

Таксономический состав и обилие фитопланктона пойменных водоемов Верхней Оби (вблизи г. Барнаул)

Taxonomic composition and abundance of phytoplankton in the floodplain reservoirs of the Upper Ob (near the city of Barnaul)

Ширинина М. К., Митрофанова Е. Ю., Котовщиков А. В.

Shirinina M. K., Mitrofanova E. Yu., Kotovshchikov A. V.

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия. E-mail: shirinina.marina@mail.ru
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia*

Реферат. Предметом исследования для настоящей работы послужили данные о таксономическом составе фитопланктона разнотипных пойменных водоемов (протока, старица и озеро) Верхней Оби. Общее таксономическое разнообразие составило 78 таксонов (определение до рода), относящихся к 7 отделам: Bacillariophyta – 24 рода, Chlorophyta – 27, Ochrophyta – 11, Cyanobacteria – 8, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 3 и Cryptophyta – 1 род. В протоке, преобладающим по числу таксонов, были представители диатомовых водорослей, отдел Bacillariophyta; для старицы и озера – представители зеленых, отдел Chlorophyta. Наибольшая частота встречаемости крупных таксонов: в протоке выявлена для диатомовых 83,3 % и зеленых – около 58,3 %; в старице – одноклеточных золотистых – 91,9 %, зеленых – 82,0 % и диатомовых – 72,7 %; в пойменном озере – золотистых – 82,0 % и диатомовых – 54,5 %. Максимальные значения биомассы фитопланктона выявлены в пойменном озере весной в конце апреля – 4551,6 мг/м³, в то время как в протоке максимум по данному показателю достигнут лишь в середине июня – 673,1 мг/м³. Для старицы пик биомассы фитопланктона отмечен в начале июня – 1947,8 мг/м³ и конце июля – 1807,0 мг/м³. По уровню биомассы фитопланктона пойменное озеро и старица относятся к мезотрофным водоемам (до 1,0 – 5,0 г/м³), протока – олиготрофному (до 1,0 г/м³).

Ключевые слова. Биомасса, Верхняя Обь, пойма, таксономический состав, фитопланктон.

Summary. The data on taxonomic composition of phytoplankton in floodplain reservoirs of various types (chute, oxbow and oxbow lake) of the Upper Ob served as a subject of the present study. The total taxonomic diversity amounted to 78 taxa (genus definition) belonging to 7 divisions: Bacillariophyta – 24 genera, Chlorophyta – 27, Ochrophyta – 11, Cyanobacteria – 8, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 3 and Cryptophyta – 1 genus. Diatoms dominate in the number of taxa in the chute presented by the Bacillariophyta division; in oxbow and oxbow lake representatives of the greens, division Chlorophyta. There is the highest frequency of occurrence of large taxa: in the chute – diatoms 83.3 % and green – about 58.3 %; in the oxbow – single-celled golden – 91.9 %, green – 82.0 % and diatoms – 72.7 %; in the oxbow lake – golden – 82.0 % and diatoms – 54.5 %. The maximum phytoplankton biomass values were detected in the lake in spring at the end of April – 4551.6 mg/m³, while in the chute the maximum for this indicator was reached only in mid-June – 673.1 mg/m³. For the oxbow, the top of phytoplankton biomass was noted in early June – 1947.8 mg/m³ and in the end of July – 1807.0 mg/m³. According to the biomass level of phytoplankton, lake and oxbow belong to mesotrophic reservoirs (up to 1.0 – 5.0 g/m³), the chute – oligotrophic (up to 1.0 g/m³).

Key words. Biomass, flood plain, phytoplankton, taxonomic composition, the Ob river.

Введение. Пойма служит своего рода «аккумулятором», накапливая биогенные элементы, концентрируя и воспроизводя огромное количество потенциального биологического богатства. Фитопланктон, как основополагающий элемент любых водных экосистем, является источником формирования первичной продукции. Река Обь в ее верхнем течении (у г. Барнаул) имеет обширную пойменную долину, которая простирается в среднем до 7,5 км. Это заболоченная равнина, расчлененная множественными протоками, старицами и пойменными озёрами. Характерный режим затопления поймы реки тальми и паводковыми водами наряду с процессами переработки русла и берегов, а также действием биотических факторов, определяет эколого-физиологические показатели речной системы (Котовщиков и др., 2014; 2015).

