

СЪСТАВ, РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА НА ФИТОПЛАНКТОНА В ПОМОРИЙСКО ЕЗЕРО

Васил П. Василев*, Снежана П. Мончева**, Детелина С. Монева*

* СУ „Св. Кл. Охридски“, Биологически факултет, 1421 (София)

** Институт по океанология - БАН, (Варна)

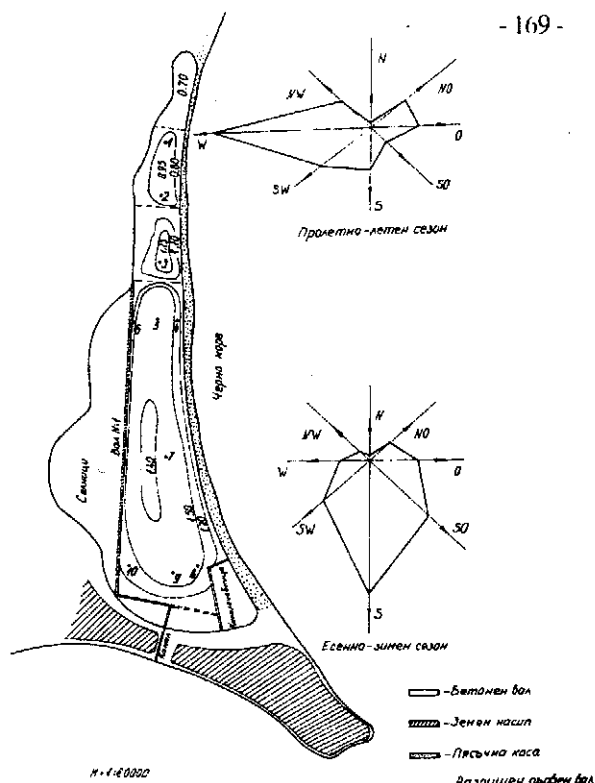
Досегашните проучвания върху фитопланктона като компонент на биотата в Поморийско езеро са твърде ограничени и имат подчертано флористичен характер. Вълканов (1936, 1957) установява 13 вида, като в това число влизат и бентопланктонни видове. Иванов и др. (1964) съобщават за 16 вида, принадлежащи към 4 отдела. Данни за системни количествени фитопланктонологични изследвания в езерото липсват.

Цел на настоящата работа е да се изведат тенденциите в динамиката на основните структурни характеристики на фитопланктона в Поморийско езеро, което е от съществено значение при оценяването на трофичния потенциал на екосистемата на езерото като цяло. В тази статия са отразени част от резултатите от първото комплексно изследване на екосистемата на Поморийско езеро, проведено в периода 1985-1987 г.

Материали и методика. Анализирани са 160 фитопланктонни проби, вземани ежемесечно, или по изключение през месец, от целия воден стълб на станции (ст.) 3, 5, 7 и 8 с планктонна тръба (фиг. 1). На ст. 9 и 10 са провеждани експери-

менти за измерване на интензивността на първичната продукция и дишането на планктона. Там пробите за структурните изследвания на фитопланктонното съобщество и химичните анализи са от хоризонтите 0 и 1 m и са събирани едновременно с пробите за самите експерименти. Количествените фитопланктонни проби с обем 0,5 l са фиксирани с Луголов разтвор и консервирани с 2% формалин. Видовият състав е определян на жив и фиксиран материал.

За определяне таксономичния състав на фитопланктона пробите са концентрирани чрез центрофугиране, а количественият състав с определян по утайтелния метод (Петрова, 1963; Сорокин, 1979). Фитопланктонните видове са преброявани по методиката на U t e r m o h l (1936, цит. по Федоров, 1979), а броят им е преизчисляван на единица обем по метода на Петрова (1963). Индивидуалните тегла на доминиращите видове са определяни въз основа на техните размери и геометрични форми (Кольцова, 1970), а за по-редките видове са използвани установени стандартни тегла (Морозова - Водяницкая, 1954; Раасхе, 1960; Федор



Фиг. 1. Схема на Поморийско езеро с работните станции (А): I - канал; II - калолечебница; III - солници; а - бетонен вал, б - земен насип, в - пясъчна коса, г - разрушен дървен вал (изобатите са в т) и преобладаващи ветрове в района през пролетта и лятото (Б) и през есента и зимата (В).

