

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ**

На правах рукопису

ХАМАР

Ігор Степанович

**ФІТОПЛАНКТОН СТАВІВ
ЯК ПОКАЗНИК ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ**

03.00.18 - Гідробіологія

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук**

Київ - 1996



Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Львівському державному університеті
ім. Івана Франка

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

кандидат біологічних наук, доцент І.Т.Олексів

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ:

доктор біологічних наук, професор Л.А.Сіренко

кандидат біологічних наук

В.В.Ступіна

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ:

Київський національний університет ім.Тараса Шевченка,
біологічний факультет

Захист відбудеться 28 січня 1997 р. о 13 год.

на засіданні спеціалізованої Вченої Ради Д 01.77.01

Інституту гідробіології НАН України за адресою:

254210, Київ-210, пр.Героїв Сталінграду, 12

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці

Інституту гідробіології НАН України

Автореферат розісланий 24 грудня 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої Вченої Ради,

кандидат біологічних наук

Н.М.Смірнова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості теми. Пошук біоіндикаційних характеристик стану водойм серед гідробіонтів різного трофічного рівня - завдання актуальне й важливе як з теоретичного погляду, так і для практичного використання. Існуюча система контролю забруднення водних екосистем, яка ґрунтується на визначенні аналітичними методами гранично допустимих концентрацій (ГДК) окремих речовин і санітарно-гігієнічних показників, не забезпечує збереження екологічного благополуччя водних об'єктів (Жукинський, Окснюк, 1983). Більш ефективними засобами, за допомогою яких можна вирішити дану проблему, є біологічні методи аналізу, оскільки процеси самоочищення і формування чистої води у водоймах і водотоках мають, в основному, біологічну природу (Винберг, 1979).

У біотичному кругообігу речовин і енергії водних екосистем вихідні позиції займає процес формування первинної продукції. Фітопланктон, як основний фотосинтезуючий компонент гідро-екосистем, відіграє надзвичайно важливу роль у формуванні хімічного складу води та запасів органічних речовин водойм (Сиренко, Козицкая, 1988) і є надійним індикатором їх екологічного стану. Кількісні показники фітопланктону, градації величин яких характеризують трофічний та сапробіологічний стан водних екосистем, зокрема, ступінь їх навантаження органічними сполуками, входять до числа обов'язкових у існуючих класифікаціях якості води, як середовища існування гідробіонтів та її придатності до різного виду водокористування (Окснюк, Жданова, Гусынская, Головка, 1994). Хоча проблемі альгоіндикації присвячена велика кількість робіт, недостатньо з'ясованими залишаються закономірності формування планктонних водоростевих угруповань

у присутності токсичних концентрацій важких металів (ВМ), особливо в умовах рибничого господарських ставів.

Мета роботи:

1. З'ясувати закономірності формування фітопланктонних угруповань ставкових екосистем у залежності від зміни вмісту біогенних елементів, органічних сполук та ВМ.

2. Провести аналіз інформативності основних характеристик фітопланктону, які вже використовуються при проведенні біоіндикації якості води і вибрати з них найбільш адекватні.

3. На підставі визначених найбільш інформативних показників розробити автоматизовану систему моніторингу якості води у водоймах рибничого й сільськогосподарського призначення, що різняться між собою особливостями формування водних мас, рівнем і складом біогенного та органічного навантаження, а також наявністю ВМ.

Основні завдання дослідження:

1. Встановити закономірності формування видового складу фітопланктону, його чисельності, біомаси, розмірних показників; з'ясувати особливості динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів та продукційних процесів у ставах, що різняться між собою характером формування водних мас і динамікою гідрохімічного режиму.

2. Виявити закономірності сезонної динаміки видового складу й біомаси фітопланктону ставів, як можливого індикатора сапробності водойм даного типу.

3. На прикладі вибраної тест-культури природного штаму *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. визначити рівні летальних концентрацій міді, хрому, цинку, свинцю, марганцю і заліза у лабораторних умовах.

4. Дослідити динаміку структурно-функціональних показників фітопланктону під впливом забруднення ставів ВМ із застосуванням методу мезокосму.

Наукова новизна і теоретична цінність роботи:

1. Вперше на підставі порівняльного аналізу гідрохімічних і гідробіологічних показників в умовах натурального експерименту у мезокосмах встановлені закономірності формування фітопланктонних угруповань у рибничогосподарських ставах при наявності токсичних для альгофлори концентрацій ВМ.

2. Сформований банк альгологічних даних для чотирьох найбільш поширених типів рибничогосподарських ставів. Визначені фактори, які оптимізують ріст окремих видів або ж приводять до їх елімінації. Створена інформаційно-пошукова програма, що значно прискорює обробку даних й складання прогнозних характеристик.

3. З'ясовані закономірності прояву біологічної активності міді, цинку та свинцю відносно видового складу, нагромадження біомаси і темпів розмноження водоростей. Вперше сформовані списки видів водоростей, найбільш толерантних до дії різних концентрацій даних ВМ. Це значно розширює можливості біоіндикації еколого-санітарного стану ставів.