Фитопланктон выступает индикатором экологического состояния водоема, поэтому изучение его таксономического состава и обилия позволяет в дальнейшем оценить состояние водоема и интер-

претировать результаты взаимосвязи водной флоры и среды. Исследования фитопланктона в разнотипных генетически связанных водоемах могут быть полезны для наук хронологического комплекса, занимающихся изучением различных сторон динамики пойменных процессов (Миркин и др., 1970).

Цель работы – изучение таксономического состава фитопланктона с выделением родового спектра, оценка его сезонной динамики и обилия в трех разнотипных пойменных водоемах Верхней Оби, расположенных вблизи г. Барнаула.

Для достижения поставленной цели в 2021 г. были выбраны три разнотипных водоема (правобережные пойменные протока, старица и озеро) Верхней Оби, расположенных в окр. г. Барнаула (рис. 1).

Материалы и методы. Пробы фитопланктона отбирали зачерпыванием воды с поверхности в период с апреля по декабрь 2021 г. в характерные фазы гидрологического цикла затопляемости поймы. Фиксировали 40%-м раствором формалина, концентрировали из объема 200–800 мл путем фильтрации через мембранные фильтры «Владипор» МФАС–ОС–3 с диаметром пор 0,8 мкм. Подсчет и определение водорослей проводили в камере Нахотта объемом 0,01 мл, вычисление биомассы фитопланктона осуществляли счетно-объемным методом (Кузьмин, 1975), приравнивая форму клеток к известным геометрическим фигурам (Hillebrand et al., 1999). Препараты изучали с использованием светового биологического микроскопа Биолаб 6Т при увеличении $\times 600$. Таксономическую принадлежность водорослей устанавливали с помощью отечественных и зарубежных определителей, для уточнения систематического положения сверяли с базой данных AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2021).

Результаты и обсуждение. В планктоне протоки выявлены водоросли 52 родов из 40 семейств и 7 отделов: Bacillariophyta – 20 родов, Chlorophyta – 15, Cyanobacteria – 6, Ochrophyta – 4, Euglenophyta – 2, Dinophyta – 2, а также Cryptophyta – 1 род. Преобладают диатомовые и зеленые водоросли (рис. 2). Некоторые представители отдела диатомовых, а именно водоросли родов *Gyrosigma* Hassall, *Neidium* Pfitzer, *Pleurosigma* W.Smith, *Rhoicosphenia* Grunow, *Cumatopleura* W.Smith, *Meridion* C. Agardh, были характерны только для исследованной протоки. Также единично встречались водоросли отдела Chlorophyta – *Tetraedron* Kützing, *Oocystis* Nägeli ex A. Braun, *Selenastrum* Reinsch. Среди Ochrophyta обнаружены представители родов *Synura* Ehrenberg и *Tetraëdriella* Pascher.

Анализ сезонной частоты встречаемости показал, что среди диатомовых основу составляли в 83,3 % случаев представители родов *Nitzschia* Hassall и 66,7 % – *Cyclotella* (Kützing) Brébisson. А представители родов *Fragilaria* Lyngbye, *Pinnularia* Ehrenberg и *Diatoma* Bory обнаружены в 58,3 % проб. Аналогичная частота встречаемости была выявлена для представителей отдела Chlorophyta с широко распространенным в пробах *Monoraphidium* Komárková-Legnerová. Также в 75,0 % случаев встречалась золотистая одноклеточная водоросль *Chrysococcus* Klebs.