о в, 1979).

Структурата на планктонното съобщество е характеризирана, като са изчислявани: относителната значимост на всеки вид и отдел според общата им численост и биомаса, индексите на Симпсон за общо доминиране [С], и на Шенън за общо таксономично разнообразие [Н] (по Одум, 1975) и отношението численост към биомаса на фитопланктона [N/B] (по Парчевский, 1980, цит. по Мончева, 1987). Сходството между изследваните станции е оценявано по модифицирания индекс на Жакар

- Наумов (Наумов, 1964), изчисляван въз основа на биомасата на фитопланктона.

Резултати и обсъждане. Таксономичен състав на фитопланктона.

Фитопланктонът в Поморийско езеро има относително еднообразен таксономичен състав. Установени са 39 вида, принадлежащи към следните 5 класа:

Клас Bacillariophyceae

- 1) *Achnanthes brevipes* Agarth (Kutzing);
- 2) *Achnanthes longipes* Agarth;
- 3) *Cocconeis scutellum* Ehrh.;
- 4) *Cyclotella caspia* Grun;
- 5) *Ditylum brightwelli* (West.) Grun;
- 6) *Melosira sulcata* (Ehrh.) Kutz.;
- 7) *Navicula cancellata* Donk.;
- 8) *Navicula* sp.;
- 9) *Nitzschia* sp.;
- 10) *Nitzschia tenuirosrtis* Mer.;
- 11) *Pleurosigma elongatum* W. Smith;
- 12) *Rhizosolenia alata* Brightw.;
- 13) *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve;
- 14) *Thalassionema nitzschioides* Grun;
- 15) *Thalassiosira subsalina* Gr.-Lavr.;

Клас Dinophyceae :

- 1) *Amphidinium longum* Lohrn;
- 2) *Amphidinium klebsii* Kof. et Sw.;
- 3) *Exuviella marina* Gienk.;
- 4) *Gymnodinium fungiforme* Anissimova;
- 5) *Gymnodinium splendens* Lebour;
- 6) *Gymnodinium* sp.;
- 7) *Glenodinium danicum* Paulsen;
- 8) *Glenodinium lenticula* (Berg) Schiller;
- 9) *Glenodinium lenticula* f. minor (Paulsen) Pavillard;
- 10) *Goniaulax minima* Matzemaer;

- 11) *Goniaulax polyedra* Stein;
- 12) *Hemidinium salinum* Anisimov a;
- 13) *Oxyrrhis marina* Dujardin;
- 14) *Peridinium minusculum*;
- 15) *Peridinium steinii* Ostf.;
- 16) *Prorocentrum micans* Ehrenberg;
- 17) *Prorocentrum minimum* Ostf.;

Клас Cyanophyceae:

- 1) *Lyngbia aestuarii* Martens (Liebmann);
- 2) *Merismopedia* sp.;
- 3) *Oscillatoria bulgarica* Komarek;
- 4) *Oscillatoria chlorina* Kutz.;
- 5) *Phormidium* sp.;

Клас Cryptophyceae

Chroomonas sp.;

Клас Chlorophyceae

Platymonas arnoldii Pr. - Lavr.

Значителна част от изброените видове, представители на класовете Bacillariophyceae и Cyanophyceae, са бентопланктонни организми. Относително бедният видов състав вероятно се дължи на екстремните физикохимични условия в езерото. Съставът на фитопланктона почти изцяло се е изменил вследствие на променените условия и главно на значителното понижаване на солеността (Василев, Митрофанова, под печат). Малкото халофилни видове, като *Dunalilla salina* и др., описани в предишни изследвания (Вълканов, 1936, 1957; Иванова и др. 1964), са отстъпили място на значително по-голям брой типично морски евритермни и еврихалинни видове. Тази тенденция се запазва през целия изследван период и е във връзка с намаляването на средногодишната соленост на водата.

Изменението на видовата структура през периода на наблюдения може да се свърже и с промените в съотношението на основните биогенни елементи - значително намален азотен дефицит и превръщане на фосфора в лимитиращ фактор, което се установява и в някои слу-

чай и през втората година на изследвания период. Това е в резултат от промените във водообмена, настъпили след влизане в експлоатация на новите солници (Василев, Митрофанова, под печат).

