

УДК 581.526.325

О РАСЧЕТЕ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ФИТОПЛАНКТОНА
ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Е.И.Аксенова, В.И.Полтинников
(АзНИИРХ)

Разработка оптимального режима управления природными ресурсами и, в частности, сырьевыми ресурсами внутренних водоемов страны требует повышения надежности и точности методов сбора и обработки исходных данных о водной среде и ее обитателях.

Одним из наиболее важных показателей количественного учета гидробионтов является биомасса, выражающая суммарное весовое количество организмов на единицу объема или площади водоема.

Наиболее старые и общепринятые методы определения биомассы основаны на учете в пробе количества организмов и их размерно-весовых характеристик.

Методы автоматической регистрации биомассы (по ее физическим показателям) лишь начинают разрабатываться. В некоторых работах есть указания на применение для автоматической регистрации количества организмов электронного счетчика Коултера (Hastings, Woodlana et al., 1962; Parsons, 1962; Maloney Thomas et al., 1963), счетчика плотности (Adams, 1968) и этого же счетчика в комбинации с анализатором распределения клеток по размерам (Parsons, 1965).

В отечественных исследованиях автоматическую регистрацию биомассы организмов применяют в установках непрерывного культивирования и основана она на измерении оптической плотности суспензий без учета размеров и видовой принадлежности биологических объектов. В гидробиологических исследованиях автома-

тическую регистрацию количества организмов не применяют, поскольку соответствующих отечественных приборов нет, а счетчики иностранных марок не используются.

Несмотря на важность биомассы как одной из основных характеристики продукционной специфики водоема, общепринятые методы ее оценки довольно субъективны и неточны, особенно в отношении биомассы водорослей, для которых в отличие от животных нет унифицированных таблиц объемов и весов. В связи с этим в 1960 г. в Минске, а затем в 1963 г. в Риге на IX научном совещании по изучению внутренних водоемов Прибалтики было решено упорядочить методы определения биомассы фитопланктона по суммарному рассчитанному объему клеток водорослей.

Наиболее точным среди применяемых расчетных методов оценки биомассы фитопланктона принято считать метод "истинного объема", основанный на вычислении среднего объема клеток каждого вида водорослей с учетом их геометрической формы и размеров (Киселев, 1956). Однако и этот метод не лишен недостатков.

Во-первых, большинство авторов при расчете биомассы используют не индивидуальные, а средние объемы водорослей, получаемые осреднением индивидуальных объемов, или, что еще менее точно, перемножением полученных в нескольких измерениях средних линейных размеров.

Во-вторых, субъективен выбор исследователем геометрического подобия формы клетки.

В литературе имеется лишь несколько работ, в которых приводятся геометрические фигуры, аппроксимирующие объемы водорослей (Сретенская, 1961; Votavova, 1961; Гринь, 1963; Кумсаре, 1963; Качаева, 1966; Макарова, Пичинлы, 1970). При этом один и тот же вид различные авторы аппроксимируют различными фигурами, в результате чего невозможно сопоставить результаты наблюдений не только по разным водоемам, но, часто, и в пределах одного бассейна. Кроме того, эти фигуры охватывают далеко не все многообразие водорослей.

Наконец, большинство авторов использует для аппроксимации водорослей всего несколько простейших тел: шар, цилиндр, эллипсоид, параллелепипед (Кумсаре, 1963; Качаева, 1966;

Кузьмин, 1971; Votavova, 1961), - в то время как уже сама аппроксимация неизбежно вносит неточность в вычисление биомассы. Поэтому для сведения погрешности к минимальной необходимо клетку каждого вида приравнять к той геометрической фигуре, которая наиболее точно описывает конфигурацию образца.

Предложенный Л.Д.Численко (1968) метод определения биомассы зоопланктона при помощи номограммы не позволяет учитывать видовую принадлежность организма. Методы определения поверхности и объема клеток по их пластилиновым моделям (Lhomann, 1908) или по количеству краски, расходуемой на их окрашивание (Кольцова, 1970), очень громоздки и не пригодны для серийных расчетов.

Чтобы повысить точность и объективность количественных оценок фитопланктона, а также автоматизировать обработку данных, в 1971 г. начата разработка методики анализа на Э.В.М. биомассы фитопланктона Азовского бассейна (с сохранением временно за альгологом-оператором количественного учета и промеров водорослей).