4. Запропонований оригінальний біотест - зміна бактерицидної активності зовнішніх метаболітів, як показник впливу того чи іншого фактору на метаболічні процеси водоростей.

Практичне значення роботи:

1. Запропонована модифікація кругових діаграм (круги різного діаметру яких відповідають категоріям якості води, встановлених у "Нормативному документі... екологічної оцінки якості поверхневих вод..." (1994), а радіуси - нормованим еколого-токси-

кологічним характеристикам, для яких створена відповідна екологічна градація їх значень) дозволяє наглядно продемонструвати межі коливань якості води згідно екстремальних (максимальних і мінімальних) та середньостатистичних значень кожного із гідрохімічних показників.

2. Встановлено, що найбільш достовірну інформацію щодо елементів еколого-токсикологічного стану екосистеми ставів при різних рівнях їх навантаження біогенними і органічними речовинами та токсичними концентраціями ВМ із характеристик фітопланктону дають: його флористичний спектр, видове багатство і домінуюче ядро видів.

3. Апробована чутливість бактерицидної активності зовнішніх метаболітів природного штаму *S.obliquus* до дії ВМ і запропонована експресна, відтворювана, легкодоступна та перспективна для стандартизації тест-реакція.

4. Встановлені концентрації міді, цинку та свинцю, які викликають суттєві негативні зміни у функціонуванні природних фітопланктонних угруповань.

Основні положення, що виносяться на захист. Аналізом флористичного матеріалу, проведенням токсикологічних експериментів у лабораторних і польових умовах, комп'ютерно-графічною обробкою отриманих даних встановлено, що при значній амплітуді коливань основних гідрохімічних параметрів та наявності токсикантів зміни у складі й структурі угруповань фітопланктону є надійним показником стану екосистеми ставів та якості їх води.

Реалізація наукових розробок. Результати досліджень були використані при виконанні держбюджетних тем: Бз-410Б, "Розробка науково-прикладних основ біоіндикації природних вод ма-

лих водойм Західного регіону УРСР" (1991-1994); Бз-009Б, "Розробка еколого-токсикологічних методів оцінки забруднення природних вод важкими металами" (1994-1995); Бз-702Б1, "Дослідження буферності водних екосистем Галичини до дії важких металів" (1996-1998); а також госпдоговірної теми Бз-71-90, "Розробка біотехнології інтенсивного вирощування товарної риби на теплих водах агрофірми "Провесіль" (1990-1991)", які виконувалися науково-дослідною лабораторією "Охорони оточуючого середовища і раціонального використання природних ресурсів" Львівського державного університету ім.І.Франка.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідалися на:

- І з'їзді гідроекологічного товариства України, Київ, 1994;
- конференції "Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву", Львів, 1994;
- наукових конференціях Львівського державного університету ім.І.Франка (1990-1996 рр.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 7 робіт.

Структура та обсяг. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів та висновків, викладених на 145 сторінках, а також списку літератури, що включає 307 джерел, і додатку. Робота ілюстрована 39 таблицями і 21 рисунком.

Конкретна особиста участь автора в отриманих матеріалах.

Проведення лабораторних та польових експериментів, збір альгологічних проб, їх аналіз і наступна комп'ютерна обробка, узагальнення отриманих фактичних даних виконані дисертантом особисто. У дисертації використані дані гідрохімічного аналізу, виконані співробітниками лабораторії "Охорони оточуючого середовища і раціонального використання природних ресурсів" Львівського державного університету ім.І.Франка.

ЗМІСТ РОБОТИ

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалом для написання дисертації було дослідження протягом 1991-1995 рр. закономірностей формування структурно-функціональних показників фітопланктону рибничого-господарських ставів західного регіону України, які характеризуються джерельно-атмосферним типом водопостачання, але різняться між собою фізико-географічними умовами, тривалістю водного наповнення і антропогенним навантаженням, а саме: ставів Львівської агрофірми "Провесінь" та дільниць "Солонсько" і "Дусанів" Львівського рибкомбінату.

Для цього був виконаний наступний обсяг робіт:

- проаналізовано 360 гідрохімічних проб;
- відібрано та оброблено 368 альгологічних проб, 210 із яких отримано при проведенні польового експерименту із застосуванням методу мезокосмів з метою встановлення закономірності прояву біологічної активності ВМ;
- проаналізовано 84 проби вмісту у планктоні фотосинтетичних пігментів;
- закладено 56 експериментів на первинну продукцію фітопланктону та деструкцію органічних речовин;
- проведено 87 лабораторних експериментів із клоноювою культурою природного штаму *S.obliquus* з метою встановлення токсичності ВМ.

Гідрохімічний аналіз проводився згідно загальноприйнятих методик (Алекин, 1954). Валовий вміст металів у воді визначався методом атомно-абсорбційної спектроскопії (Карякин, Грибовская, 1987), а вміст їх вільних іонів - методом інверсійної вольт-амперометрії (Линник, Набиванец, 1988).