Хоризонтално разпределение на фитопланктона. През по-голямата част от годината хоризонталното разпределение на фитопланктона е относително равномерно. Изключение прави летният период, когато се наблюдават съществени различия. В средногодишен аспект, на изследваните 6 станции стойностите на биомасата са най-високи на ст. 10 (2-6 пъти по-високи, отколкото на останалите станции), а най-ниски са на ст. 8. (фиг. 2) Както

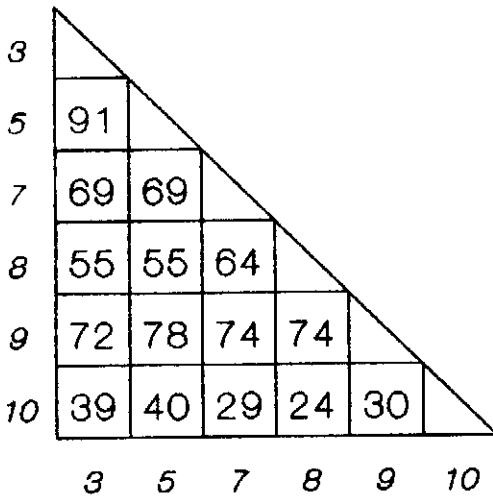


Фиг. 2. Разпределение на средногодишната биомаса на фитопланктона по станции

показва индексът на Жакар-Наумов за сходство по обилието, ст. 10 ясно се обособява от останалите. Ст. 3 и 5 са с изключително високо сходство помежду си и са твърде сходни със ст. 10. Най-съществено се отличава от останалите ст. 8 (фиг. 3).

Предварителните изследвания, проведени през юни 1985 г. върху първоначално набелязаните 10 станции (фиг. 1) показват, че край западния бряг на езерото в непосредствена близост с ивицата гниеци дънни водорасли и в тясната

плитка северна част се наблюдава зона на почти постоянен цъфтеж на фитопланктона. Тя заема 20-30% от общата площ на езерото и обхваща преди всичко ст. 6 и 10, а отчасти - и ст. 1, 2, 3 и 5. През този период числеността на фитопланктона в зоната на цъфтеж, представен основно от динофлагелати (*G. splendens*), достига 2-3.10⁶ клетки/л, а биомасата - до 40-50 g/m³. В зоната без цъфтеж числеността е 500-600.10³ кл./л, а биомасата - 6-8 g/m³. Зоната с цъфтеж закономерно съществува от края на пролетта до есента, когато вълнението, породено от силните северни, североизточни и северозападни ветрове, разнася струпания в западната част детрит и размесва цялата водна маса.



Фиг. 3. Индекс на Жакар-Наумов за сходство между изследваните станции в Поморийско езеро, пресметнат въз основа на биомасата на фитопланктона на ниво таксон „отдел“

Поради тази голяма хоризонтална нееднородност при усредняването на резултатите за числеността и биомасата на фитопланктона, стандартното отклонение за юни 1985 г. достига 94% от средната стойност, а в някои случаи

(29.08.1986 г.) дори надвишава 100%. Ето защо, за да се получат представителни за цялата площ на езерото стойности на структурните и функционалните характеристики на фитопланктона, е взета предвид относителната площ на зоната на цъфтеж.

Почти постоянният цъфтеж в тази зона се дължи на локално обогатяване на водната маса с биогенни соли (В а с и л е в, М и т р о ф а н о в а, под печат), които се отделят при интензивната минерализация на големите количества органична материя. Същевременно обаче, концентрацията им в останалата акватория не се увеличава съществено поради значителната им консумация при голямото обилие на фитопланктона.

През втората половина на есента, зимата и началото на пролетта хоризонталните различия в разпределението на фитопланктона са несъществени. Ако възникнат такива, те най-често са резултат от случайни обстоятелства.

Вертикално разпределение на фитопланктона. За плитък полимиктичен водоем, какъвто е Поморийско езеро, не може да се очакват значителни различия във вертикалното разпределение на фитопланктона. Разликите в количествата фитопланктон между двата хоризонта - 0 и 1 m - рядко надвишават порядъка на грешката на утайтелния метод (25%).

