 г. на равнинном участке реки численность водорослей составляла 7–9 млрд кл/м² и, таким образом, практически не отличалась от уровня развития фитобентоса на автотрофном участке реки в июле 1984 г. Именно поэтому все показатели количественного развития фитобентоса за 1984 и 1999 г. мы разместили на одном графике (см. рис. 4, а, в, г).

Таблица 2. Доминирующие таксоны водорослей в р. Комаровка (значения встречаемости водорослей даны по шкале Кордэ)

Table 2. Algal taxa dominants in the Komarovka River (the algae frequencies are presented in accordance with the Korde's six-point scale)

Виды и разновидности	Номер станции													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cyanophyta														
<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	1-2	1	1-3	1-2	2-6	2-6	3-6	5-6	1-6	4-6	1-6	2	2	1
<i>Homoeothrix simplex</i> Woronich.	1	1	1-4	1-3	3-5	3-6	3-5	4	2-5	2-5	3-6	3	1	4
Bacillariophyta														
<i>Achnanthes biasoletiana</i> Grun.	5	4-5	2-5	3-4	4	3	3-5	4	1-4	1-5	2-5	2-3	-	4
<i>A. lanceolata</i> (Br�b.) Grun. var. <i>lanceolata</i>	6	5-6	3-5	3-5	1-3	2-4	2-3	1	1-3	1-2	1-4	3-4	3	2-3
<i>A. lanceolata</i> var. <i>haynaldii</i> (Schaarschmidt) Cl.	6	4-5	1-3	2-3	1-2	1-2	1-2	1	1-2	1	1-3	2	1	2
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kutz.) Czarn	3-5	6	2-6	6	6	6	6	6	5-6	5-6	5-6	6	5	4-5
<i>Cymbella affinis</i> K�tz.	2	1	1	1	1-5	1-4	4-6	5-6	6	6	5-6	4-6	1	4
<i>C. tumida</i> (Br�b.) V. H.	-	1	1	1	2-5	1-4	1-3	3	1-3	3-4	1-2	1-2	1	1-4
<i>C. turgidula</i> Grun.	-	-	-	-	-	-	1-6	4	3	1-4	1	1-3	1	1-4
<i>Diademesis gallica</i> W. Sm.	5	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse ex Rabenh.) Mann	1-3	1	1-3	1-2	1-4	1-5	1-5	4-5	4-5	5	4-6	2-4	4	2-4
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1	1-4	3-6	3-4	4-5	3-5	4-6	3-4	4-5	4	2-5	4-5	4	3-4
<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Horn.) Daw. ex Ross et Sims	1-4	1-4	3-5	4-5	5-6	4-6	4-6	4	4-6	4-5	3-5	2-6	4	1-4
<i>Gomphonema angustatum</i> (K�tz.) Rabenh.	1-5	5	4-6	4-6	4-5	4-6	3-5	2	1-4	1-4	1-4	3-4	6	3-5
<i>G. minutum</i> (Ag.) Ag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1-2
<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patr.	1-2	1	2	4	1	-	1-2	2-5	4-5	5-6	5-6	3-6	1	3-5
<i>Luticula mutica</i> (K�tz.) Mann	-	-	-	-	-	-	1-3	1	1	1	1-2	1-3	1	4-6
<i>Melosira varians</i> Ag.	1-3	1	1-5	1-3	2-3	1-3	1-3	2-3	1-2	1	1	1-3	3	1-5
<i>Meridion circulare</i> Ag.	6	6	6	4-6	3-5	3-5	3-4	1-2	2-3	1-3	2-3	1-3	3	1-2
<i>Navicula cryptocephala</i> K�tz.	-	1	1-3	1-2	1-2	1-2	3	1-2	1-2	2	1-5	4	3	3-4
<i>N. cryptotenella</i> L.-B.	1	2-3	1	1-2	1-3	1-2	1-5	2-3	1-3	1-2	1-4	3	3	3-4
<i>Nitzschia dissipata</i> (K�tz.) Grun.	4	1	1-3	1-4	2-3	2-4	1-4	1-4	2-3	1-3	1-4	3-4	3	3-5
<i>N. frustulum</i> (K�tz.) Grun.	-	-	3	-	-	-	1	2	1	1	1	2-3	1	2-6
<i>N. palea</i> (K�tz.) W. Sm.	-	1-3	1-2	3	1	1-4	1-4	2	1-2	1-3	1-4	5-6	5	6
<i>Reimeria sinuata</i> (Greg.) Kociolec et Stoermer	3	1-3	1-3	4	2	2-3	2-3	1-4	1-4	1-4	2-4	4-5	5-6	2-4
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) L.-B.	4	3-4	2-5	3-4	1	2-3	1-2	-	1	1	1-2	1	1	1
<i>Synedra inaequalis</i> H. Kobayasi	1	2	3	1-2	1	1-4	3-4	6	5-6	5-6	4-6	3-4	3	3-4
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	1	2	1-4	1-2	1-4	3-5	2-4	2-5	3-5	3-4	3-4	2-5	4	4-6
<i>Surirella angusta</i> K�tz.	1	1-3	2-4	1	1	1	1-2	1	1	1	1	1-5	4	1-3
Chlorophyta														
<i>Ulothrix zonata</i> K�tz.	-	-	-	-	3	2-3	2-3	-	4-6	2-4	-	-	1	1

