

## ХИДРОЛОГИЯ И ХИДРОХИМИЯ НА ПОМОРИЙСКО ЕЗЕРО

Васил П. Василев\*, Ганка П. Митрофанова\*\*

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

\*\* Институт по рибна промишленост 5600 Бургас

Хидрологичните наблюдения и хидрохимичните изследвания на Поморийско езеро, които са предмет на настоящата работа, са провеждани успоредно и във връзка с обширни структурни и функционални хидробиологични проучвания (Василев, под печат; Василев, Консулов, под печат; Василев, Младенова, под печат; Василев и др., под печат). Те имат за задача да актуализират и задълбочат познанията върху основните хидрологични и хидрохимични особености на езерото, да определят и степенуват връзките на абиотичните фактори с биологичните процеси и биопродуктивността на водоема.

Поморийско езеро е избрано за обект на това изследване поради голямото му стопанско значение, а също и поради удобствата, които то предлага като моделен обект. Неголемите му размери, малката дълбочина, забележителната хоризонтална и вертикална еднородност на басейна и простите биоценози правят възможно едно по-пълно проучване на цялата езерна екосистема.

**Физико-географска характеристика.** Поморийско езеро е разположено северно от гр. Поморие (фиг. 1). Простира се успоредно на морския бряг в направле-

ние север-юг. От Черно море на изток го отделя пясъчна коса. На север езерото достига недалеч от устието на р. Ахелой, на запад граничи с Поморийското поле, където са построени големи солници. На юг и югозапад достига до провлака, който съединява полуостров Поморие със сушата и през който е прокопан канал, свързващ езерото с морето.

Поморийско езеро е типична лагуна. Дължината му е 6,5 km при максимална ширина 1,8 km. Площта на водната повърхност е 6 km<sup>2</sup>, а водният обем - средно 6 млн. km<sup>3</sup>. Средната дълбочина на езерото е около 1 m, а максималната е не повече от 1,6 m (Нечаев, Чернев, 1938; Иванов и др., 1964). За нуждите на солниците западната третина на езерото е отделена със земен вал (насип).

Поморийската лагуна попада в климатичния район на Бургаската низина, който се характеризира с мска зима и има средна годишна температура на въздуха 12-13°C. Валежите са неравномерно разпределени по години, но в течение на годината се подчиняват на определена закономерност (Иванов и др., 1964): максимумът им е в края на зимата и през пролетта (март-април), а миниму-

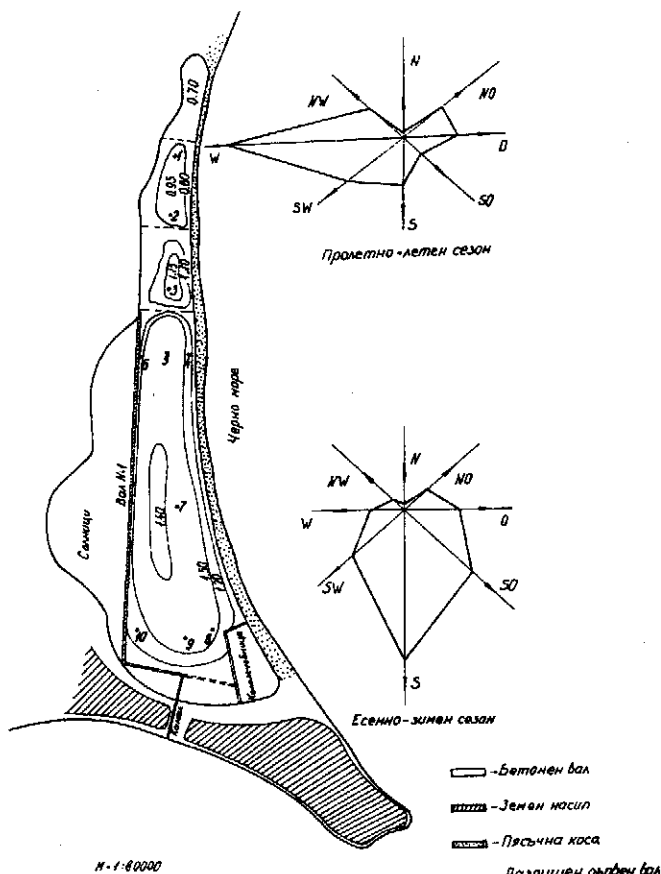
мът - в края на лятото и през есента (август-октомври).

