

«Цвітіння» води в Сасикському водосховищі

Иванова Н. О.

Розглядаються еколого-гідрологічні аспекти виникнення явища «цвітіння» води в Сасикському водосховищі.

Ключові слова: Сасикське водосховище, «цвітіння» води, фітопланктон, антропогенна евтрофікація.

«Цветение» воды в Сасыкском водохранилище

Иванова Н. А.

Рассматриваются эколого-гидрологические аспекты возникновения явления «цветения» воды в Сасыкском водохранилище.

Ключевые слова: Сасыкское водохранилище, «цветение» воды, фитопланктон, антропогенная эвтрофикация.

Water «bloom» in Sasik reservoir

Ivanova N. O.

The ecology-hydrological aspects of occurrence of the phenomenon of water "bloom" are considered in the Sasik reservoir.

Keywords: Sasik reservoir, water "flowering", phytoplankton, anthropogenic eutrophication.

Надійшла до редколегії 02.02.10

УДК [581.526.3:556.53] (282.247.32)

Кушнір Н.І.

*Інститут новітніх технологій Національного авіаційного університету,
м. Київ*

ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНА ОЦІНКА АНТРОПОГЕННО СТВОРЕНОЇ ВОДОЙМИ

Ключові слова: еколого-гідрологічна оцінка, морфометричні показники, вітрова циркуляція, течії, фітопланктон, індекс сапробності

Вступ. Затока в районі водноспортивної бази Національного авіаційного університету розташована поблизу м.Українки Київської області. Вона належить до так званих антропогенно створених водойм, тобто водойм неприродного походження, оскільки була створена людиною для задоволення потреб рекреації. Її можна віднести до групи водойм додаткової водної мережі річкової ділянки Канівського водосховища. На берегах водойми розташовані водноспортивна база НАУ та яхтклуб "Стугна", які своїми штучними насипами відділяють затоку від прилеглої акваторії Канівського водосховища.

Для оцінки сучасного стану затоки поряд з аналізом та узагальненням літературних даних було здійснено експедиційний виїзд з відбором проб до затоки в районі спортивної бази НАУ 16.06.2009 р. Проведено уточнення

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.2(19)

сновних морфометричних параметрів, дослідження гідрологічного режиму водойми, аналіз літературних даних про хімічний склад води, визначення вмісту розчиненого кисню у воді затоки та БСК₅, визначення складу фітопланктону та збір даних про інші складові біотичної компоненти екосистеми досліджуваної водойми.

Методи дослідження. Вимірювання основних морфометричних показників проходило за допомогою плану схеми затоки та планиметра полярного, за результатами проведення яких було визначено об'єм та площу водойми, а також побудовано криві площ та об'ємів.

Визначення характеру внутрішньоводоймної динаміки проходило з використанням гідродинамічної моделі розрахунку вітрової циркуляції при змінному значенні коефіцієнта вертикального турбулентного обміну, розробленої А. І. Фельзенбаумом і реалізованої в програмному забезпеченні Surfer 8 з використанням спеціально створених макросів для MS Excel.

Аналіз вмісту розчиненого у воді кисню відбувався за методом Вінклера, а БСК за різницею між вмістом кисню перед і після інкубації проб у темряві протягом 5 діб при 20°C без доступу повітря.

Проби для аналізу видового та кількісного складу фітопланктону затоки відібрані на водному об'єкті концентрувалися та аналізувалися за допомогою мікроскопа.

Сапробіологічна оцінка проводилася з використанням методу Пантле-Букка. Видове різноманіття визначали за індексом Шеннона.

Результати роботи. Після проведених замірів було визначено, що площа затоки складає 0,27 км², об'єм – 0,54 млн. м³. Середня глибина водойми дорівнює 2 м, максимальна – 9,5 м. На рис. 1 та рис. 2 показані карта розподілу глибин та криві площ і об'ємів затоки відповідно. За кривими було проведено підрахунок основних морфометричних параметрів.