Кривые изменения показателей биомассы водорослей в речном континууме имели куполообразный вид (см. рис. 4, б, в). При этом минимальные показатели биомассы также оказались в зоне кренали и в июле 1984 и 2000 г. составляли около 1 г/м². Это объяснялось затененностью верхних участков водотока и, соответственно, развитием здесь мелкоклеточных диатомей *Meridion circulare* Ag., *Achnanthes lanceolata* (Bréb.) Grun., *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarn. и др. Ниже по течению, в зоне эпи- и метаритрала, биомасса водорослей заметно возрастала – до 2–7 г/м² в 1984 г. и 30–50 г/м² в 2000 г. в основном вследствие значительного увеличения общей численности водорослей, преобладающего развития сине-зеленых *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom. и *Homoeothrix simplex* Woronich., а также крупной диатомеи *Synedra inaequalis* H. Ko-bayasi. В пределах равнинного участка Комаровки биомасса водорослей, как правило, была ниже, чем на горном и полугорном участках, и в начале сентября 1999 г. составляла 3–5 г/м², а в июле 2000 г. – 5–15 г/м², что было связано со сменой видов-доминантов, среди которых наиболее развитыми оказались диатомовые *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh., *A. minutissimum*, *Cymbella affinis* Kütz. и др.

С изменением в речном континууме таксономического и количественного состава водорослей изменялась и структура сообществ фитобентоса. В частности, было установлено, что значения информационного индекса Шеннона на незагрязненных станциях Комаровки (станции 1–13) не выходили за пределы 0,3–3,3 (см. рис. 4, г, д), что примерно соответствовало структуре сообществ в других регионах. Например, индекс Шеннона диатомовых на различных участках горных рек штата Орегон (США) составлял 0,5–2,7 (Naumik, Pan, 2005). Лишь на 14-й, условно загрязненной станции, расположенной в пределах г. Уссурийска, индекс Шеннона в 2000 г. снижался до 0,07. Важно отметить, что в 1984, 1999 и 2000 г. изменения индекса Шеннона водорослевых сообществ в континууме р. Комаровка оказались сходными, не-