Поморийско езеро е в тясна връзка с морето, която се проявява като инфилтрация на вода в езерото през пясъчната коса (Вълканов, 1936) и като се регулира нивото на водата в него през канала море-езеро. В миналото като правило каналът е бил отварян 2 пъти в годината. През пролетта вследствие на валежите нивото в езерото е по-високо от морското и езерната вода през канала се оттича към морето. Поради малката дълбочина на езерото водата в него

се затопля по-бързо и е с по-висока температура от морската. Водени от своя инстинкт, в лагуната навлизат за отхранване някои кефалови риби - *Mugil cephalus* L. (кефал), *M. auratus* Risso (платерина) *M. salensis* Risso (илария), а също така атерина и скариди (Алексаandrova, 1967).

След усиленото изпарение през лятото и есента нивото на езерото пада под морското. При отваряне на канала в него навлиза морска вода с по-ниска соленост и с по-висока температура от езерната поради относително по-бавното изстиване на морето. Тогава към морето мигрират за зимуване навлезлите през пролетта риби и ракообразни, които се излавят с голяма ефективност от гардови съоръжения (Нечаев, Чернев, 1938). Поради малката дълбочина годишно се изпаряват до 7 обема на езерото (Иванов и др., 1964) и солеността на водата е достигала 30-80 промила (Нечаев, Чернев, 1964).

В Поморийско езеро няма постоянни течения. При продължителен и силен вятър могат да се наблюдават слаби ветрови течения. При ветрове с направление изток-запад, каквито са преобладаващите през пролетно-летния сезон бризови циркулации на въздушните маси в района на езерото, вълнението може да достигне до около 1 бал. През есенно-зимния сезон преобладават често пъти силни северни, северозападни и североизточни ветрове (фиг. 1). Поради по-голямата дължина на басейна по направление север-юг разгонът на вълните с значителен и вълнението



Фиг. 1. Схема на Поморийско езеро с работните станции, изобати (в м) и ветровете в района (през деня)

може да надмине 2 бала (по наши наблюдения). Малката дълбочина, относително неголемите размери на езерото и отразените вълни са основните фактори, ограничаващи силата на вълнението.

Дъното на лагуната е тинесто. Само край източния бряг има пясъчна ивица със средна ширина 3-5 m. Тинята по своите физични и химични показатели е една от най-добрите лековити тини у нас. Тя в повърхностния слой е черна, фина, хомогенна с голям вискозитет и мирис на сероводород. Черният ѝ цвят се обуславя от голямото съдържание на железен сулфид. Под слоя черна тиня се намира сива тиня, която е по-стара и съдържа значително по-малко редуцирани съединения. Общото количество на поморийската „кал“ се оценява на 1 448 000 t (Продромов, 1981).

**Материали и методи.** За една обща характеристика на басейна е достатъчен относително малък брой станции, които в участъци с различна дълбочина, продуктивност и т.н. е пропорционален на относителната им площ. Хидрохимични проби са събирани ежемесечно от пунктове 5, 7, 8, 9 и 10 (фиг. 1) с помощта на планктонна тръба от целия воден стълб или с Майерово шише от хоризонтите, на които са провеждани експериментите за измерване на интензивността на биологичните процеси. Хидрохимичните анализи са извършвани успоредно и във връзка с измерването на първичната продукция и дишането в езерото, както и с вземането на хидробиологични проби.

Нивото на водата в езерото е определяно ежедневно спрямо морското чрез мерителна рейка, поставена при входа на канала в южния край на езерото. Средната дълбочина е пресмятана планиметрически по изобатната карта, изготвена въз основа на наши и на инженер-хидролога С в е т л а К о в а ч е в а от Министерство на народното здраве

измервания на дълбочините при езерно ниво, равно на морското, през юни 1985 г. Предвид, че дъното на езерото е равно, средномесечните дълбочини през останалите месеци са получавани чрез корекция със средномесечното ниво.