Выявлено, что минимальное количество родов – 4, или 7,7 % от общего числа таксонов, наблюдали в начале июня, в то время как пик таксономического разнообразия был отмечен в два этапа – вторая половина апреля и середина мая, 27 (51,9 %) и 26 (50,0 %) от общего числа таксонов, соответ-

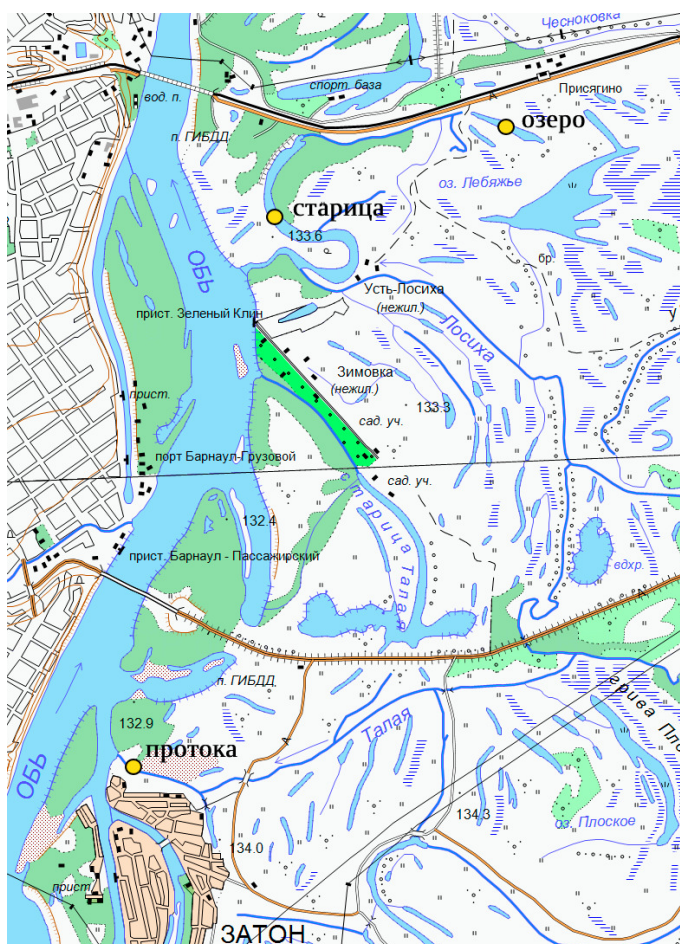


Рис. 1. Схема отбора проб фитопланктона вблизи г. Барнаула (Верхняя Обь).

ственно. В целом, после окончания паводка, начиная с июньского минимума и весь меженьный период, наблюдали стабильное увеличение таксономического разнообразия в протоке от 10 (или 19,2 %) до 23 (или 44,2 %) родов. Интересен для данного водоёма и подледный период, когда рост числа до 16 родов (30,8 %) наблюдался к середине декабря.

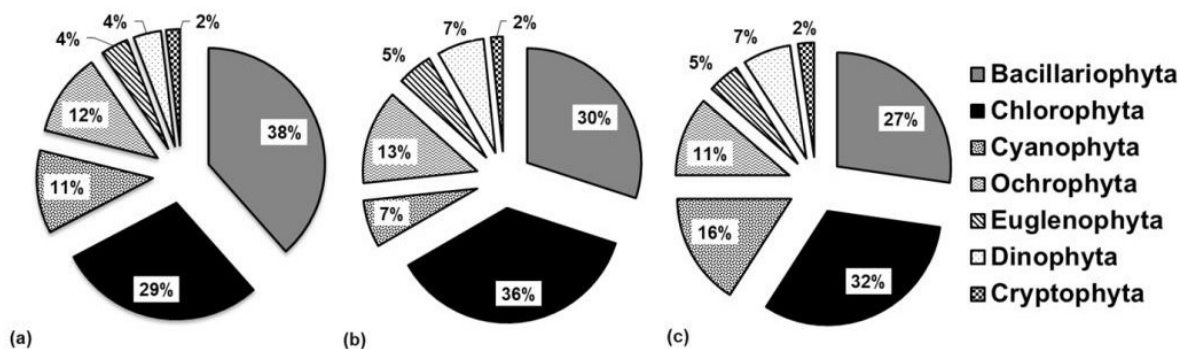


Рис. 2. Соотношение отделов водорослей фитопланктона в 2021 г.: а – протока; б – старица; с – пойменное озеро.