Рис. 1. Схема затоки в районі водноспортивної бази НАУ з ізобатами

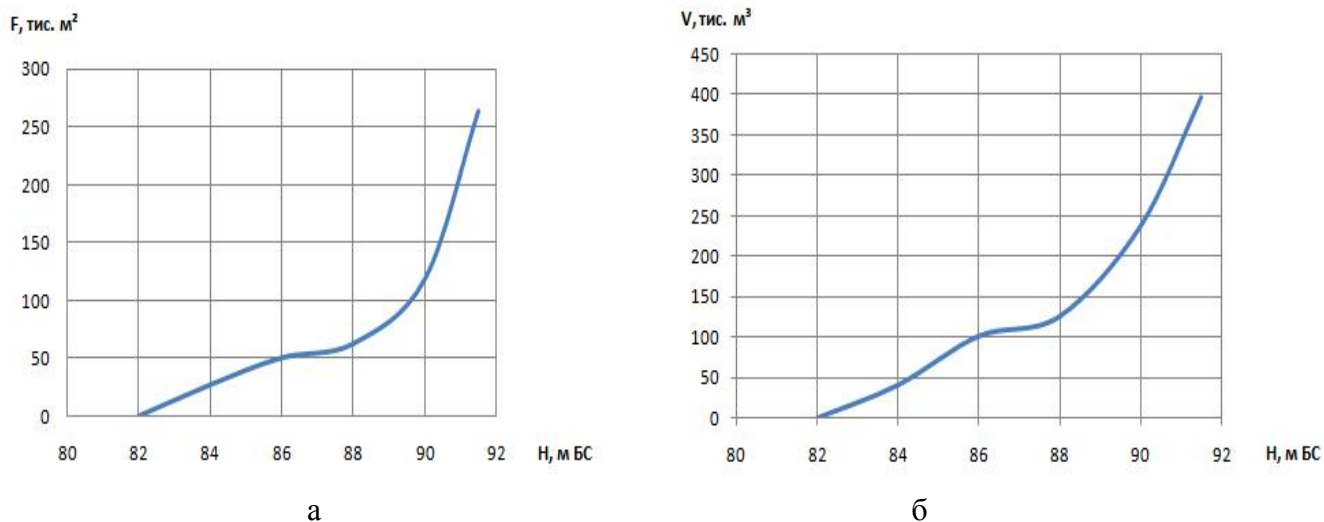


Рис. 2. Криві площ (а) та об'ємів (б) затоки в районі водноспортивної бази НАУ

Затока в районі водноспортивної бази НАУ не є глибоководною, оскільки мілководдя (глибиною до 2 м) займають майже 50% площі водойми і переважають в північній її частині.

Протока, яка з'єднує затоку Канівським водосховищем має ширину до 35 м, довжину 40-50 м і найбільшу глибину 2 м.

Прибуткову частину водного балансу затоки складає вода, яка перекачується насосною станцією з р. Козинки та вода, що поступає у водойму при коливанні рівня водосховища через протоку, яка сформувалась між намивними берегами водноспортивної бази НАУ та яхтклубу "Стугна". Видаткова частина практично одна – відтік через протоку.

Аналізуючи дані обліку перекачування води з р. Козинки насосною станцією за останні 30 років, можна сказати, що ця величина є нестабільною. Найменше значення об'єму перекачуваної води, зафіксоване в 2007 році, складало 2,3 млн. м³, найбільше (в 1978 році) дорівнювало 28,9 млн. м³. Середній об'єм перекачування води з р. Козинки в затоку складає 13,5 млн. м³ за рік, тобто середня витрата приблизно дорівнює 0,43 м³/с.

Притік води з водосховища в затоку генерується двома гідродинамічними факторами. Першим є короткочасні коливання рівня води у водосховищі, зумовлені так званим попусковим режимом роботи Київської ГЕС. Покриваючи пікові навантаження в енергосистемі ГЕС більшу частину року здійснює протягом доби два (або один) попуски. Це призводить до формування в її нижньому б'єфі прямих довгих хвиль. При цьому коливання рівня біля ГЕС обмежені Правилами експлуатації водосховищ дніпровського каскаду [1, 2] величиною 1,25 м. Фактично середня амплітуда коливання рівня води в нижньому б'єфі Київської ГЕС складає 0,6–0,8 м. Переміщаючись по річковій (Київській) ділянці Канівського водосховища, хвилі внутрішньодобових попусків поступово розпластовуються. Ступінь цієї трансформації описується експонентним співвідношенням [2]:

$$\Delta H_L = \Delta H_{ГЕС} \cdot e^{-0,03L} \quad (1)$$

де: ΔH_L і $\Delta H_{ГЭС}$ – амплітуда коливання рівня води в заданому створі, що знаходиться на відстані L км від греблі, і в нижньому б'єфі ГЕС, відповідно; e – основа натурального логарифма.

На досліджуваній ділянці, тобто в 55 км від греблі ГЕС, амплітуда попускових коливань рівня води зменшується на 75%. У середньому вона складає 0,15 м. Такі коливання обумовлюють за добу знакоперемінний перетік води через протоку між насипами яхт-клубу і водноспортивної бази (ΔW_{non}), рівний приблизно 0,06 млн. м³ (21,9 млн. м/рік; 0,7 м³/с). Розрахунок здійснено за простим рівнянням:

$$\Delta W_{non} = 2 \cdot \Delta H_L \cdot F_{кови}, \quad (2)$$

де: $F_{кови}$ – площа водної поверхні затоки, множник 2 – враховує двохразовий попуск Київської ГЕС.

Короткочасні коливання рівня води в прилеглий акваторії Канівського водосховища можуть викликатися також згінно-нагінними і сейшевіми явищами, зворотними довгими хвилями, що генеруються нерівномірною роботою Канівської ГЕС і іншими причинами. Однак, в силу нерегулярності і незначності, вплив їх на об'єми перетоку води через досліджувану протоку малий.

Другим істотним фактором притоку води з водосховища в затоку є безпосередньо течії, що генеруються в основному вітровим впливом на водну поверхню, простіше вітрові течії.