Температурата е измервана ежедневно с живачен термометър с точност 0,1°C. Солеността е определяна по метода на Мор (Р о ж д е с т в е н с к и й , А к и м о в а , 1977). Резултатите са преизчисляване от хлорни единици в промили с помощта на океанографски таблици (S t r i c k l a n d , P a r s o n s , 1965). Прозрачността на водата е определяна с диска на Секки.

Кислородното съдържание е измервано по модифициран метод на В и н к л е р (Н е р и н г , 1977) или с помощта на оксиметър „OXI-57“ на фирмата WTW. Водородният показател (pH) е измерван с pH-метър тип ОР-Ј-09 на фирмата Radelkis. Общата алкалност е определяна по общоприета методика (СЭВ, 1977).

Перманганатната окисляемост е измервана след филтруване на водата през мелничен газ X 14 с с отвори 50 mm (СЭВ, 1977). Концентрацията на неорганичните соли на биогенните елементи (нитрити, нитрати, амоний и фосфати) е определяна по методиките на Г л а s s h o f f (1983), разработени за морски води разсоли. Относителното съдържание на органика в повърхностния седиментен слой е определяно по Винберг (1968).

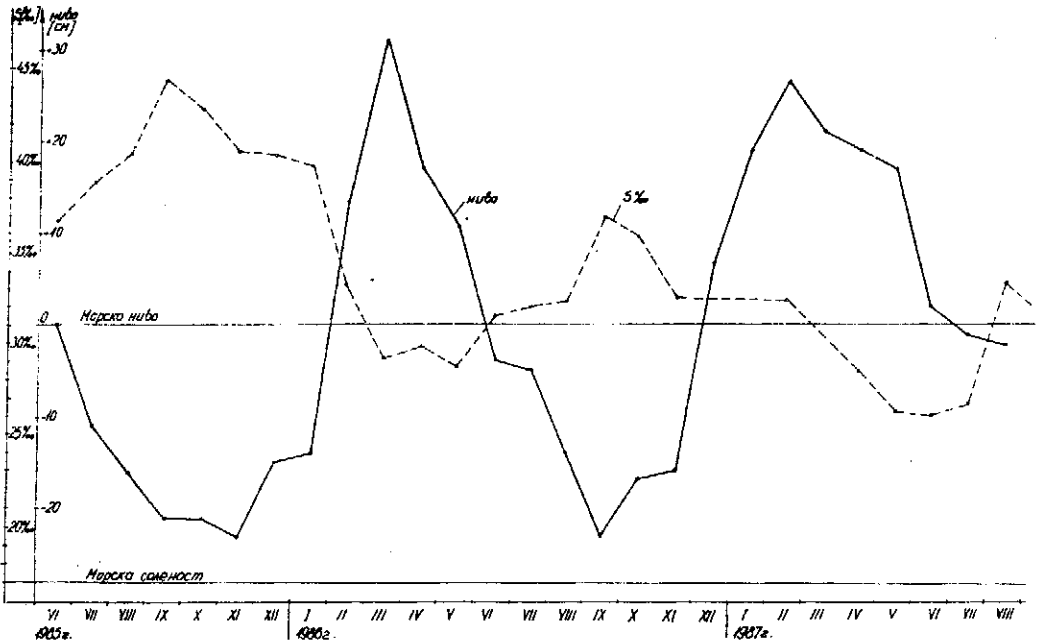
**Резултати и дискусия.** Поморийско езеро е подобно на много други лагуни, в които условията на средата са силно променливи, екстремни и имат определящо влияние върху езерната биота. Поради тясната връзка на езерото с Черно море съществува известно сходство в химизма на езерните и морски води. По произход водата в езерото е черноморска, със значително повишена концентрация на разтворените соли поради интензивното, некомпенсирано от

валежите изпарение. Хидрологичният режим на Поморийско езеро се определя основно от валежите, изпарението и влиянието на Черно море.