На первом этапе был разработан кодификатор водорослей бассейна Азовского моря. В основу кодификатора положен единый список водорослей Азовского моря, впадающих в него крупных рек и лиманов, составленный в соответствии с правилами Международной таксономической номенклатуры и включающий 910 видов и внутривидовых таксонов водорослей.

На следующем этапе были подобраны 47 аппроксимирующих геометрических фигур для 496 основных водорослей бассейна.

Водоросли аппроксимировали на основе данных об их морфологическом строении, содержащихся в справочной литературе (определители, атласы, таблицы, монографии^{x/}), и собственных наблюдений (микроскопирование, микрорисовки, микрофотографии). Каждый вид был зарисован в трех проекциях и аппроксимирован объемным геометрическим телом, по возможности максимально приближающимся к конфигурации водоросли. Внутривидовые таксоны аппроксимировали лишь в том случае, если их форма отличалась от типичной для вида.

x/ Справочная литература в общем списке отмечена знаком (x).

Сопоставление геометрических фигур, подобранных для аппроксимации водорослей, с принятыми другими авторами свидетельствует о некоторых разногласиях, возникших в результате неточностей, допущенных при учете типов строения и, в частности, типов симметрии, водорослей различных систематических групп.

При аппроксимации большинства водорослей, имеющих в поперечном сечении радиальное строение (отделы синезеленых, золотистых, пирофитовых, эвгленовых, классы вольвоксовых, улотриковых, зигнемовых, центрических диатомей), несоответствий почти не встречается.

Можно лишь указать на неточности, допущенные некоторыми авторами при учете характера продольного сечения клеток. Так, у водорослей родов *Euglena*, *Ankistrodesmus*, *Actinastrum*, концы заостренные и, следовательно, они аппроксимируются двумя конусами (или цилиндром и двумя конусами), но некоторые авторы аппроксимируют их цилиндром (Сретенская, 1961; Гринь, 1963). Другие неточности в аппроксимации водорослей, имеющих радиальную симметрию, менее существенны.

Более сложна и спорна аппроксимация диатомей класса перистых, в котором наблюдаются различные типы симметрии. При аппроксимации этих водорослей особенно различными исследователями часто возникают расхождения в выборе фигур геометрического подобия (табл. I).

Таблица I

Водоросли, аппроксимация которых расходится с литературными данными

Водоросли	Наше данные	Литературные данные
<u>Диатомовые</u>		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	Эллиптический цилиндр	Параллелепипед (Гринь, 1963)
<i>D. elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	Параллелепипед	Цилиндр (Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Fragilaria cro-</i> <i>tonensis</i> Kitt.	2 трехгранные призмы	Цилиндр + 2 конуса (Сретенская, 1961; Гринь, 1963)
<i>F. virescens</i> Ralfs	Параллелепипед	2 конуса (Гринь, 1963)

Водоросли	Наши данные	Литературные данные	
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	2 трехгранные призмы	Цилиндр + 2 конуса	(Сретенская, 1961; Гринь, 1963)
<i>Synedra acus</i> Kütz.	То же	Цилиндр + 2 конуса	(Сретенская, 1961) (Гринь, 1963; Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	Параллелепипед	Цилиндр	(Гринь, 1963)
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	Эллиптический цилиндр	Параллелепипед	(Сретенская, 1961) (Гринь, 1963; Сретенская, 1961)
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.	Четырехгранная усеченная пирамида	Параллелепипед	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	Эллиптический цилиндр	2 конуса	(Гринь, 1963; Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	2 трехгранные призмы	То же	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>N. radiosa</i> Kütz.	То же	"	То же
<i>Pinnularia mircostauron</i> (Ehr.)	Эллиптический цилиндр	Параллелепипед	"
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	2 трехгранные призмы	2 конуса	"
<i>G. strigle</i> (W.Sm.) Cl.	То же	То же	"
<i>G. macrum</i> W.Sm.	2 четырехгранные усеченные пирамиды + 2 параллелепипеда	"	"
<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Sm.	2 трехгранные призмы	"	"
<i>Amphiprora alata</i> Kütz.	2 цилиндра	Параллелепипед	"
<i>A. paludosa</i> W.Sm.	То же	То же	"
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz	2 трехгранные призмы с непараллельными основаниями	Конус	"
<i>Erithemia zebra</i> (Ehr.) Kütz	Эллиптический цилиндр	Цилиндр + 2 трехгранные призмы	(Сретенская, 1961) (Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Vacillaria paradoxo</i> Gmelin	Параллелепипед + 2 трехгранные призмы	Цилиндр	То же