През лятото обаче, когато доминират динофлагелати, се наблюдава тенденция плътността на фитопланктона в повърхностния слой вода да е повишена. Това може да е резултат от вертикалните миграции на някои видове, като *P.minimum* (Сорокин, 1982) и *G. splendens* (Сорокин, 1979) във водните слоеве с оптимална осветеност.

Струпвания на тези видове и особено на *G. splendens* са наблюдавани в Поморийско езеро непосредствено след изгрева на слънцето на самата водна повърхност. Това, съгласно предположението

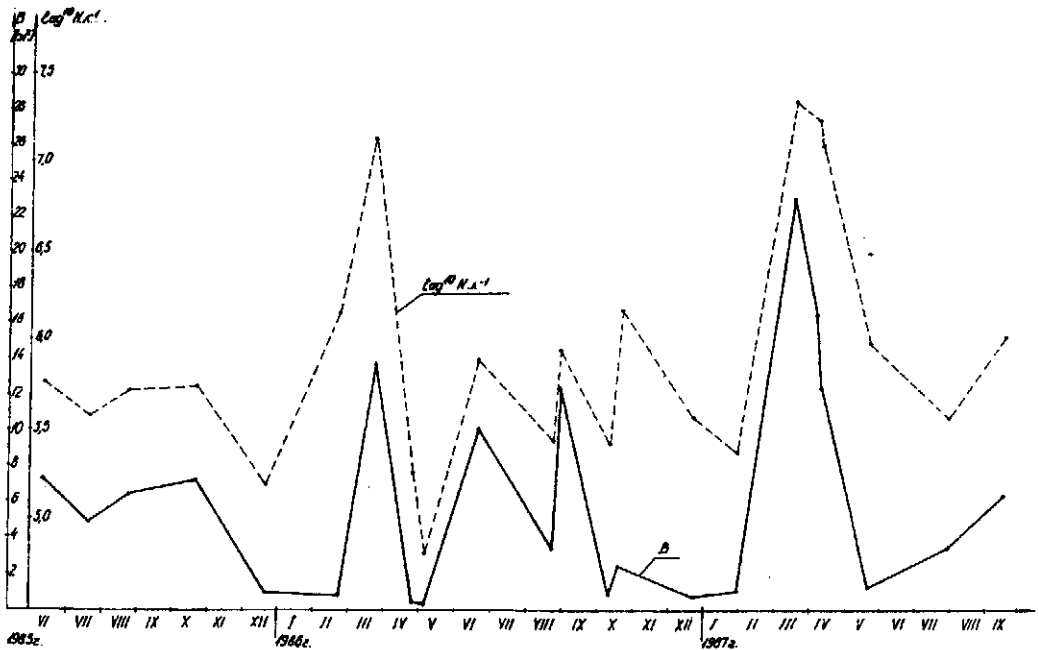
Т а б л и ц а 1. Разпределение на популацията на *G. splendens* във водния стълб в дълбочина на 24.VIII.1986 г.

Час	Хоризонт	N [1×10^3 кл./л]	+ - a	B [g/m ³]	+ - a
6.00	0 - 5 cm	2 890	380	43.40	5.70
	1 m	123	36.8	1.85	0.55
13.00	0 - 5 cm	370	54.5	5.55	0.82
	1 m	230	46.4	3.02	0.70

на Н е с т е р о в а (1979), вероятно е свързано с по-високата концентрация на органичните вещества в повърхностната ципа на водата (З а й ц е в, 1970) и недостатъчната светлина във водния стълб. По-късно през деня, с увеличаване на интензивността на осветлението, популацията се разпределя в целия воден слой. Характерен пример за описаната ситуация е вертикалното разпределение на популацията на *G. splendens* на 24.08.1986 г. в ст. 9. Непосредствено след изгрева в 6.00 часа плътността на вида в повърхностния слой е около 20 пъти по-

висока, отколкото на дълбочина 1 m. В 13.00 часа е налице относително равномерно разпределение (табл. 1). В описания момент *G. splendens* съставлява 63% от общата численост и 73% от биомасата на фитопланктона.

С е з о н н а д и н а м и к а. Резултатите показват наличие на сезонни промени в числеността, биомасата и активността на фитопланктонните популации, както и смяна на доминиращите таксо-ни. Те се обуславят преди всичко от измененията на солеността, температурния, светлинния и хранителния режим.