Динамика на водното ниво През периода 1985-1987 г. нивото на Поморийско езеро силно се колебае около морското (фиг. 2). През пролетта (февруари-март) то го надвишава с около 27-30 см. През есента (септември-ноември) нивото на езерото спада и достига средномесечни стойности 22-25 см под морското. Най-ниската средномесечна стойност е отчетена през ноември 1985 г. - 35 см под морското ниво. Вследствие на черпенето на вода от езерото за солниците през ноември 1987 г. нивото му спада до 45 см въпреки гравитачното навлизане на морска вода през канала море-езеро. Средната за изследвания период дълбочина на Поморийско езеро е  $1,10 \pm 0,2$  m.

Температурен режим. Поради малката дълбочина температурата на водата в Поморийско езеро следва тази на въздуха с разлика 2-3°C (Иванов и др., 1964). Диапазонът, в който се колебае температурата, е голям - от -3,5°C през март 1986 г., при което езерната вода замръзва, до 32°C през юли 1987 г. (фиг. 3). Поради по-бързото затопляне или изстиване на езерните води, сезоните в езерото съвпада с тези на сушата и изпреварват с около месец тези в морето. Средногодишната температура за периода 1985-1987 г. е 13,8 с 0,6°C.

Както в хоризонтално, така и във вертикално направление в езерото не са наблюдавани значителни температурни различия (повече от 0,2°C). Това, както и данните за солността и съдържанието на разтворени вещества, свидетелства, че басейнът е полимиктичен. Изключения са наблюдавани само през зи-



Фиг. 2. Соленост и ниво на езерната вода спрямо морската.

мата, когато езерото замръзне.

**Прозрачност и цвят.** Водата в езерото е с променлива прозрачност. Като правило, тя е по-голяма от максималната дълбочина. При силно вълнение водата се размътва и прозрачността може да намалее до 0,20 m, но след утихване на вятъра за по-малко от 12 часа си връща нормалните стойности. Твърде рядко обилното развитие на фитопланктон в ограничени участъци от езерото е причина за намаляване на прозрачността до 0,7 m.

Цветът зависи предимно от таксономичния състав и количественото развитие на фитопланктона. При цъфтеж на пиропитови водорасли (*Gymnodinium splendens*) той е мътножълт. Масовото развитие на еугленови придава мътно-зелен цвят, а ръждиво червеният се появява при цъфтеж на *Exuviella cordata*.

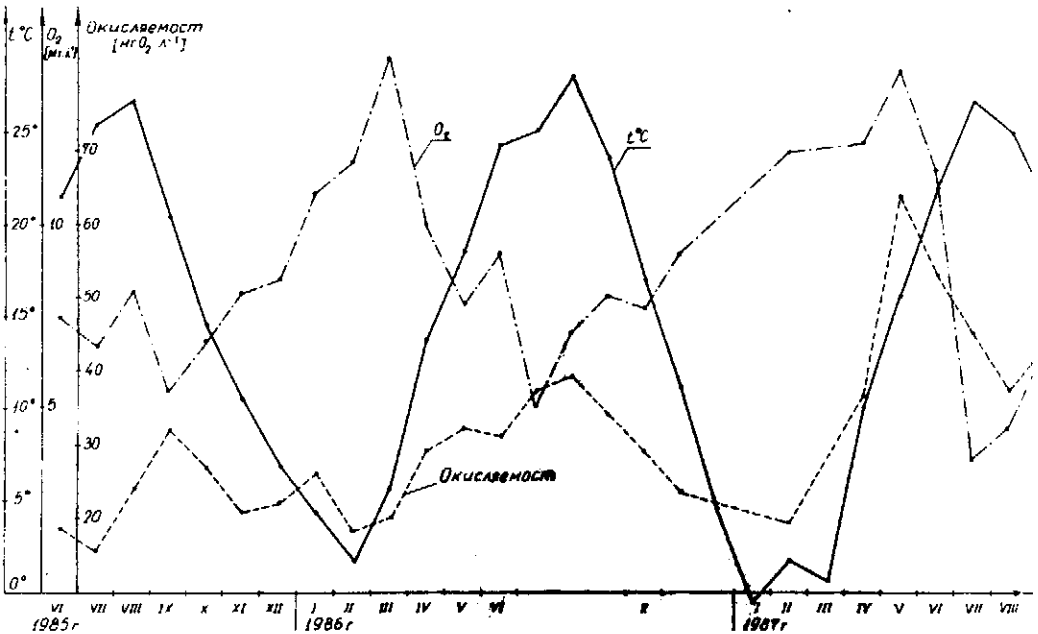
**Соленост.** В миналото Поморийско езеро е било хиперхалинен водоем със средна соленост около 50 проми-