Водоросли	Наим. данные	Литературные данные	
<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch + var. <i>tryblionella</i> Grun.	Параллелепипед + 2 четырехгранные пирамиды	Эллиптический цилиндр	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>N. tryblionella</i> var. <i>levidensis</i> (W.Sm.)	То же	То же	То же
<i>Nitzschia hungarica</i> Grun.	—"	Параллелепипед	—"
<i>N. apiculata</i> (Greg.) Grun.	—"	—"	—"
<i>N. acuminata</i> (W.Sm.) Grun.	—"	—"	—"
<i>N. punctata</i> (W.Sm.) Grun.	—"	Эллиптический цилиндр	—"
<i>N. holsatica</i> Hust.	—"	Цилиндр	(Гринь, 1963)
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W.Sm.	Параллелепипед	2 конуса	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>N. lorenziana</i> Grun.	2 четырехгранные пирамиды	—"	То же
<i>N. aciculatis</i> W.Sm.	—"	—"	—"
		Цилиндр	(Гринь, 1963)
<i>N. closterium</i> (Ehr.) W.Sm.	2 четырехгранные пирамиды + 2 параллелепипеда	2 конуса	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<u>Сине-зеленые</u>			
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.	Шаровой сегмент	Шар	(Гринь, 1963; Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	Эллипсоид	—"	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>M. punctata</i> Meyen	—"	—"	То же
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Näg.	Эллипсоид	—"	(Гринь, 1963)
		Эллипсоид	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>Gleocapsa minuta</i> Hollerb. ampl. (Kütz.)	1/2 шара	Шар	(Сретенская, 1961)
<i>G. limnetica</i> (Lemm.) Hollerb.	То же	—"	(Гринь, 1963)

Водоросли	Наши данные	Литературные данные	
<i>Anabaena bergii</i> Ostenf.	Бочка	Цилиндр	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>A. flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.	Эллипсоид	"	(Сретенская, 1961; Гринь, 1963)
<i>Spirulina laxissima</i> G.S. West	Цилиндр, скрученный в спираль	"	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<u>Золотистые</u>			
<i>Chromulina rosanoffii</i> Butschli	Эллипсоид	Шар	(Гринь, 1963)
<i>Ochromonas pallida</i> Korsch.	"	"	То же
<i>Synura uvella</i> Ehr. emend. Korsch.	"	"	(Сретенская, 1961)
<u>Пирофитовые</u>			
<i>Glenodinium leniticulata</i> (Berg. Schill.	2 шаровых сегмента	Эллипсоид	(Макарова, Пичкилы, 1970)
<i>G. caspicum</i> (Ostef. Schill.	Эллипсоид	Шар	То же
<i>Ceratium hirsutum</i> Bergh.	Цилиндр + 3 конуса	3 конуса	(Сретенская, 1961)
<u>Эвгленовые</u>			
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend. Defl.	Эллипсоид	Шар Цилиндр	То же (Гринь, 1963)
<i>Strombomonas urceolata</i> (Stokes) Defl.	Эллипсоид вращения + цилиндр + конус	"	(Сретенская, 1961)
<i>Euglena polymorpha</i> Dang.	Эллипсоид вращения + конус	Конус	(Гринь, 1963)
<i>E. acus</i> Ehr.	Цилиндр + конус	" Цилиндр	(Гринь, 1963) (Сретенская, 1961)
<i>Euglena spirogyra</i> Ehr.	То же	"	То же
<i>Phacus curvicauda</i> Swir.	Эллиптический цилиндр	"	(Гринь, 1963)
<i>Ph. pleuronectes</i> Duj.	То же	"	(Сретенская, 1961; Гринь, 1963)