Фиг. 4. Динамика на общата численост (1) и биомаса (2).

Началото на активния вегетационен сезон в Поморийско езеро настъпва през февруари-март (фиг. 4). Въпреки ниската температура се развиват масово криптофитови водорасли, вследствие на относително доброто минерално хранене (В а с и л е в, М и т р ђ ф а н о в а, под печат). Тези водорасли достигат численост $1.4 \cdot 10^6$ кл./л. Поради дребните си размери те имат сравнително малка биомаса, но притежават висока фотосинтетична активност (В а с и л е в, под печат).

Раннопролетният максимум в развитието на фитопланктона се наблюдава

през март. Тогава доминират зелени водорасли (фиг. 5). Сумарната численост достига $13-21 \cdot 10^6$ кл./л, а биомасата - $14-23 \text{ g/m}^3$. Индексът на доминиране на С и м п с о н за този период през изследваните години се колебае от 0.97 до 0.998 по отношение на числеността и от 0.83 до 0.97 по отношение на биомасата. Общото разнообразие по индекса на Ш е н ъ н е минимално (табл. 2, фиг. 6).

В това отношение Поморийско езеро се различава от Черно море, където през раннопролетния максимум доминират кремъчни водорасли. И в езерото, и в морето това са видове с дребни клетки

Т а б л и ц а 2. Основни структурни характеристики на фитопланктона в Поморийско езеро

Дата	N [1×10^3 кл./л]	B [mg C/m^3]	С по N	Н по N	Доминиращ клас
15.VI.1985	586	508	0.577	0.264	Dinophyceae
19.VII.1985	378	331	0.582	0.317	Dinophyceae
21.VIII.1985	277	420	0.415	0.537	Dinophyceae
18.X.1985	142	302	0.382	0.532	Dinophyceae
24.XII.1985	22	10	0.425	0.509	Bacillariophyceae Dinophyceae
19.II.1986	1 408	67	0.957	0.061	Cryptophyceae
23.III.1986	12 900	931	0.984	0.022	Chlorophyceae
26.IV.1986	159	20	0.468	0.492	Chlorophyceae Dinophyceae Bacillariophyceae
5.V.1986	65.4	24	0.248	0.653	Dinophyceae Bacillariophyceae
19.VI.1986	1 020	707	0.653	0.325	Dinophyceae
24.VIII.1986	555	239	0.439	0.517	Dinophyceae
29.VIII.1986	1 050	868	0.743	0.235	Dinophyceae
17.X.1986	258	75	0.578	0.402	Dinophyceae
19.X.1986	256	142	0.795	0.234	Dinophyceae
23.XII.1986	632	70	0.397	0.675	Chlorophyceae Bacillariophyceae
31.I.1987	216	33	0.68	1 0.385	Chlorophyceae Bacillariophyceae
27.III.1987	21 200	1600	0.974	0.036	Chlorophyceae
04.IV.1987	16 500	1160	0.988	0.015	Chlorophyceae
06.IV.1987	12 000	854	0.998	0.005	Chlorophyceae
19.V.1987	936	83	0.750	0.268	Cryptophyceae
29.VII.1987	364	254	0.322	0.621	Dinophyceae Cyanophyceae

и висока фотосинтетична активност (С о р о к и н , 1984; В а с и л е в , под печат). Отношението *N/B* през този период и в двата водоема достига максимална стойност (табл. 2, фиг. 6).