ла, която е достигала до 80-90 промила. Средната дълбочина тогава е била около 1 m, а езерното ниво - средно с около 70 cm под морското (Нечаев, Чернев, 1938; Иванов и др. 1964).

След като езерото е преградено през 1982 г. със земен насип (вал X 1 на фиг. 1) и по-плитката западна част на езерото е отделена, се увеличава средната му дълбочина и се намалява относителното изпарение. Солеността през този период се колебае между 28 и 44 промила (средно 36 промила), т.е. басейнът става еухалинен.

През изследвания период е наблюдавана ясно изразена тенденция солеността да намалява поради навлизане на вода през канала море-езеро. Въпреки това тя си остава по-висока от тази на морската вода (в диапазона 26,2-44,3 промила срещу 17-18 промила на повърхностните черноморски води).

В сезонен аспект солеността на водата в Поморийско езеро е максимална в



Фиг. 3. Средномесечни температури, кислородно съдържание, окисляемост.

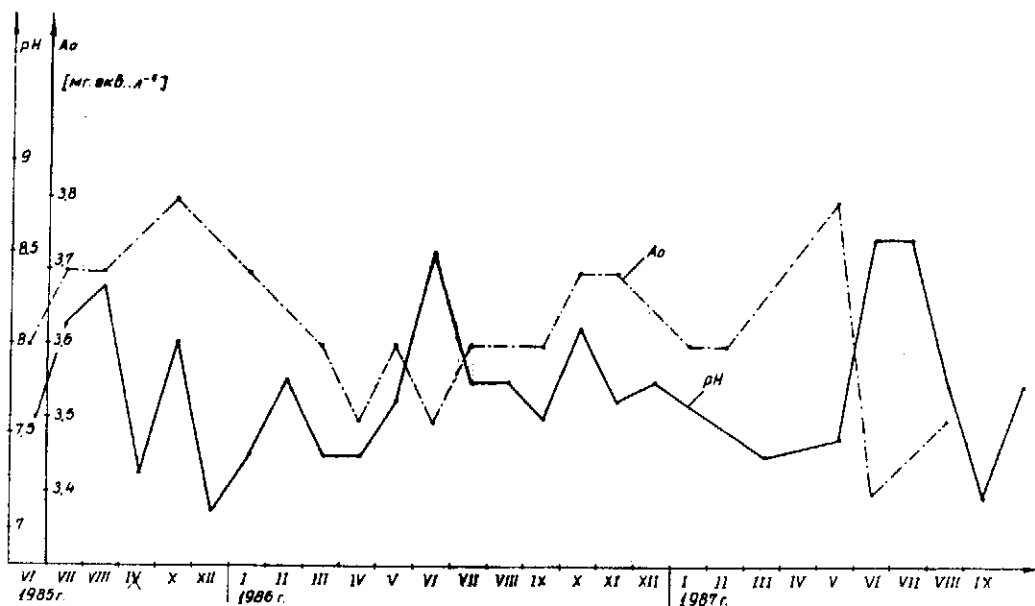
края на лятото: 44,3 промила през септември 1985 г., 36,8 промила през септември 1986 г. и 33,3 промила през август 1987 г. През зимно-пролетния период солеността значително се понижава и достига 28,7 промила през май 1986 г. и 26,2 промила през май 1987 г. (фиг. 2).