Водоросли	Наши данные	Литературные данные	
<u>Зеленые</u>			
<i>Goniol. pectata</i> le Mull.	Эллипсоид вращения	Шар	(Сретенская, 1961)
<i>Pandorina morum</i> (Mull.) Bory	То же	---	То же
<i>Tetraedron</i> <i>triangulare</i> Korsch.	Трехгранная призма	Параллеле- пипед	(Гринь, 1963)
<i>T. caudatum</i> (Corda) Hansg	4 трехгр. нные призмы	---	То же
<i>Oocystis borgei</i> Snow	Эллипсоид вращения	Шар	---
<i>O. submarina</i> Lagerch.	То же	---	(Сретенская, 1961)
<i>Ankistrodesmus</i> <i>logissimus</i> (Lemm.) Wille	Цилиндр + 2 конуса	Цилиндр	То же
<i>A. falcatus</i> (Corda) Falts	2 конуса	---	---
<i>Kirchneriella</i> <i>obesa</i> (West) Schmidle	5/6 шара	---	(Гринь, 1963)
<i>K. lunaris</i> (Kirsch) Moeb.	То же	---	То же
		Шар	(Сретенская, 1961)
<i>Crucigenia</i> <i>quadrata</i> Morren.	Трехгранная призма	Параллеле- пипед	То же
<i>Actinastrum</i> <i>hantzschii</i> Lagerch.	2 конуса	Цилиндр	---
<i>Scenedesmus</i> <i>acuminatus</i> (Lagerch.) Chod.	То же	Эллипсо- ид	---

Так, водоросли родов *Cocconeis*, *Navicula* и *Pinnularia* с учетом билатеральной симметрии в зависимости от формы створки должны аппроксимироваться эллиптическим цилиндром (если створки эллиптические) или двумя трехгранными призмами (если створки ланцетные заостренные), виды *Pleurosigma* и *Gyrosigma* - двумя трехгранными призмами. Лишь для *G. macrum* с очень удлиненными концами предлагаем в качестве геометрической модели клетки две четырехгранные пирамиды + 2 параллелепипеда.

Виды родов *Synedra* и *Fragilaria*, имеющие ланцетные или линейно-ланцетные створки, аппроксимируются двумя трехгранными призмами и лишь их представители, имеющие линейные створки (например, *S. ulna* var. *spatulifera*) - параллелепипедом. Видам рода *Asterionella*, а также виду *Diatoma elongatum*, имеющим узко-ланцетные створки и линейный панцирь, точнее всего соответствует по форме параллелепипед.

Поскольку поперечное сечение водоросли перечисленных родов имеет вид прямоугольника или ромба, их не следует аппроксимировать фигурами вращения, как это делают многие исследователи, приравнивающие виды *Navicula*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma* к двум конусам (Макарова, Пичкилы, 1970), виды *Synedra*, *Diatoma*, *Fragilaria* - к цилиндру или двум конусам (Сретенская, 1961; Гринь, 1963; Макарова, Пичкилы, 1970). По этой же причине не следует аппроксимировать конусом виды *Gomphonema*, цилиндром вид *Brillaria paradoxa*, цилиндром *Epithemia zebra*. Видам рода *Nitzschia*, имеющим в поперечном сечении ромб, должны соответствовать не фигуры вращения (Гринь, 1963; Макарова, Пичкилы, 1970), а многогранники (в зависимости от формы створки - параллелепипед, две четырехгранные пирамиды или две трехгранные призмы).

Помимо уточнения фигур геометрического подобия для 156 видов, разновидностей и форм водорослей, 340 видов и внутривидовых таксонов и 50 родов водорослей аппроксимированы впервые.

В завершение работы составлены программы обьсчета на Э.В.М. численности и биомассы фитопланктона.

В качестве макета для записи первичных данных принят упрощенный вариант предложенного ВНИРО бланка "Фитопланктон", образец которого приведен ниже (табл.2).

В качестве кодов, шифрующих названия видов, родов и отделов, принято пятизначное число, в котором первый знак обозначает порядковый номер отдела, два следующих - номер рода и два последних - номер вида.

Численность и биомасса водорослей всех видов считают по клеткам. Расчет биомассы колониальных водорослей сложной конфигурации требует специальной разработки.