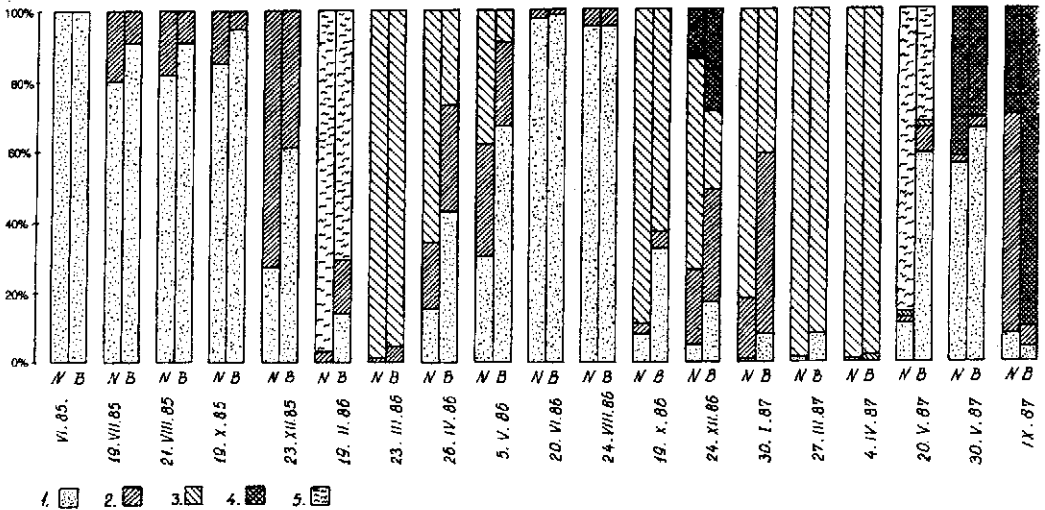
След раннопролетния максимум в Поморийско езеро закономерно следва минимум в развитието на фитопланктона - т.нар. период на „чиста вода“. Той е типичен за морски (С о р о к и н , 1984) и вътрешни водоеми (К о r I n e k e t a l . , 1987). Биомасата на фитопланктона достига екстремно ниски стойности: 0.35-0.40 g/m³ през 1986 г. Общото разнообразие в периода на „чиста вода“ е относително високо, а доминирането - ниско (табл. 2). През 1987 г. поради значително по-ниските зимни температури биологичните сезони закъсняват. Освен това, поради значителни промени в хидрологичния и хидрохимичния режим се нарушава ходът на сезонната динамика и към края на май отново се развиват масово криптофитови водорасли (фиг. 4 и 5).

Трудно е да се определи, коя е основ-

ната причина за явлението „чиста вода“. Това може да е изчерпването на биогенните елементи (С о р о к и н , 1984), или грейзинг пресата на зоопланктона, който през това време се характеризира с максимално висок облигатен пролетен максимум (Н а й д е н о в , 1981). Средната за пролетния сезон численост на фитопланктона е 6.65.10⁶ - 6.9.10⁶ кл./л, а средната биомаса - 9.6 - 9.1 g/m³.

Летният максимум на фитопланктона в Поморийско езеро се наблюдава през юни. Той се дължи на масовото развитие на пиропфитови водорасли - преди всичко *G. splendens*. Причина за него вероятно са максималната осветеност и ускорената регенерация на биогенните соли вследствие на повишаване на температурата. Средната численост на фитопланктона през лятото е от 5.10⁵ до 7.10⁵ кл./л, средно 6.10⁵ - 3.2.10⁵ кл./л. Средната биомаса е 6.8 - 3.4 g/m³ и се колебае от 6 до 9 g/m³.

Пиропфитовите водорасли доминират през цялото лято и дори през есента, когато постепенно биват изместени от



Фиг. 5. Динамика на числеността и биомасата на основните таксономични групи във фитопланктона (в % от общото количество): 1 - *Dinophyceae*, 2 - *Bacillariophyceae*, 3 - *Chlorophyceae*, 4 - *Cyanophyceae*, 5 - *Cryptophyceae*.