**Кислородно съдържание.** Средномесечното количество на разтвориения във водата кислород е в обратна връзка с температурата (фиг. 3). Свободният кислород постъпва във водата чрез дифузия през нейната повърхност или при фотосинтезната аерация. Поради малката дълбочина въпреки интензивните деструкционни процеси в езерото не се наблюдава пълен кислороден дефицит във водната маса. Абсолютната минимална стойност 0,8 mg O<sub>2</sub>/l е измерена при безвитрие в часовете на сутрешния минимум на разтвориения кислород на 19.VI.1986 г. в придънните слоеве на цъфтежната зона в точка X 10.

Наситеността с кислород се колебае в зависимост от преобладаването на продукционните или деструкционните процеси. В рамките на денонощието тя може да бъде изцяло под 100%, както е през есенно-зимните месеци, може да се колебае около 100%, както е в повечето случаи, или да е изцяло над 100% - през пролетните месеци.

На 26.IV.1986 г. в езерото е регистрирана най-високата концентрация на разтвориения кислород - 19,4 mg/l (230% наситеност). През изследвания период е отчетена тенденция средното съдържание на разтвориения кислород да нараства, което се дължи на намаляването на солеността.

**Алкалност и рН.** Алкалността на водата в Поморийско езеро се колебае между 3,4 и 3,8 mg-Eq./l. Тя е незначително по-висока от тази на повърхностните черноморски води (3,33 mg-Eq./l). Това вероятно се дължи на интензивната бактерийна редукция на сулфатите в повърхностния слой на грунта,



Фиг. 4. Активна реакция (pH) и обща алкалност (Ao)

където условията са анаеробни, и на по-високата соленост.

Минимални стойности на алкалността са регистрирани през пролетните месеци поради общото намаляване на солеността; изключение е регистрираната през април 1987 г. алкалност 3,8 mg-Eq./l. Параметърът е с максимални стойности през есента (фиг. 4).

Активната реакция на езерната вода е слабо до умерено алкална. Стойностите на рН са в границите 7,1-8,6, а средната за изследвания период е 7,74 с 0,43. Сезонните промени на рН са основно във връзка с измененията на интензивността на фотосинтезата.

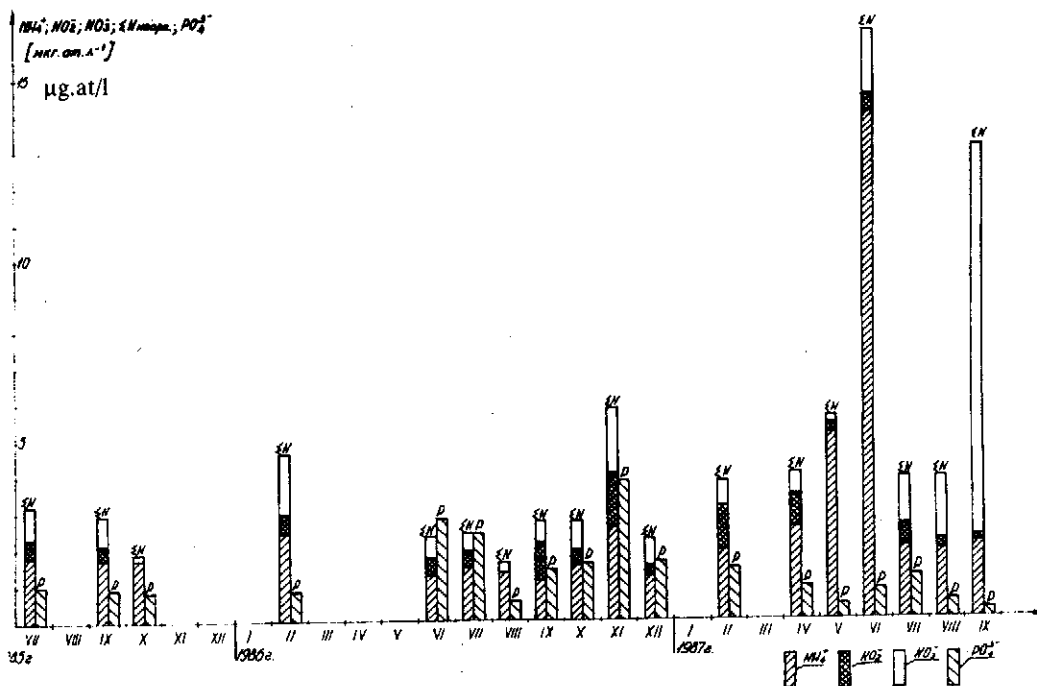
Перманганатна окисляемост и биогенни елементи