Численность фитопланктона была максимальной в конце июля – 4483 кл./л, что совпало с высоким таксономическим разнообразием – 23 рода из 6 отделов (рис. 3). Минимум развития фитопланктона приходился на период паводка – 35 – 89 кл./л, когда в протоке снижалась прозрачность воды ввиду быстрого течения и взмучивания большого количества терригенных частиц.

Максимум биомассы фитопланктона наблюдали в летние месяцы с пиком в середине июня – 673,1 мг/м³, при этом разнообразие снижалось. Таксономическое богатство в начале июня определялось только представителями отдела Bacillariophyta – это *Nitzschia*, *Fragilaria* и *Melosira* C. Agardh. Chlorophyta были представлены родом *Chlamydomonas* Ehrenberg, который при низкой численности (250 кл./л) имел достаточно высокую биомассу (527,3 мг/м³) ввиду крупных размеров клеток (рис. 3).

При исследовании старицы сводный список таксонов насчитывал 57 родов водорослей из 49 семейств отделов Chlorophyta – 22 рода, Bacillariophyta – 18, Ochrophyta – 5, Cyanobacteria – 4, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 3, а также Cryptophyta – 1 род.

В процентном соотношении на первом ранговом месте оказался отдел Chlorophyta – 36,7 %, на втором – отдел Bacillariophyta, 30,0 % (см. рис. 2). Только для старицы были характерны представители диатомовых рода *Stephanodiscus* Ehrenberg, зеленых можно было встретить водоросли родов *Desmatractum* West et G. S. West, *Actinastrum* Lagerheim, *Closteriopsis* Lemmermann, *Cosmarium* Corda ex Ralfs, *Pediastrum* Meyen, *Golenkinia* Chodat, *Desmococcus* F. Brand, *Pandorina* Bory, *Protococcus* C. Agardh. Единично были обнаружены представители отделов Cyanobacteria – *Rhabdoderma* Schmidle et Lauterborn, и Euglenophyta – *Lepocinclis* Perty, а также Dinophyta – *Ceratium* F. Schrank и Ochrophyta – *Ophiocytium* Nägeli.

Частота встречаемости для золотистых водорослей составила 91,9 % (р. *Chrysococcus*); зеленых (р. *Monoraphidium*) – 81,8 %; *Scenedesmus* Meyen, *Chlorella* Beyerinck, а также *Melosira* и *Pinnularia* – по 54,5 %, соответственно. Среди диатомовых 72,7 % приходилось на водоросли родов *Navicula* Bory, *Cyclotella*, 63,6 % – *Nitzschia*.

Максимальная численность фитопланктона была отмечена в конце апреля (10833 кл./л) (см. рис. 3). Возможно, под влиянием паводка произошло попадание в толщу воды водорослей из обрастающих, что увеличило разнообразие фитопланктона. Постепенное снижение численности не влияло на биоразнообразие таксонов, ввиду, вероятно, того, что вода в этот период может быть достаточно прогрета и иметь высокую прозрачность при низких скоростях течения.

Биомасса максимальная выявлена в начале июня (1947 мг/м³), второй пик был отмечен в конце июля (1806 мг/м³), как и в протоке (см. рис. 3).

Флора планктона пойменного озера состояла из 44 родов водорослей, 33 семейств и 7 отделов: Chlorophyta – 14 родов, Bacillariophyta – 12, Cyanobacteria – 7, Ochrophyta – 5, Dinophyta – 3, Euglenophyta – 2 и Cryptophyta – 1 род. Небольшая глубина водоема и развитая литораль способствует развитию в фитопланктоне озера большого количества бентосных форм водорослей. Основу преоб-