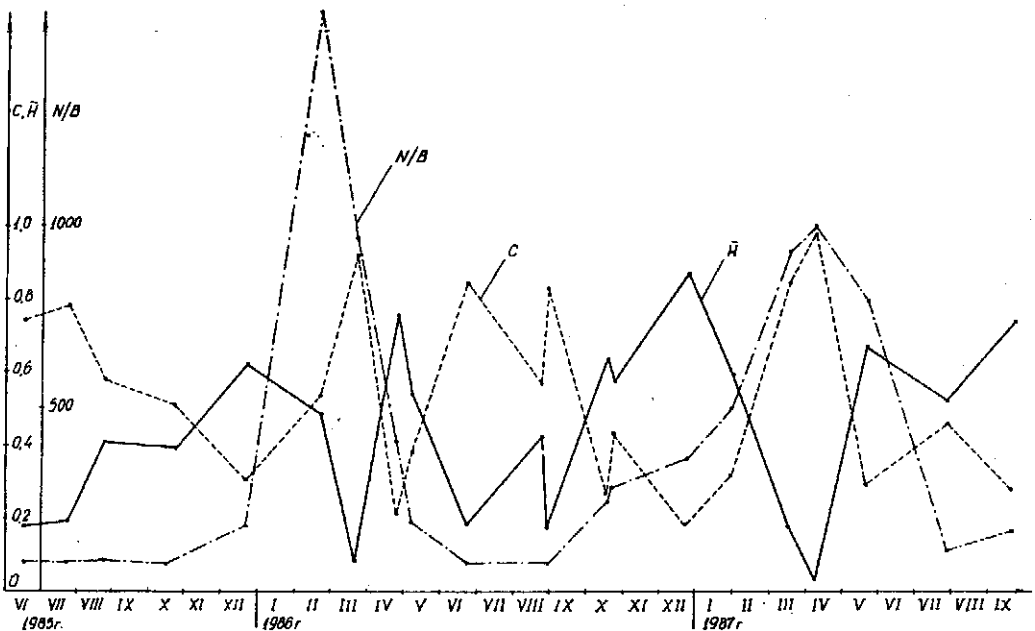
кремъчни, зелени и други групи водорасли (фиг. 4). В полимиктичен водоем, какъвто е Поморийско езеро, не би могло да се очаква есенен максимум на фитопланктона, дължащ се на есенната хомогермия. Вместо това се наблюдават поредица цъфтежи, предизвикани от други причини. Силните северни, североизточни и северозападни ветрове предизвикват разбиване и разнасяне на ивицата детрит, струпана край западния бряг. Всеки по-силен щорм довежда до обогатяване на водите с биоогенни елементи, предизвикващо краткотраен интензивен цъфтеж, като този след щорма от 26.08.1986 г. Това продължава до пълното хомогенизиране на детрита, като интензивността на цъфтежите постепенно затихва до настъпването на зимата (фиг. 4). Средната за есенния сезон численост е $1.25 \cdot 10^5$ - $2.16 \cdot 10^5$ кл./л, а средната биомаса - 2.6 - 1.9 g/m³.

През зимата разнообразието е макси-

мално (табл. 2, фиг. 6). В различни моменти доминират представители от различни групи водорасли (фиг. 5). Средната за сезона численост е $2.5 \cdot 10^5$ - $1.0 \cdot 10^5$ кл./л, а средната биомаса е 0.78 - 0.28 g/m³.

Установена е права корелация на количественото развитие на фитопланктона като биомаса с концентрацията на общия неорганичен азот във водата с коефициент 0.16. Ниската стойност на корелационния коефициент е причинена от зависимостта на концентрацията на биоогенните елементи от цялостния баланс между постъпването и потреблението им (Мончева, 1987).

Между биомасата на фитопланктона и биомасата на зоопланктона е регистрирана обратна корелация с коефициент - 0.165. Ниският корелационен коефициент отразява слабото влияние на зоопланктона върху фитопланктонните популации поради ниската му плътност в



Фиг. 6. Индекс на Симпсън за общо доминиране (1), индекс на Шенън за общо разнообразие относно биомасата (2) и отношение численост към биомаса по Парчевски (3)

езерото.

З а к л ю ч е н и е. Фитопланктонът в Поморийско езеро включва 39 вида, принадлежащи към 5 класа, от които 17 са от Dinophyceae, 15 - от Bacillariophyceae, 5 - Суанорфусеае и по 1 - от Chlorophyceae и Стурторфусеае.

В хоризонтално направление през по-голямата част от годината разпределението на фитопланктона е равномерно. Само през лятото и есента край западния бряг на езерото се формира зона на цъфтеж, заемаща 20-30% от площта му,

в която биомасата на фитопланктона е 2-6 пъти по-висока.

За сезонната динамика на фитопланктонното съобщество са характерни 2 основни максимума - пролетен, дължащ се на масовото развитие на представители на Crytophyceae и Chlorophyceae, и летен - на Dinophyceae.

Средногодишната биомаса на фитопланктона в Поморийско езеро е 5.25 - 2.14 g/m³, въз основа на което басейнът може да се класифицира като а- до б-еутрофен по К и т а е в (1984).