Перманганатната окисляемост е между 15,9 и 63,5 mg O<sub>2</sub>/l, средно 29,2 с 11,5 mg O<sub>2</sub>/l (фиг. 3). Към края на изследвания период - през май 1987 г., тя дости-

га максимални стойности, вероятно вследствие на отделяните разтворени органични вещества от продуцентите при интензивната фотосинтеза.

По-особеното съотношение между солевите форми на основните биогенни елементи - азота и фосфора - е една от характерните особености на Поморийско езеро. Техните концентрации са типични за мезотрофен водоем. Специфично за езерото е нарушеното съотношение между общия неорганичен азот и неорганичния фосфор. За изследвания период то съставлява средно 8,4:1, но в някои случаи достига екстремно ниски стойности: 0,8:1 през юни 1986 г. и 1:1 през юли същата година.

Съотношението на общия азот и фосфора в повечето вътрешни водоеми и в Световния океан като правило е по-високо и фосфорът е основния лимитиращ първичната продукция елемент. Извес-



Фиг. 5. Съдържание на неорганични, азотни и фосфорни съединения.

тно изключение прави Черно море, където в преходния слой вода между аеробната и анаеробната зона протича тиоденитрификация, довеждаща до загуба на свързан азот, който в много случаи лимитира развитието на фитопланктона (Сорок и н, 1982). Същият процес вероятно е причина за допълнителното намаляване на азота в Поморийско езеро. Затова и амониевият йон там е основната форма на минерален азот (табл. 1).

В края на изследвания период концентрацията на общия минерален азот значително нараства. Съдържанието на нитрати достига 13  $\mu\text{g-At/l}$ , което вероятно се дължи на силно гравитачно навлизане на морска вода в езерото, след като през юни 1987 г. са пуснати новите солници (фиг. 5). Голямото увеличаване на концентрацията на амоний през май-юни същата година може да се обясни с ускорената минерализация при повишената температура след отмирането на обилния фитопланктон и фитобентос от предходните месеци.

Само в единични случаи, напр. през септември 1987 г., концентрацията на фосфора се понижава до 0,2  $\mu\text{g-At/l}$ , която се смята лимитираща развитието на фитопланктона (Тхомас, Додсон, 1968, по Сорок и н, 1982). Средно тя е около 1  $\mu\text{g-At/l}$ , а достига и до 3-4  $\mu\text{g-At/l}$ .

В полимиктичен водоем, какъвто е Поморийско езеро, не може да се очаква отчетлив вертикален градиент в разпределението на биогенните елементи. Само в придънния слой тяхната концентрация е малко по-висока, отколкото в надлежащата вода, защото там и в седимента протича най-интензивно мине-

рализацията на органичните вещества. В хоризонтално направление през по-голямата част от годината също не са наблюдавани съществени различия в разпределението на биогенните елементи. Те възникват само при безветрие през втората половина на вегетационния сезон от юни до октомври, когато се разлагат струпаните от дневния бриз край западния бряг (вал X 1) бентосни водорасли (табл. 1).

### ИЗВОДИ

1. Поморийско езеро е пойкилохалинен водоем, в който солеността се променя в границите 28-44 промила, а средната й стойност е типично морска - 34 промила. Солеността се определя от валежите, изпарението и навлизането на морска вода.

2. Нивото на водата в езерото се колебае около морското, като напролет, след максимума на валежите, го надвишава с 27-30 см, а наесен, вследствие на интензивното изпарение, спада под него. Температурата на езерната вода се колебае по-силно, отколкото на морската, поради малката дълбочина на езерото - средно 1,1 м.