БЛАНК "ФИТОПЛАНКТОН"

1. Серия _____ 2. Организация _____ 3. Тип судна и его бортовой номер _____
 4. Орудие лова _____ 5. Год _____ 6. Число и месяц _____ 7. Время лова _____
 8. Район _____ 9. Квадрант _____ 10. Широта _____ 11. Долгота _____
 12. Номер станции _____ 13. Номер лова _____ 14. Замечания _____ 15. Глубина лова _____
 16. Горизонт лова _____ 17. Емкость батометра _____ 18. Первичный объем пробы _____
 19. Объем сконцентрированной пробы _____ 20. Объем штемпель-пипетки или камеры _____
 21. Число строк в бланке _____

№ п/п	Латинское название водоросли	Код организма	Код аппроксимирующей фигуры	Параметры (размеры) организма)					Число о- размерных организмов в пипетке	
				3	4	5	6	7		8
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Алгоритм программы включает четыре последовательных действия.

I. Определение численности и биомассы каждого вида водорослей по формулам:

$$N^{\text{ВИД}} = \frac{W}{v \cdot V} \cdot \sum n_i; \quad B^{\text{ВИД}} = \frac{W}{v \cdot V} \cdot \rho \cdot \sum b_i,$$

где $N^{\text{ВИД}}$ - численность водорослей всех размерных групп одного вида;

k_1 - число размерных групп внутри вида;

$B^{\text{ВИД}}$ - биомасса водорослей всех размерных групп одного вида;

n_i - число одноразмерных клеток одного вида;

b_i - биомасса одноразмерных клеток одного вида;

v - объем шпатель-пипетки (или камеры);

W - объем сконцентрированной пробы;

V - первичный объем пробы;

ρ - удельный вес клеток (принят = 1).

II. Вычисление численности и биомассы каждого рода водорослей по формулам:

$$N^{\text{РОД}} = \sum_{i=1}^{k_2} N^{\text{ВИД}}; \quad B^{\text{РОД}} = \sum_{i=1}^{k_2} B^{\text{ВИД}},$$

где k_2 - число видов в роду;

$N^{\text{РОД}}$ - численность водорослей одного рода;

$B^{\text{РОД}}$ - биомасса водорослей одного рода.

III. Определение численности и биомассы каждого отдела водорослей по формулам:

$$N^{\text{ОТД}} = \sum_{i=1}^{k_3} N^{\text{РОД}}; \quad B^{\text{ОТД}} = \sum_{i=1}^{k_3} B^{\text{РОД}},$$

где k_3 - число родов в отделе;

$N^{\text{ОТД}}$ - численность водорослей одного отдела;

$B^{\text{ОТД}}$ - биомасса водорослей одного отдела.

IV. Определение суммарной численности и биомассы всех водорослей в пробе по формулам:

$$N^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{k_4} N^{\text{отд}}; \quad B^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{k_4} B^{\text{отд}},$$

где k_4 - число отделов;
 N^{Σ} - численность водорослей всех отделов;
 B^{Σ} - биомасса водорослей всех отделов.

Программа предназначена для расчета численности и биомассы фитопланктона на Э.Ц.В.М. "Минск-22" по вышеприведенным формулам и написана на языке АКИ-400.

Образец исходных данных, подготавливаемых для ввода в машину, приведен в табл.3 и 4, а результаты, выдаваемые машиной, - в табл.5 и 6.

Таблица 3

Исходные данные

- | | |
|-----------------------------------|---|
| I. Серия | II. Долгота (град. и мин.) |
| 2. Организация | I2. Номер станции |
| 3. Тип судна и его бортовой номер | I3. Номер лова |
| 4. Орудие лова | I4. Замечание |
| 5. Год | I5. Глубина места (м) или коэф. пересчета на м ² |
| 6. Число и месяц | I6. Горизонт лова (м) |
| 7. Время лова (час) | I7. Емкость батометра (л) |
| 8. Район мирового океана | I8. Первичный объем пробы (мл) |
| 9. Квадрант | I9. Объем сконцентрированной пробы (мл) |
| 10. Широта (град. и мин.) | 20. Объем пипетки (мл) |

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
105	10	II	150	71	2508	23	21135	3	7109

II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20
I23I5	II	I89	I5	5	I32	I	500	50	0,1

Таблица 4

Исходные данные (продолжение)