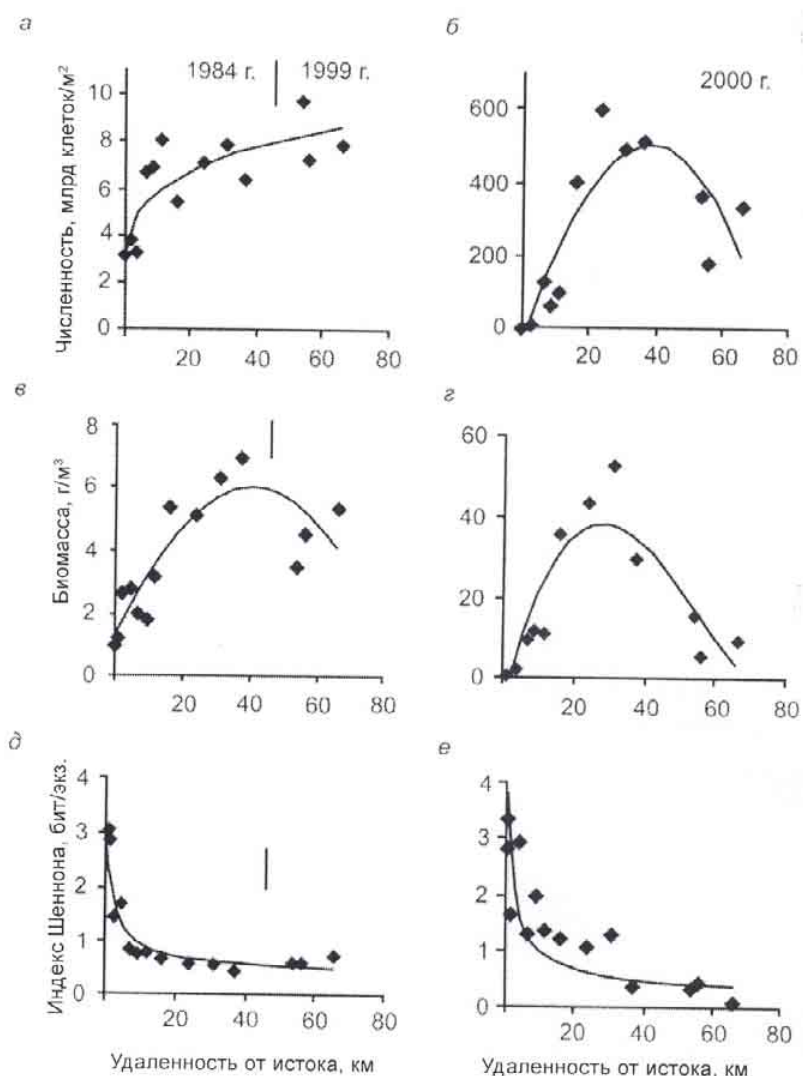


Рис. 4. Численность (а, б – количество клеток/м²), биомасса (в, г – г/м²) и индекс Шеннона (д, е – бит/экз.) сообществ водорослей в р. Комаровка: а, в, д – в июле 1984 г. (станции 1–11) и сентябре 1999 г. (станции 12–14); б, г, е – в июле 2000 г. (станции 1–14)

Fig. 4. The quantitative index of the algal community structure as reported from the observation stations: а, б is the number of algal cells/m², в, г is the biomass g/m², and д, е is the Shannon's index: а, в, д – in July, 1984 (stations 1–11) and September, 1999 (stations 12–14); б, г, е – in July, 2000 (stations 1–14)

смотря на различную степень эвтрофирования водотока. При этом наибольшие значения индекса Шеннона, близкие к 3, были получены для зоны кренали (станции 1, 2), имеющей наиболее низкие показатели как численности, так и биомассы фитобентоса (см. рис. 4, а, б). В зоне гипоритрала (станции 4–6) индекс Шеннона снижался примерно до 1, хотя общее количество видов, разновидностей и форм именно на этом участке резко увеличивалось. Последующее снижение значений индекса разнообразия имело слабозатухающий характер. Таким образом, полученные материалы подтвердили выдвинутое нами ранее предположение о более высокой степени

доминирования небольшого количества таксонов водорослей на автотрофном участке реки по сравнению с верхним гетеротрофным участком.

Авторы выражают свою признательность Т. С. Вишковой (БПИ ДВО РАН) за организацию и проведение совместных исследований в бассейне р. Раздольная. Мы также благодарны Т. И. Арефиной, д. б. н. Е. А. Макаренко, к. б. н. Л. А. Медведевой (БПИ ДВО РАН) и сотрудникам Государственного природного заповедника «Уссурийский» им. В. Л. Комарова за помощь и содействие в сборе альгологического материала.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума Российской академии наук (проект 06-1-П11-023) и гранта ДВО РАН (проект 07-III-Д-06-044).