ЛИТЕРАТУРА

В а с и л с в, В. Под печат. Първична продукция и деструкция в планктонното съобщество на Поморийско езеро. В а с и л с в, В., Г. М и т р о ф а н о в а. Под печат. Върху хидрологията и хидрохимията на Поморийско езеро. В ъ л к а н о в, А. 1936. Бележки върху нашите бракични води. II. - Год. СУ, XXXII, 3, 209:326. В ъ л к а н о в, А. 1957. Каталог на нашата Черноморска фауна. - Тр. Морската биол. Ст. - Варна, XIX, 151 с. З а й ц е в, Ю. 1970. Морская нейстонология. Киев, Наукова думка, 246 с. И в а н о в, К., А. Р о ж д е с т в е н с к и, Д. В о д е н и ч а р о в. 1964. Езерата в България. - Тр. Инст. хидрол. мерeorол., 16, 240 с. К и т а е в, С. 1984. Екологические основы биопроductивности озер разных природных зон. М., Наука, 206 с. К о л ъ ц о в а, Т. 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона. - Биол. науки, X 65, 3:27. М о н ч е в а, С. 1987. Цъфтежите и сукцесиите на фитопланктона в условията на еутрофикация. - Първа нац. конф. биол. мониторинг (Пловдив), 133:138. М о р о з о в а-В о д я н и ц к а я, Н. 1954. Фитопланктон

Черного моря. - Тр. Севастопол. биол. ст., 8, ч. 2, 11:99. Н а й д е н о в В., 1981. Структура и динамика на зоопланктона в ез. Дуранкулак. - Хидробиология, 15, 62:74. Н е с т е р о в а Д., 1979. Развитие перидинеи *Euxiella cordata* и явление „красного прилива“ в северо-западной части Черного моря. - Биология моря, 5, 24:29. О д у м, Ю. 1975. Основы экологии. М., Мир, 740 с. П е т р о в а, В. 1963. Фитопланктонът пред българския Черноморски бряг за периода 1954-1957 г. - Изв. НИИРРП - Варна, 3, 5:32. С о р о к и н, Ю. 1979. К методике концентрирования проб фитопланктона. - Гидробиол. журн., 15, 71:76. С о р о к и н, Ю. 1984. Черное море. М., Наука, 216 с. Ф е д о р о в, В. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М., МГУ, 168 с. К о Г л п е с k, V., e t a l. 1987. Carp ponds of Central Europe. In: Managed Aquatic Ecosystems. Amsterdam, Elsev. Sci. Publ., 29:62. P a a s c h e, E., 1960. On the relationship between primary production and standing stock of phytoplankton. - J. Cons. Int. Explor. Mer., 16, 16:26.

PHYTOPLANKTON COMPOSITION, DISTRIBUTION, AND DYNAMICS IN THE LAKE POMORIYSKO

Vassil P. Vassilev, Snezhana P. Moncheva, Detelina S. Moneva

(S u m m a r y)

The paper presents the results of a study of the composition, dynamics, and spatial distribution of phytoplankton in the Lake Pomoriysko during 1985 - 1987. In the planktonic microalgal flora were listed 39 species belonging to 5 classes: 17 species of Dinophyceae, 15 of Bacillariophyceae, 5 of Cyanophyceae, 1 of Chlorophyceae, and 1 of Cryptophyceae.

Two main maxima characterized the seasonal dynamics of the phytoplankton community in the lake: the spring maximum was dominated by Chlorophyceae and Cryptophyceae species, and the summer maximum by Dinophyceae. There was a „clear water“ period between them. No typical autumn maximum was observed. Strong storms in the autumn spread out great

amounts of the decaying seaweeds accumulated along the west shore over the whole lake, and thus enriched the water body with nutrients. As a result of this short-term but intensive dinoflagellate blooms (*Gymnodinium splendens*) occurred.

The horizontal distribution of phytoplankton was relatively homogenous during the main part of the year. A blooming zone covering 20 to 30% of the total area was observed in summer and at the beginning of autumn along the stripe of decaying seaweeds by the western shore and in the narrow northern part of the lake. The basin can be classified as a- to б-eutrophic according to the annual average phytoplankton biomass of 5.25 - 2.14 g/m³.

Постъпила на 23.07.93 г.