1. Код организма
2. Фигура (геометрическая)
- 3-8. Параметры (размеры) организма, мк
9. Число одноразмерных организмов (в пипетке), шт.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10101	1	4	3	0	0	0	0	18
30301	7	2	10	0	0	0	0	3
30406	7	10	20	0	0	0	0	3
30603	7	7	9	0	0	0	0	6
32707	19	5	5	200	20	8	6	21
32707	19	3	3	110	110	5	4	6
32707	19	6	6	250	250	10	7	3
60101	2	8	0	0	0	0	0	6
70216	32	6	7	0	0	0	0	3
71101	32	3	2	0	0	0	0	48
73004	32	7	6	0	0	0	0	9
73502	32	4	2	0	0	0	0	9
75626	32	8	4	0	0	0	0	18
76301	3	3	40	0	0	0	0	9

Таблица 5

Распределение биомассы и численности организмов по отделам

1. Номер отдела	2. Биомасса, г/м ³	3. Абсолютная ошибка биомассы, г/м ³	4. Относительная ошибка биомассы, %	5. Число организмов, шт/м ³	6. Биомасса, г/м ²	7. Абсолютная ошибка биомассы, г/м ²	8. Относительная ошибка биомассы, %	9. Число организмов, шт/м ²
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,000858	0,000743	39,9	18000000	0,004288	0,001714	39,9	90000000
2	0,173705	0,142833	82,2	42000000	0,868524	0,714166	82,2	210000001
3	0,001608	0,000302	18,7	6000000	0,008042	0,001508	18,7	30000000
4	0,005083	0,001601	31,8	96000000	0,025415	0,008105	31,8	430000000

Таблица 6

Суммарная биомасса и численность организмов

1. Номер пробы	2. Биомасса, г/м ³	3. Абсолютная ошибка биомассы, г/м ³	4. Относительная ошибка биомассы, %	5. Число организмов, шт/м ³	6. Биомасса, г/м ²	7. Абсолютная ошибка биомассы, г/м ²	8. Относительная ошибка биомассы, %	9. Число организмов, шт/м ²
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,181254	0,145099	80,0	162000001	0,906270	0,725494	80,0	810000001

Программа позволяет подсчитать численность и биомассу водорослей по видам, родам, отделам и суммарно для всего фитопланктона (в m^3 и под m^2).

Предлагаемая методика анализа на Э.В.М. численности и биомассы фитопланктона во все гидробиологические и рыбохозяйственные исследования позволит, во-первых, унифицировать методику учета фитопланктона, сделав более сопоставимыми результаты альгологических данных по различным водоемам; во-вторых, повысить объективность и точность количественного учета фитопланктона и тем самым надежность расчетов по прогнозу кормности водоемов; в-третьих, сократить в 40-60 раз время, затрачиваемое на цифровую обработку материала по фитопланктону; в-четвертых, накапливать статистические данные по количественному развитию и частоте встречаемости водорослей в форме, удобной для дальнейшего биологического и математического анализа.

Л и т е р а т у р а

- X Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып.2, изд-во "Советская наука", 1953.
- Гринь В.Г. Объемно-вагова характеристика провідних видів фітопланктону нижнього Дніпра. Питання екології і ценології водних організмів Дніпра, 1963.
- X Дедусенко-Щеглова Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Зеленые водоросли. Класс вольвоксовые. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып.8, изд.АН СССР, 1959.
- X Дедусенко-Щеглова Н.Т., Голлербах М.М. Желто-зеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып.5, изд.АН СССР, 1962.
- X Еленкин А.А. Сине-зеленые водоросли СССР. Части специальные I, 2, изд.АН СССР, 1938, 1949.
- X Жузе А.П., Забелина М.М., Киселев И.А., Порецкий В.С., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Диатомовый анализ, кн. I, 2, 3, гос.изд.геолог.литер, 1949-1959.
- X Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова С.В. Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып.4, гос.изд-во "Советская наука", 1951.