Збір проб фітопланктону та його кількісний облік проводився згідно методики, викладеної у монографії І.О.Кисельова, (1969). При ідентифікації водоростей використовувалися загальновідомі визначники (Топачевський, Оксіюк, 1960; Матвієнко, 1965; Кондратьєва, 1968; Асаул, 1975; Матвієнко, Литвиненко, 1977; Матвієнко, Догадіна, 1978; Мошкова, 1979; Кондратьєва, Коваленко, Приходькова, 1984; Паламар-Мордвинцева, 1984, 1986; Царенко, 1990).

За допомогою спеціально створеної комп'ютерної програми, розробленої І.Т.Олексівим та В.Н.Марченком, усі виявлені види разом із їх лінійними розмірами та кількісними показниками були занесені у банк альгологічних даних. На основі даної програми і сформованого банку розраховувалися такі показники структурованості фітопланктону, як індекси різноманітності Шеннона і вирівняності видового складу та коефіцієнт подібності Жаккара (Шмидт, 1980).

Сапробність водойм визначалась за біомасою індикаторних видів водоростей (Унифицированные методы, 1977) методами Пантле-Букка та Зелінки-Марвана (Макрушин, 1974).

Концентрація хлорофілу визначалась екстрактним спектрофотометричним методом (Сиренко, Курейшевич, 1982) і розраховувалась за формулою G.Jefferey (1978).

Вимірювання первинної продукції планктону і деструкції органічних речовин проводилося кисневою модифікацією склянкового методу (Винберг, 1960).

Критерієм токсичності ВМ при біотестуванні були нагромадження біомаси та зміна бактерицидної активності зовнішніх метаболітів клонової культури *S.obliquus*, отриманої нами мікрокапілярним методом ізоляції із природних популяцій.

При встановленні закономірностей прояву біологічної активності ВМ у природних умовах була використана експериментальна мікроекосистема (мезокосм), отримана ізоляцією ділянки ставу рибничого господарства об'ємом 330 дм³.

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ СТАВІВ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Усі досліджувані стави у залежності від фізико-географічних умов, тривалості водного наповнення і антропогенного навантаження були розгруповані наступним чином:

- 1 група - стави із круглорічною вегетацією фітопланктону, у які надходять господарсько-побутові, тепличні та поверхневі стоки, сформовані у лісовому, заболоченому масиві;

- 2 група - стави із круглорічною вегетацією фітопланктону, у які надходять тільки тепличні та поверхневі стоки, сформовані у лісовому, заболоченому масиві;

- 3 група - стави із обмеженою вегетацією фітопланктону (травень-вересень), у які планово вносяться мінеральні і органічні добрива, а поверхневі стоки формуються у лісовому, заболоченому масиві;

- 4 група - стави із обмеженою вегетацією фітопланктону (травень-вересень), у які планово вносяться мінеральні і органічні добрива, а поверхневі стоки формуються на поруч розташованих сільськогосподарських угіддях.

Комп'ютерним і графічним (за допомогою модифікованих нами модель-карт) аналізом динаміки гідрохімічного режиму досліджуваних водойм встановлено, що якість їх води визначається, в основному, вмістом у ній мінеральних та органічних речовин. Домінуючим фактором евтрофування водойм є стоки із

теплиць і сільськогосподарських угідь, на яких інтенсивно застосовуються мінеральні добрива. Дія біогенів модифікується додатковим надходженням неочищених господарсько-побутових стоків (1 група), кількістю атмосферних опадів (2 група) і альгіцидною дією пестицидів (4 група) та інших токсикантів, зокрема таких, як ВМ.

За період досліджень встановлені наступні межі коливань основних гідрохімічних характеристик: рН - 6,3 - 10,2; O_2 - 0,4-14,1 мг/дм³; Cl^- - 6,6 - 119,2 мг/дм³; SO_4^{2-} - 5,1 - 232,5 мг/дм³; NH_4^+ - 0,01 - 13,20 мг N/дм³; NO_2^- - 0,010 - 0,210 мг N/дм³; NO_3^- - 0,20-24,8 мг N/дм³; PO_4^{3-} - 0,010-0,960 мг P/дм³; перманганатна окислюваність - 1,1-13,1 мг O/дм³; БСК₅ - 0,2-16,3 мг O_2 /дм³; Fe - 0,01-0,76 мг/дм³; Cu - 0,0-84,0 мкг/дм³; Zn - 0,0-238,2 мкг/дм³; Pb - 0,0-239,4 мкг/дм³; Cr - 0,0-126,0 мкг/дм³; Ni - 0,0-364,0 мкг/дм³.

Під впливом антропогенного навантаження на стави вміст більшості гідрохімічних показників набуває імпульсної динаміки, а обумовлена ними якість води згідно "Керівного нормативного документу...екологічної оцінки якості поверхневих вод..." (1994) змінюється від дуже чистої (оліго-мезотрофність) до гранично брудної (гіпертрофність). Найгірша категорія якості води обумовлена вмістом у ній ВМ. Згідно виявлених у ставах максимальних концентрацій міді, цинку, свинцю і хрому вода у них потенційно токсична.