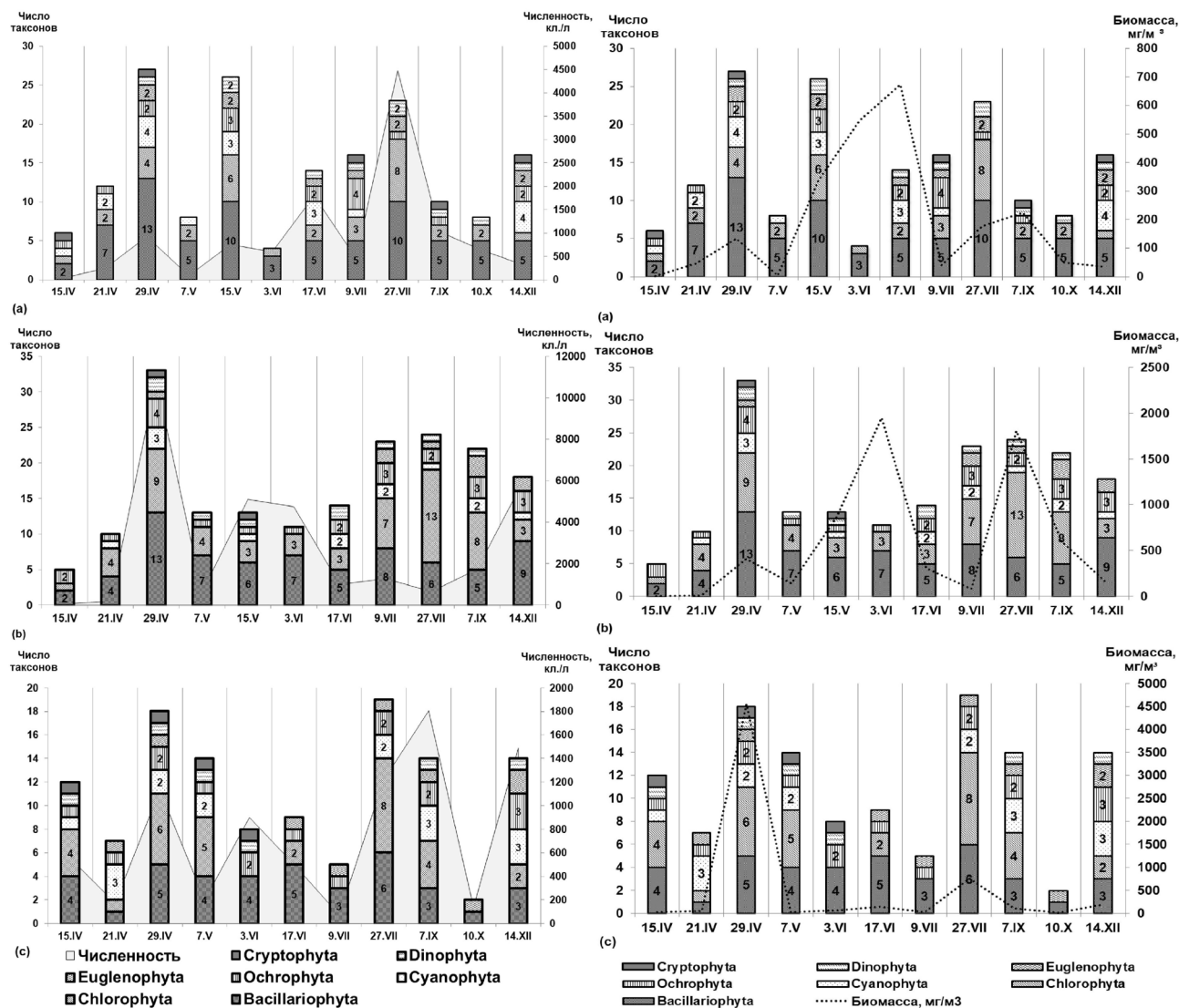


Рис. 3. Сезонная динамика изменчивости таксономического состава, численности биомассы фитопланктона, апрель – декабрь 2021 г.: а – протока; б – старица; с – пойменное озеро.