ЛИТЕРАТУРА

- Алимов А. Ф., Тесленко В. А. Структурно-функциональные характеристики речного зообентоса в зоне антропогенных воздействий // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 2. – С. 27–30.
- Баранова С. С. Полиморфизм соединительных структур диатомовых водорослей // Эволюционные исследования. Вавиловские темы. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1988. – С. 110–122.
- Богатов В. В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток : Дальнаука, 1994. – 210 с.
- Богатов В. В. Комбинированная концепция функционирования речных экосистем // Вестник ДВО РАН. – 1995. – № 3. – С. 51–61.
- Водоросли: справочник / С. П. Вассер и др. – Киев : Наук. думка, 1989. – 608 с.
- Вишкова Т. С. Продольное распределение зообентоса ритрали реки Комаровка (Южное Приморье) // Фауна, систематика и биология пресноводных беспозвоночных. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1988. – С. 76–85.
- Голлербах М. М., Полянский В. И. Общая часть. Определитель пресноводных водорослей СССР. – М. : Сов. наука, 1951. – Вып. 1. – 200 с.
- Кордэ Н. В. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 4. – Ч. 1. – С. 383–413.
- Леванидова И. М., Лукьянченко Т. И., Тесленко В. А. и др. Экологические исследования лососевых рек Дальнего Востока СССР // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. – С. 74–111.
- 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.
- Никулина Т. В. Сообщества диатомовых водорослей реки Раздольной (Приморье) // Чтения памяти профессора В. Я. Леванидова. – Владивосток : Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 254–262.
- Никулина Т. В. Таксономическая структура и эколого-географическая характеристика альгофлоры бассейна реки Раздольной (Приморье) // Там же. – 2005. – Вып. 3. – С. 223–236.
- Никулина Т. В., Гамбарян С. К., Вишкова Т. С. Гидробиологические исследования в Уссурийском заповеднике им. акад. В. Л. Комарова. Пресноводная флора (видовой состав водорослей и водно-прибрежных мохообразных и их эколого-географическая характеристика). – Владивосток, 1996. – Ч. 2. – 56 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. Приморье / М. Г. Васьяковский. – Л. : Гидрометиздат, 1972. – Т. 18. – Вып. 3. – 627 с.
- Alimov A. F. Structural and functional characteristics of aquatic animal communities // Intern. Rev. Ges. Hydrobiol. – 1991. – Vol. 76, No. 2. – P. 169–182.
- Chessman B. C. Diatom flora of an Australian river system: spatial patterns and environmental relationships // Freshwater Biology. – 1986. – Vol. 16. – P. 805–819.
- Dodds W. K. Freshwater Ecology. Concepts and Environmental Application. – San Diego, California: Academic Press, An Imprint of Elsevier, 2002. – 569 p.
- Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica 4 (1). – 2001. – Электрон. дан. – http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Illies J. Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung // Berl. Limnol. Flußstat. Freudenthal. – 1953. – Bd. 5. – S. 1–28.
- Illies J. Versuch einer allgemeinen biozonotischen Gliederung der Fließgewässer // Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie. – 1961. – Bd. 46. – No. 2. – S. 205–213.
- Illies J., Botosaneanu L. Problems et Methods de la Classification et de la Zonation Ecologique des eaux courantes, considerees surtout du point de vue Faunistique // Mitteilungen, Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. – 1963. – Bd. 12. – S. 1–57.
- Main S. P. Seasonal Composition of Benthic Diatom Associations in the Cedar River Basin (Iowa) // Journ. of the Iowa Academy of Science. – 1988. – Vol. 95, No. 3. – P. 85–105.
- Naymik J., Pan Y. Diatom assemblages as indicators of timber harvest effects in coastal Oregon streams // Journ. of the North American Benthological Society. – 2005. – Vol. 24, No. 3. – P. 569–584.
- Pan Y., Hill B. H., Husby P. et al. Relationships between environmental variables and benthic diatom assemblages in California Central Valley streams (USA) // Hydrobiologia. – 2006. – Vol. 561. – P. 119–130.
- Shannon C. B., Weaver W. The mathematical theory of communication. – Urbana, Illinois : Univ. of Illinois Press, 1963. – 117 p.
- Sørensen T. A. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on Danish commons // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter. – 1948. – Vol. 5. – P. 1–34.
- Swift E. Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // Phycology. – 1967. – Vol. 6. – P. 161–163.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W. et al. The river continuum concept // Canadian Journ. of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1980. – Vol. 37. – P. 130–137.

DISTRIBUTION OF ALGAE IN THE KOMAROVKA R. CONTINUUM (Primorje, Southeast Russia)

V. V. Bogatov, T. V. Nikulina

The distribution of algae was studied in the Komarovka R. in the south-west of the Sikhote-Alin Mountain System (the Sea of Japan, Primorje, Southeast Russia). As a result of these studies, a total of 412 species, varieties and forms were recorded dominated by Bacillariophyta (82.5% taxa), Chlorophyta (8.8%) and Cyanophyta (5.3%). The phytobenthic taxonomy served as a basis for the researchers to recognize crenal, rhithral (including epi-, meta- and hyporhithral subzones) and epipotamal zones there. The crenal-epirhithral transition zone displays a drastic rise in the taxonomy diversity (about 50 taxa per 1 km of the river) due to better light conditions there. The hyporhithral-epipotamal transition zone is characterized by a lower algal diversity due to the lack of rheophilic taxa, whereas plankton community typical of the potamal zone is just developing over this river area. The highest Shannon's index values are reported for the crenal zone, and the lowest ones are for the hyporhithral and epipotamal zones.

Key words: the Far East of Russia, Komarovka R., continuum, benthic algae, taxonomic diversity, Shannon's index.