КІЛЬКІСНІ І ПРОДУКЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ФІТОПЛАНКТОНУ ЯК ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

У планктоні досліджуваних ставкових господарств за період 1991-1994 рр. виявлено 176 видів водоростей (179 внутрішньовидових таксонів), які відносяться до 86 родів. Найбільшою кількі-

стю видів представлені зелені (47,2% загального видового складу), діатомові (15,9%), евгленові (14,2%) та синьозелені (10,8%). У склад провідних родів увійшли: *Scenedesmus* Meyen - 14; *Trachelomonas* Ehr.- 8; *Euglena* Ehr., *Cosmarium* Corda - 7; *Navicula* Bory, *Phacus* Duj., *Monoraphidium* Kom.-Legn., *Pediastrum* Meyen, *Peridinium* Ehr.- 5; *Oscillatoria* Vauch., *Chlamydomonas* Ehr., *Lagerheimia* Chod. - 4; *Anabaena* Bory, *Microcystis* Lem., *Closterium* Nitzsch., *Glenodinium* Ehr., *Cryptomonas* Ehr. - 3 види, які у сукупності складають 50,0% загального видового складу фітопланктону ставів.

Результати аналізу флористичної подібності ставів за коефіцієнтом Жаккара підтверджують їх розгрупування згідно гідрохімічного режиму і свідчать про збереження високого ступеня специфічності видового складу фітопланктону у кожній із груп досліджуваних водойм. До видів найвищого відносного трапляння (>75%) відносяться:

- 1 група - *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.;

- 2 група - *Coelastrum microporum* Nag., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.;

- 3 група - *Cyclotella meneghiniana* Kutz., *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, *Trachelomonas volvocina* Ehr., *Coelastrum microporum* Nag., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.;

- 4 група - *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.

У ставах 1 групи інтенсивного розвитку досягають водорості різних систематичних відділів. Протягом вегетаційного періоду спостерігається одне, а інколи два-три "цвітіння" води. Як правило, збудником даного явища є *Aphanizomenon flos-aquae*. Але у

деяких випадках межу біомаси 100 мг/дм^3 долають *Stephanodiscus hantzschii*, *Euglena caudata* і *Pteromonas aculeata*. Однією із основних причин "цвітіння" є зростання у ставах даної групи вмісту біогенних елементів (у першу чергу фосфору) та аллохтонних органічних сполук, яке суттєво порушує їх співвідношення у природних водоймах.

У формуванні альгомаси 2 групи ставів вирішальну роль відіграють атмосферні опади. Зокрема, в умовах їх підвищеної кількості весняні угруповання фітопланктону формуються представниками відділів Chlorophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta та Cyanophyta. Вираженими домінантами, які зумовлюють короткотривале "цвітіння" води, є *Dinobryon divergens* і *Chlamydomonas immobilis*. Представник синьозелених - *Aphanizomenon flos-aquae* - активізується із підвищенням температури, досягаючи біомаси $810,3 \text{ мг/дм}^3$. При сухому кліматі інтенсивного розвитку досягають представники Dinophyta, Chlorophyta, Cyanophyta і Euglenophyta. Але максимум їх загальної біомаси у літній період не перевищував 80 мг/дм^3 .

У стави 3 групи з метою стимуляції природної кормової бази вносяться органічні і мінеральні добрива. Внаслідок даних заходів у липні-серпні, а інколи і у вересні біомаса водоростей збільшувалася до 160 мг/дм^3 . Проте, в одному випадку таке збільшення відбувалося за рахунок інтенсивного розвитку *Oocystis borgei*, в іншому - за рахунок *Melosira granulata*. "Цвітіння" Cyanophyta не спостерігалось, хоч у деяких випадках їх вегетація була досить інтенсивною і досягала біомаси 59 мг/дм^3 . У цілому, ситуація у даній групі водойм найбільш сприятлива, оскільки наращення альгомаси планктону ставів контролюване.

Загальна біомаса фітопланктону 4 групи ставів не перевищує

13,4 мг/дм³. Основну її частку почергово формують представники діатомових і зелених. Евгленові тільки в одному випадку досягали межі 3,2 мг/дм³. Максимальна біомаса синьозелених не перевищувала 0,035 мг/дм³. Якщо взяти до уваги, що рівень біогенних елементів та органічних сполук у даній групі ставів знаходився у тих же межах, що й у інших групах, беззаперечним є твердження, що речовини альгіцидної дії відіграють тут визначальну роль як у рівні розвитку альгомаси, так і у співвідношенні між різними таксономічними відділами водоростей.

Досягаючи високого рівня нарощування біомаси, домінантні види планктонних угруповань водоростей є найбільш адаптованими до хімічного складу води. Вони репрезентативно відображають основні риси угруповань і визначають їх структурні особливості як у часі, так і просторі (Уатт, 1971; Шварц, 1973; Одум, 1975). Аналіз динаміки домінуючого ядра фітопланктону дозволяє відсіяти випадкові види, присутність яких в угрупованні не є визначальною у дослідженні стану водойми.