- X Киселев И.А. Панцирные жгутиконосцы (*Dinoflagellatae*) морей и пресных вод СССР. Определитель по фауне СССР. Изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1950.
- X Киселев И.А. Пирофитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып. 6, изд-во "Советская наука", 1954.
- X Киселев И.А. Методы исследования планктона. Жизнь пресных вод СССР, т. У, гл. 37, изд. АН СССР, 1956.
- Качаева М.И. Размерно-весовая характеристика основных форм фитопланктона Ивано-Арахлейских озер. Сб. "Вопросы географии и биологии". Уч. зап. кафедры естеств.-географ. фак-та. Чита, 1966.
- Кольцова Т.И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона. Научн. доклады В. Шк. Биоло. науки № 6, 1970.
- X Коршиков О.А. Визначник прісноводних водоростей УРСР, *Volvocineae*. Вид АН УРСР, Киев, 1938.
- X Коршиков О.А. Визначник прісноводних водоростей УРСР. Підклас протококові (*Pritococcineae*). Вид. АН УРСР, Киев, 1953.
- Кузьмин Г.В. Фитопланктон Шекснинского водохранилища и сопредельной ему акватории Рыбинского. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Л., 1971.
- Кумсаре А.Я. Расчет биомассы фитопланктона по суммарному объему клеток. Рыбное хозяйство внутренних водоемов. Латв. ССР, УП, Рига, 1963.
- X Матвиенко А.М. Золотистые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып. 3, изд-во "Советская наука", М., 1954.
- X Матвиенко О.М. Золотисті водорості *Chrysophyta*. Визначник прісноводних водоростей УРСР. Ш, ч. I, Вид. "Наукава Думка", Киев, 1965.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона. Ботан. журн., т. 55, № 10, 1970.
- X Попова Т.Г. Эвгленовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР, вып. 7, изд-во "Советская наука", 1955.
- X Попова Т.Г. Эвгленовые водоросли, вып. I. Флора споровых растений СССР, т. УШ, изд-во "Наука", 1966.

- X Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Изд. АН СССР, М.-Л., 1955.
- X Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. Изд. АН СССР, М.-Л., 1963.
- X Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. Водоросли планктона Каспийского моря. Изд-во "Наука", 1968.
- Сретенская Н.И. Объемы и веса руководящих форм прудового фитопланктона рыбхозов Белорусского Полесья. ДАН БССР, т.У, № I, 1961.
- Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела, 1968.
- Adams, K.J. An automatic recording cell counter for monitoring growing populations of unicellular micro-organisms. J.Phys. (J.Sci.Instrum.), E1, N 8, 1968.
- x Cleve-Euler, A. Die Diatomeen von Schweden und Finland. Handl. I-V. Kungl. Sv.Vet-Adad. Stockholm, 1951-1955.
- Hastings, J., Woodlana, Sweeney B.M., Mullin, M.M. Counting and sizing of unicellular marine organisms. Ann.N.Y. Acad.Sci., 1962, 99, N 2, 1962.
- X Hustedt, F. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs, Schweiz, Rabenhorsts. Kryptogamen-Flora, 7, Teil 1-3, 1927-1966.
- Maloney, T.E., Danovan, E.J., Ir.Robinson, E.L. Determination of numbers and sizes of algal cells with an electronic particle counter. Physiology, 2, N 1, 1962.
- Parsons, T.R. The use of particle size spectra in determining the structure of a plankton community. J.Oceanogr.Soc. Japan, 25, N 4, 1962.
- Parsons, T.R. An automatic technique for determining the growth rate of chain-forming phytoplankton. Limnol. and Oceanogr., 10, N 4, 1965.
- X Schmidt, A. Atlas der Diatomaceenkunde, H.I-VIII. Leipzig, 1875-1939.
- X Skujy, H. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. Nova Acta Reg.Sci.Upsaliensis, ser. IV, 18, 3. Uppsala, 1956.

- Votavova Milena. Vahove stanoveni Fytomasy. Vodohospod.
casop, 9, 3, 1961.
- x West, W. et al., A monography of the British Desmidiaceae
v.I, III, V, 1904, 1908, 1923.

TO THE ESTIMATION OF THE ABUNDANCE AND BIOMASS
OF PHYTOPLANKTON WITH A COMPUTER

E.I.Aksenova, V.I.Poltinnikov

S u m m a r y

With special reference to the Azov Sea basin the method of estimating the abundance and biomass of phytoplankton using a computer Model Minsk-22 is presented. Based on a complete list of phytoplankton species inhabiting the Azov Sea and adjacent long rivers and lagoons a coder of seaweeds of the basin has been compiled. The list contains 910 species and intraspecific taxons of seaweeds. A total of 47 geometric figures are selected to appropriate the main seaweeds of the basin.

The programme for computing the abundance and biomass of phytoplankton will increase the accuracy of estimation, save time and provide accumulation of statistical data on the frequency of occurrence of seaweeds in the form suitable for further biological and statistical analyses.