ладающих по числу выявленных родов составили отделы зеленых – 31,8 % и диатомовых – 27,3 % (см. рис. 2). Только для рассматриваемого водоема были характерны представители зеленых водорослей – родов *Kirchneriella* Schmidle и *Ankistrodesmus* Corda, а также цианобактерий – *Dactylococcopsis* Hansgirg и золотистых – *Chrysocapsa* Pascher.

В составе альгофлоры по частоте встречаемости преобладали золотистые – *Chrysococcus* (81,8 %) и диатомовые – *Navicula* и *Cyclotella* (54,5 %).

В течение года диапазон изменения численности и биомассы фитопланктона в озере был значительный. Максимальная численность приходилась на три даты периода открытой воды: 29 апреля – 1130 кл./л, 27 июля – 1220 и 7 сентября 1806 кл./л, а также подо льдом в декабре за счет присутствия в планктоне множественных бентосных форм – 1489 кл./л (14 родов). Биомасса весеннего планктона озера максимальна: 29 апреля – 4551,6 мг/м³, незначительный ее подъем отмечен летом 27 июля – до 758,8 мг/м³ (см. рис. 3).

Таким образом, в фитопланктоне трёх разнотипных водоемов поймы Верхней Оби выявлено 78 таксонов водорослей на уровне рода из 7 отделов: Bacillariophyta – 24 рода, Chlorophyta – 27, Ochrophyta – 11, Cyanophyta – 8, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 3 и Cryptophyta – 1 род. В протоке преобладающим по числу таксонов были представители диатомовых водорослей, отдел Bacillariophyta; для старицы и озера – представители зеленых, отдел Chlorophyta. Наибольшая частота встречаемости крупных таксонов: в протоке выявлена для диатомовых 58,3 – 83,3 % (pp. *Nitzschia*, *Fragilaria*, *Pinnularia*, *Diatoma* и *Cyclotella*) и зеленых – около 58,3 % (р. *Monoraphidium*); в старице – одноклеточных золоти-

стых – 91,9 % (р. *Chrysococcus*), зеленых – 54,5 – 82,0 % (рр. *Monoraphidium*, *Scenedesmus*) и диатомовых – 63,6 – 72,7 % (рр. *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Cyclotella* и *Melosira*); в пойменном озере – золотистых – 82,0 % (р. *Chrysococcus*) и диатомовых – 54,5 % (рр. *Navicula* и *Cyclotella*).

Максимальные значения биомассы фитопланктона выявлены в пойменном озере весной в конце апреля – 4551,6 мг/м³, в то время как в протоке максимум по данному показателю был достигнут лишь в середине июня – 673,1 мг/м³. Для старицы пик биомассы фитопланктона отмечен в начале июня – 1947,8 мг/м³ и конце июля – 1807,0 мг/м³. По уровню биомассы фитопланктона пойменное озеро и старица относятся к мезотрофным водоемам (до 1,0 – 5,0 г/м³), протока – олиготрофному (до 1,0 г/м³) (по: Трифонова, 1990).

ЛИТЕРАТУРА

Котовицков А. В., Митрофанова Е. Ю., Кириллова Т. В. Удельное содержание хлорофилла в биомассе фитопланктона Верхней Оби // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы докл. III Междунар. науч. конф. (пос. Борок, 24–29 августа 2014 г.). – Борок: Общество с ограниченной ответственностью «Филигрань», 2014. – С. 148–150.

Котовицков А. В., Суторин И. А., Долматова Л. А., Дьяченко А. В. Температурный и кислородный режим в пойменном водоеме (бассейн верхней Оби) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества, 2015. – № 3(38). – С. 55–62.

Кузьмин Г. В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 73–93.

Миркин Б. М., Муст Н. М., Наумова Л. Г. Анализ экологии гигрофильных растений пойм Башкирского Предуралья методом ординации с использованием межвидовых сопряженностей // Экология, 1970, – № 6. – С. 32–36.

Трифопова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. – 184 с.

Guiry M. D., Guiry G. M. Algae Base. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2021. URL: <https://www.algaebase.org> (Accessed 01 May 2023).

Hillebrand H., Durselen C.-D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalga // J. Phycol., 1999. – Vol. 35. – P. 403–424.