Стави відрізняються між собою видовою представленістю домінуючого ядра, кількістю та послідовністю зміни домінантів, тривалістю домінування:

- для 1 групи ставів характерне переважання серед домінантів *Aphanizomenon flos-aquae*, який обумовлює тривале (до 18 тижнів) "цвітіння" води;

- у 2 групі аналогічна ситуація спостерігається при підвищеній кількості атмосферних опадів. У випадку сухого клімату тривалим є тільки весняне домінування *Trachelomonas volvocina* (13 тижнів). Серед домінантів літніх угруповань зустрічаються представники усіх основних відділів водоростей, які почергово змінюють один одного протягом 2-3 тижнів;

- для 3 групи ставів характерними є переважання серед домінантів *Melosira granulata* і *Oocystis borgei*, максимальна тривалість домінування яких становила 12 тижнів, а також реєстрація випадків, коли домінуюче ядро протягом тривалого періоду формують два-чотири, а інколи і більше видів, частка біомаси яких знаходиться у межах 10-30%. Дане явище при значному видовому багатстві, на нашу думку, є ознакою відносної стабільності гідрохімічного режиму;

- домінанти 4 групи ставів представлені тільки діатомовими, евгленовими і зеленими водоростями. Короткотривалість їх домінування (не більше 2 тижнів) при незначному видовому багатстві є відображенням несприятливої екологічної ситуації.

Із 176 видів водоростей, виявлених у планктоні, 142 види є показниками сапробності. Максимальним видовим різноманіттям серед індикаторів органічного забруднення ставів характеризувалися зелені водорості - 58 видових таксонів, що становить 41% від усієї кількості. Інші таксономічні відділи водоростей нараховували наступну кількість індикаторних видів: діатомові - 25; евгленові - 25; синьозелені - 19; динофітові - 6; жовтозелені - 4; криптофітові - 3; золотисті - 2.

У фітопланктоні усіх ставів виявлені види із максимальним значенням індикаторної маси (5), які є субдомінантами, а інколи, і домінантами у загальній альгомасі. Частка біомаси видів із нез'ясованим індексом сапробності є незначною. Згідно індикаторних водоростей планктону ступінь навантаження ставів органічними сполуками відповідає у 1 групі α -мезосапробності; у 2 групі - β -мезосапробності; у 3 і 4 групах - α -мезосапробності у момент внесення органічних добрив та β -мезосапробності у весь наступний період.

Індекс сапробності водойм, визначений із використанням біомаси індикаторних видів фітопланктону методами Пантле-Букка і Зелінки-Марвана досить точно відображає процеси надходження та наступної трансформації органічних речовин. Проте, при цьому спостерігалися певні протиріччя. Зокрема, у ставах виявлена одночасна присутність видів водоростей з максимальною індикаторною масою (5), різниця між сапробними індексами яких складала дві одиниці і більше. Це може бути зумовлене двома причинами: різкою зміною гідрохімічних умов існування, внаслідок чого зареєстрована картина поступової зміни видового "ядра" фітопланктону, основу якого складають види із вузьким екологічним оптимумом; або ж суттєвою зміною у сапробній валентності видів-індикаторів у водоймах, що містять токсичні для альгофлори концентрації ВМ.

Концентрація хлорофілу *a*, яка знаходилася у межах 33,9 - 182,4 мкг/дм³, більш адекватно відображала динаміку гідрохімічного режиму ставів, ніж загальна альгомаса. Біомасі фітопланктону при нестабільності гідрохімічного режиму властива певна інертність. При зміні домінантного ядра вона не враховує динаміки внутрішньоклітинного вмісту хлорофілу, для якого спостерігається певна градація значень у залежності від лінійних розмірів клітин. Більш "насиченими" хлорофілом виявилися дрібні види фітопланктону. Одиниця біомаси великих за розмірами видів володіла низькою концентрацією фотосинтетичних пігментів. Корелятивна залежність вмісту хлорофілу *a* від альгомаси оберненопропорційна до сили органічного навантаження на стави: мінімальні значення кореляції були характерними для 1 групи ставів ($r=0,59-0,71$; $P=0,016-0,009$); у ставах 2 групи сила зв'язку значно вища ($r=0,76-0,91$; $P=0,007-0,001$). Це не дозволяє

надійно використовувати один із даних показників для визначення іншого.