3. Поморийско езеро е полимиктичен водоем. Кислородният режим е благоприятен, алкалността е между 3,4 и 3,8  $\text{mg-Eq/l}$ , водородният показател поради буферните свойства на морската вода е в границите 7,1-8,6л Перманганатната окисляемост се колебае между 16 и 63,6  $\text{mg O}_2/\text{l}$  (средно  $29,2 \pm 11,5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ).

4. Характерно за езерото е нарушено-то вследствие бактерийната тиоденитрификация на нитрати и нитрити съотношение между сумарния неорганичен азот и неорганичен

Таблица 1. Съдържание на минерален азот и фосфор ( $\text{mg-At/l}$ ) във водата на Поморийско езеро на 18.VI.1986 г.

Пункт	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\Sigma\text{N}_{\text{неорг.}}$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\Sigma\text{N}_{\text{неорг.}}/\text{P}$
9 - Повърхност	0,46	0,35	1,2	2,0	2,4	1,05
9 - Дъно	0,48	0,46	1,3	2,2	1,6	
10 - Повърхност	0,59	0,48	1,2	2,3	5,4	0,67
10 - Дъно	0,63	0,54	1,3	2,5	1,7	

азот и неорганичен фосфор, което има средна стойност 8,4:1. Амониевият йон е основната форма на неорганичен азот, а фотосинтезата в езерото - основно лимитирана.



## ЛИТЕРАТУРА

- Александрова, К. 1967. Кефаловите риби в езерата по българското Черноморие. - Изв. н.-и. инст. рибно стоп. океаногр. Варна, т. VIII, 263:293. Василев, В. Под печат. Първична продукция и деструкция в планктонното съобщество на Поморийско езеро. Василев, В., А. Консулов. Под печат. Зоопланктонът в Поморийско езеро - състав, динамика, трофични връзки и вторична асимилация. Василев, В., А. Младенова. Под печат. Оценка на общия метаболизъм в екосистемата на Поморийско езеро посредством денонощните изменения на разтворения във водата кислород. Василев, В., С. Мончева, Д. Монева. Под печат. Състав, динамика и разпределение на фитопланктона в Поморийско езеро. Винберг, Г. 1968. Методи определения продукции водных животных. Минск, „Выш. школа“, 486 с. Вълканов, А. 1936. Бележки върху нашите бракични води. II. - Год. СУ, т. XXXII, кн. 3, 209:326. Иванов, К., А. Рождественский, Д. Воденичаров. 1964. Езерата в България. - Труд. Инст. хидрол. метеорол., 16. 240 с. Неринг, Д. 1977. Определение растворенного кислорода. - В: Методические указания по химическому анализу морских вод для стран-членов СЭВ. Гдыня, 151:158. Нечаев, А., С. Чернев. 1938. Поморийското блато. - Тр. Опитна хидрол. ст. гр. Созопол, т. VII, 37:55. Продромов, А. 1981. Поморие. „Медицина и физкултура“, 21 с. Рождественский, А., А. Акимова. 1977. Определение солёности. - В: Методические указания по химическому анализу морских вод для стран-членов СЭВ. Гдыня, 26:33. Сорокин, Ю. 1982. Черное море. Природа, ресурсы. М., Наука. 216 с. Стефанов, Д. 1971. Поморие. Изд. ОФ, 186 с. СЭВ. 1977. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. I. Методы химического анализа вод. М., СЭВ, 831 с. Grasshoff, K., M. Ehrhard, K. Kremling. 1983. Methods of sea water analysis. Basel, Verl. Chimic, 168 p. Strickland, I., T. Parsons. 1965. A manual of sea water analysis. Ottawa, 311 p. Stumm, W. 1973. The acceleration of the hydrogeochemical cycling of Phosphorus. - Water res., 7, 131-144. Thomas, W., A. Dobson. 1968 (по Сорокин, 1982). Effects of phosphate concentration on cell division rates and yield of a tropical oceanic diatom. - Biol. Bull., 134, 199-208.

Постъпила на 05.02.93 г.