Добове значення первинної продукції (А) змінювалося у межах 2,58-5,54 мг $O_2/дм^3$. Вищі значення А характерні для 1 групи ставів. У цілому, при такому рівні розвитку альгомаси у ставах можна було б сподіватися на значно вищі її значення. Існує загальна тенденція зростання фотосинтетичної активності водоростей планктону із ростом їх біомаси до межі "цвітіння" води. Наступне збільшення альгомаси супроводжується пригніченням продукційних процесів. Результат даного явища відображений у зворотній кореляції співвідношення А/В до В: $r=(-0,72)-(-0,92)$; $P=0,05-0,001$. Ще вища кореляція була встановлена між динамікою продукції і вмістом хлорофілу а: $r=0,93-0,98$; $P=0,001$. Значення питомого фотосинтезу (асиміляційного числа) знаходилося у межах 0,03-0,08 мг $O_2/мкг$ хлорофілу і підтверджувало вищу продуктивну здатність помірних концентрацій фітопланктону у порівнянні із альгомасою, яка перевищувала 100 мг/дм³.

Рівень деструкційних процесів (R) знаходився у межах 2,08-5,06 мг $O_2/дм^3$. Вищі значення R спостерігалися у 1 групі ставів, у яких деструкційні процеси домінували над продукційними, а чиста продукція фітопланктону характеризувалася від'ємними величинами. Коефіцієнт самоочищення (A/R) 1 групи ставів знаходився у межах 0,84-1,06, а у 2 групі становив 1,01-1,68. У цілому, максимальні значення як продукційних, так і деструкційних процесів спостерігалися при найвищих значеннях температури води.

При порівнянні результатів біоіндикації стану водойм згідно кількісних характеристик фітопланктону із якістю води, визначеною на підставі гідрохімічного аналізу, виявилось, що гідробі-

ологічні показники вказують на значно більше забруднення, ніж гідрохімічні. Найбільш наближеними до біологічних характеристик за якістю води виявилися показники вмісту речовин токсичної дії - ВМ.

Із основних характеристик фітопланктону, які використовуються на практиці проведення біоіндикації якості води, найбільш достовірну інформацію щодо елементів еколого-токсикологічного стану ставів при різних рівнях їх навантаження біогенними та органічними речовинами і наявності токсичних для альгофлори концентрацій ВМ дають:

- його флористичний спектр (видовий склад провідних родів та частка таксонів більш високого рангу);
- видове багатство (кількість видів та рівень розвитку їх біомаси);
- домінуюче ядро видів (видова представленість, кількість та послідовність зміни домінантів, тривалість домінування).

Токсичний вплив ВМ відображається і на інших характеристиках водоростей планктону:

- зникає чітка залежність між значеннями біомаси, концентрації хлорофілу *a* і первинної продукції фітопланктону;
- ресструються істотні зміни у сапробній валентності індикаторних видів водоростей.

ПІСНОВОДНИЙ ФІТОПЛАНКТОН

У ТОКСИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Наявність у ставах токсичних для альгофлори концентрацій ВМ стала причиною дослідження їх впливу на структурні та функціональні характеристики фітопланктону у лабораторних і польових експериментах.

Тест-організмом для біотестування був обраний представник

домінуючого ядра фітопланктону ставкових екосистем - *S. obliquus*. Токсичність ВМ для клонової культури його природного штаму зростала у напрямку $Mn^{7+} < Pb^{2+} < Zn^{2+} < Cr^{6+} < Cu^{2+}$. Їх летальні концентрації при цьому становили 10,0; 5,0; 1,0; 1,0 та 0,5 мг/дм³ відповідно. Порівняння даних результатів із літературними відомостями про чутливість інших водоростей, свідчать про те, що *S.obliquus* володіє специфічною реакцією на токсичність досліджуваних концентрацій ВМ, але у межах, які встановлені і для інших водоростей. Концентрації міді і хрому 0,05, а цинку 0,1 мг/дм³ зумовлювали інактивацію бактерицидної дії екзогенних метаболітів, які у природних екосистемах відіграють роль регуляторного зв'язку між фітопланктоном і бактеріопланктоном. При наявності у середовищі кількох ВМ, бактерицидна активність таких метаболітів тест-організму зникала при значно менших концентраціях: $Cu^{2+} + Cr^{6+}$ - по 0,01 мг/дм³.

При з'ясуванні закономірностей прояву біологічної активності ВМ у природних умовах за допомогою експериментальної мікроекосистеми встановлено, що у присутності міді, цинку й свинцю видове багатство фітопланктону і його загальна біомаса змінюються у залежності від хімічної природи та кількості внесеного у мезокосм ВМ: при його мінімальній концентрації, (рівень якої у кожного із токсикантів є специфічним) дані показники стабільні, або ж незначно підвищуються; при вищій концентрації ВМ дані показники зменшуються, а амплітуда зменшення їх значення зростає прямопропорційно до кількості металу. Різновидність, складність водоростевих угруповань, а значить і стійкість, у кожному мезокосмі є специфічними, що й визначає їх зміну у часі. Коливання показників структурованості фітопланктону яскраво виражені як при меншому, так і при більшому

навантаженні екосистеми ВМ. Форми, частка біомаси яких у контрольному мезокосмі була незначною, ставали домінантними і навпаки. Дія кожного із досліджуваних металів виявилася специфічною щодо видових мішеней. Однакові концентрації міді, цинку і свинцю обумовлювали випадання із структури фітопланктонного угруповання відмінний між собою набір високочутливих видів: при концентрації $1,0 \text{ мг/дм}^3$ мідь зумовлювала елімінацію із загального видового списку *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula viridula*, *Chlorococcum infusionum* і *Pediastrum tetras*; цинк - *Oscillatoria tenuis*, *Navicula cuspidata*, *Crucigenia tetrapedia* та *Willea irregularis*; свинець - *Oscillatoria tenuis*, *Amphora ovalis*, *Navicula cuspidata* і *Pandorina morum*. Найбільш резистентними виявилися *Coelastrum microporum* і *Scenedesmus quadricauda*, які були здатні переносити концентрації $10,0 \text{ мг/дм}^3$ усіх трьох ВМ, і зберігали при цьому статус домінантів або ж субдомінантів протягом часу тривання експозиції.

Аналіз зв'язків вмісту міді, цинку та свинцю із показниками структурованості угруповань фітопланктону у штучно ізольованих ділянках ставкової екосистеми рибничого господарства вказує на те, що концентрації у воді $\text{Cu } 0,1$, а Pb і $\text{Zn } 1,0 \text{ мг/дм}^3$ порушують природний характер функціонування екосистем. Це знаходить відображення у:

- зменшенні кількості видів та спрощенні структурної організації фітопланктонного угруповання;
- зростанні амплітуди флуктуацій загальної біомаси водоростей, індексів Шеннона і вирівняності видового складу;
- імпульсних змінах домінуючого ядра видів фітопланктону, серед яких переважають еврибіонти з широким екологічним спектром.

ВИСНОВКИ

1. Отриманий протягом 1991-1995 рр. фактичний матеріал свідчить, що у рибничогосподарських ставах західного регіону України, які характеризуються джерельно-атмосферним живленням водних мас, істотний вплив на формування якісних і кількісних характеристик фітопланктону, його продукційних можливостей мають: тривалість водонаповнення, динаміка гідрохімічних показників та наявність токсичних забрудників, зокрема ВМ.

Для ставів із круглорічною вегетацією фітопланктону, у які надходять господарсько-побутові стоки, характерні: широкий флористичний спектр, високий рівень нагромадження альгомаси ($>100 \text{ мг/дм}^3$), переважання серед домінантів *Aphanizomenon flos-aquae*, який обумовлює довготривале (до 18 тижнів) "цвітіння" води.

Стави із круглорічною вегетацією фітопланктону, у формуванні водних мас яких основну роль відіграють атмосферні опади, характеризуються: за умови великої кількості атмосферних опадів - ситуація, як у попередній групі ставів; за умови сухого клімату - широкий флористичний спектр, помірний рівень нагромадження альгомаси ($<80 \text{ мг/дм}^3$), домінування представників усіх основних систематичних відділів водоростей, які по чергово змінюють один одного протягом 2-3 тижнів.

Для ставів із обмеженою вегетацією фітопланктону (травень-вересень), у яких проводяться заходи інтенсивного вирощування риби (плановане внесення великої кількості мінеральних і органічних добрив) характерні: широкий флористичний спектр, високий рівень нагромадження альгомаси ($>100 \text{ мг/дм}^3$), переважання серед домінантів *Melosira granulata* і *Oocystis borgei*, а також

формування домінуючого ядра протягом тривалого періоду (від 2 до 8 тижнів) двома-чотирма, а інколи і більшою кількістю видів, частка біомаси яких знаходилася у межах 10-30%.

Стави з обмеженою вегетацією фітопланктону (травень-вересень), у які надходять стоки, сформовані на поруч розташованих сільськогосподарських угіддях, характеризуються: вузьким флористичним спектром, низьким рівнем нагромадження альгомаси фітопланктону ($<15 \text{ мг/дм}^3$), почерговим короткотривалим (не більше 2 тижнів) домінуванням діатомових, евгленових і зелених водоростей.

2. Із основних характеристик фітопланктону, які використовуються на практиці при проведенні біоіндикації якості води, найбільш достовірну інформацію щодо елементів еколого-токсикологічного стану ставів при різних рівнях їх навантаження біогенними і органічними речовинами та наявності токсичних для альгофлори концентрацій ВМ дають:

- його флористичний спектр (видовий склад провідних родів та частка таксонів більш високого рангу);
- видове багатство (кількість видів та рівень розвитку їх біомаси);
- домінуюче ядро видів (видова представленість, кількість та послідовність зміни домінантів, тривалість домінування).

3. В умовах високого рівня біогенного і органічного навантаження ставів та присутності ВМ, порушується чіткість залежності між кількістю хлорофілу a та загальною альгомасою планктону. Це може бути одним із показників несприятливої еколого-санітарної ситуації.

4. При наявності у воді токсичних для альгофлори концентрацій ВМ реєструються істотні зміни у сапробній валентності інди-

каторних видів водоростей. Це приводить до розходження між кінцевою оцінкою сапробності середовища за біологічними показниками та кількістю органічних речовин, встановленою на підставі хімічних аналізів.

5. Встановлені летальні концентрації ВМ для монокультури природного штаму *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. у конкретних лабораторних умовах: Cu^{2+} - 0,5; Cr^{6+} і Zn^{2+} - 1,0; Pb^{2+} - 5,0; Mn^{7+} - 10,0 мг/дм³.

6. Токсичний вплив ВМ на процеси життєдіяльності водоростей, проявом яких є бактерицидна активність їх екзогенних метаболітів, спостерігається при концентраціях міді і хрому - по 0,05, а цинку - 0,1 мг/дм³. При одночасній наявності у середовищі кількох металів, бактерицидна активність зовнішніх метаболітів зникає при менших їх кількостях, а саме: Cu^{2+} + Cr^{6+} - по 0,01 мг/дм³. Стабільність кількісного прояву зміни бактерицидної активності водорості під впливом токсикантів дозволяє використати дану реакцію при біотестуванні.

7. Аналіз зв'язків вмісту ВМ із показниками структурованості угруповань фітопланктону в ізольованих ділянках ставкової екосистеми вказує на те, що концентрації у воді міді 0,1, а цинку і свинцю - 1,0 мг/дм³ порушують природний характер функціонування екосистем. Це знаходить відображення у зменшенні кількості видів водоростей планктону, спрощенні структурної організації, зростанні амплітуди флуктуацій загальної біомаси водоростей, індексів Шеннона і вирівняності видового складу. У цих же умовах мають місце імпульсні зміни домінуючого ядра видів фітопланктону, серед яких переважають еврибіонти з широким екологічним спектром.

Основні положення дисертації викладені у публікаціях:

1. Хамар І.С. Водорості рибницьких ставів як біологічні індикатори їх забруднення // Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: теорія, методи, практика використання.- Львів: Світ, 1995.- С.355-368.
2. Олексів І.Т., Ялинська Н.С., Думич О.Я., Єдинак О.П., Собко О.Р., Хамар І.С. Використання методів біоіндикації та біотестування для оцінок забруднення водних об'єктів (на прикладі водойм Львівщини) // Там же.- С.169-274.
3. Ялинська Н.С., Собко О.Р., Соболев Л.Б., Тизько Р.В., Хамар І.С. Комп'ютерно-графічна інтерпретація вмісту хлорофілу у планктоні як індикатора забруднення вод // Там же.-С.145-151.
4. Хамар І.С. Оцінка якості води рек Західного Буга і Дністра з допомогою модель-карт // Гідробіол.журн.- 1994.- 30, №1.- С.93-98.
5. Хамар І.С. Вплив важких металів та органічного забруднення на бактерицидну активність зовнішніх метаболітів *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. // Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву, м.Львів-Яремча, 21-23 вер. 1994 р.: Тез. доп.- Львів, 1994.- С.112-113.
6. Ялинська Н.С., Олексів І.Т., Андрущишин О.П., Соболев Л.Б., Хамар І.С., Думич О.Я., Собко О.Р. Гідробіологічний моніторинг якості природних вод урбанізованого Розточчя // Там же.- С.113-114.
7. Ялинська Н.С., Олексів І.Т., Соболев Л.Б., Хамар І.С., Тизько Р.В., Думич О.Я., Єдинак О.П., Собко О.Р. До питання про вплив важких металів при дефіциті кисню на планктон ставків і річок // І з'їзд гідроекологічного товариства України, м.Київ, 16-19 лист.1993 р.: Тез.доп.- Київ, 1994.- С.149-150.

Хамар И.С. Фитопланктон прудов как показатель их экологического состояния.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.18 - гидробиология. Рукопись. Институт гидробиологии НАН Украины. Киев, 1996.

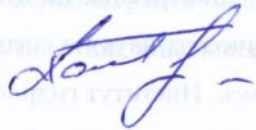
Анализом флористического материала, проведением токсикологических экспериментов в полевых и лабораторных условиях, компьютерно-графической обработкой полученных данных установлено, что при значительной амплитуде колебаний основных гидрохимических параметров и наличии токсических концентраций тяжелых металлов изменения в структурно-функциональной организации сообществ фитопланктона являются надежным показателем состояния экосистемы прудов и качества их воды.

Khamar I.S. The ponds phytoplankton as indicator of their ecological state.

Dissertation (manuscript) for competition on scientific degree of Candidate of biological sciences on the speciality 03.00.18 - hydrobiology. Institute of Hydrobiology, National Academy of Science of Ukraine. Kyiv, 1996.

By the floristic material analysis, toxical experiments conduction under fields and laboratory conditions and by the computer-graphic working of the obtained data it was estimated that under the significant amplitude fluctuations of the main hydrochemical parameters and under the availability of heavy metal toxical concentrations the changes of phytoplankton communities structural and functional organization are considered reliable index of the ponds ecosystem state and their water quality.

Ключові слова: водорості, біоіндикація, біотестування, екологія, рибничогосподарські стави, біогенні елементи, органічні сполуки, важкі метали.



440578

AB 36.662

AB 36.662