Режим вітру тут має визначені закономірності. Протягом року в районі досліджень переважає вітер західного напрямку. Узимку ця тенденція в цілому зберігається. Навесні вітер різних напрямків має приблизно однакову ймовірність. Влітку відзначається деяка перевага північно-західних і західних вітрів. Восени частіше спостерігається вітер західних румбів. Швидкість вітру протягом року в районі Українки змінюється несуттєво. Середні місячні її величини коливаються від 2 (липень – вересень) до 2,8 (грудень – лютий) м/с.

В літні місяці швидкість вітру має добре виражений добовий хід. Максимальне її значення спостерігається в післяполуденний час. Мінімальна швидкість вітру відзначається в нічні години. Добова амплітуда швидкості вітру в липні коливається від 1 до 3 м/с, узимку – до 1 м/с. Найбільшу повторюваність (60–90%) має вітер помірний (2–5 м/с). Швидкість 6–10 м/с найчастіше спостерігається в холодний період року або в перехідні сезони. Вітер зі швидкістю більше 10 м/с буває рідко, у зимові місяці частота його складає 3–8%, у літні – 1–2%. Вітер зі швидкістю понад 15 м/с у середньому за рік відзначається від 5 до 30 днів.

Вітри широтних напрямків (західних і східних румбів) призводять до відчутного перетоку водних мас через протоку. За рахунок створюваного вітром дотичного напруження формується вітрова (дрейфова) течія. Верхні шари переміщуються в напрямку вітру зі швидкістю $U_{нов}$, що дорівнює:

$$U_{нов} = kw, \quad (3)$$

де: w – швидкість вітру, м/с; k – вітровий коефіцієнт, котрий для глибокої води приймають рівним 0,0125 [3]. У наших умовах, з урахуванням мілководості досліджуваної водойми вітровий коефіцієнт може бути прийнятий рівним 0,010. Потужність такої дрейфової течії у внутрішніх водоймах звичайно складає 0,3–0,5 глибини. Нижче формується компенсаційна течія зворотного напрямку.

При найбільш ймовірній швидкості вітру (3 м/с) широтного напрямку відбувається дрейфовий перетік води через протоку. Поверхнева швидкість такого потоку близько 0,03 м/с, середня по глибині дорівнює приблизно 0,015 м/с. З урахуванням параметрів протоки дрейфовою течією при зазначених умовах переноситься 0,45 м³/с. Компенсаційний потік повинен мати такі ж витрати. Звернемо увагу, що це найбільша інтенсивність вітрового перетоку води через протоку. У середньому ж, з урахуванням ймовірності різних напрямків вітрів, цей потік можна оцінити величиною 0,2–0,22 м³/с.

Зовнішній водообмін фактично формує внутрішньоводоймову динаміку як один з важливих абіотичних компонентів водних екосистем взагалі і досліджуваної нами, зокрема. Основними елементами динаміки вод є течії, різного роду перемішування (провідним з яких є турбулентне), коливання рівня води, хвильові процеси і т.п.

Для оцінки просторової структури течій виконано їхнє математичне моделювання. У якості розрахункової використовувалася гідродинамічна модель А.І. Фельзенбаума [3], яка успішно застосовувалася на різних внутрішніх водоймах (у тому числі й в Україні).

У затоці циркуляції вод залежать в основному від вітрового впливу на водну поверхню безпосередньо в самій водоймі. Деяке корегування загальної картини течій може справляти притока р. Козинка, а також перетік через протоку. При малоїмовірній односпрямованій сукупній дії цих факторів таке корегування до швидкості течії може досягати 0,02 м/с. Типовими для цієї ділянки є швидкості 0,005–0,05 м/с. Вид циркуляції вод у затоці визначається напрямком вітру (рис. 3).

При північному вітрі формується дві циклональні циркуляції в східній та західній частинах затоки. При посиленні вітру стає помітною буферна антициклональна течія між циркуляціями. Аналогічна ситуація формується при південному вітрі, коли у водоймі між двома антициклональними циркуляціями з'являється циклональна течія. При переважанні в даній місцевості вітру західного напрямку найбільш повторюваною є циркуляція, проілюстрована на рис. 4г. При ній в північній частині водойми формується циклональний потік з інтенсивністю переміщення вод до 13 м³/с, а в південній – антициклональний, з витратою лише 5 м³/с.

В 2005 р. вже було проведене комплексне екологічне обґрунтування проекту розширення водноспортивної бази НАУ [4], в якому вченими ІГБ НАНУ було проведено оцінку основних гідрологічних, гідрохімічних, токсикологічних, радіоекологічних, мікробіологічних та гідробіологічних характеристик затоки та прилеглих до неї водойм. Відповідно до цих даних в

затоці є місця, де потужність шару накопичених відкладів досягала 30–40 см. Так, за спостереженнями в 2005 р. біля насипу водноспортивної бази він сягав більше 20 см. Матеріал, що відклався, на 50% складався з мулу, на 20% – з піску і на 30% – з пелітової (глинистої) фракції. У протоці, що з'єднує затоку з водосховищем (по траверзу яхт-клубу «Стугна»), дно складене пісками і слабо замуленими пісками, тобто тут акумуляції зависів практично не відбувається.

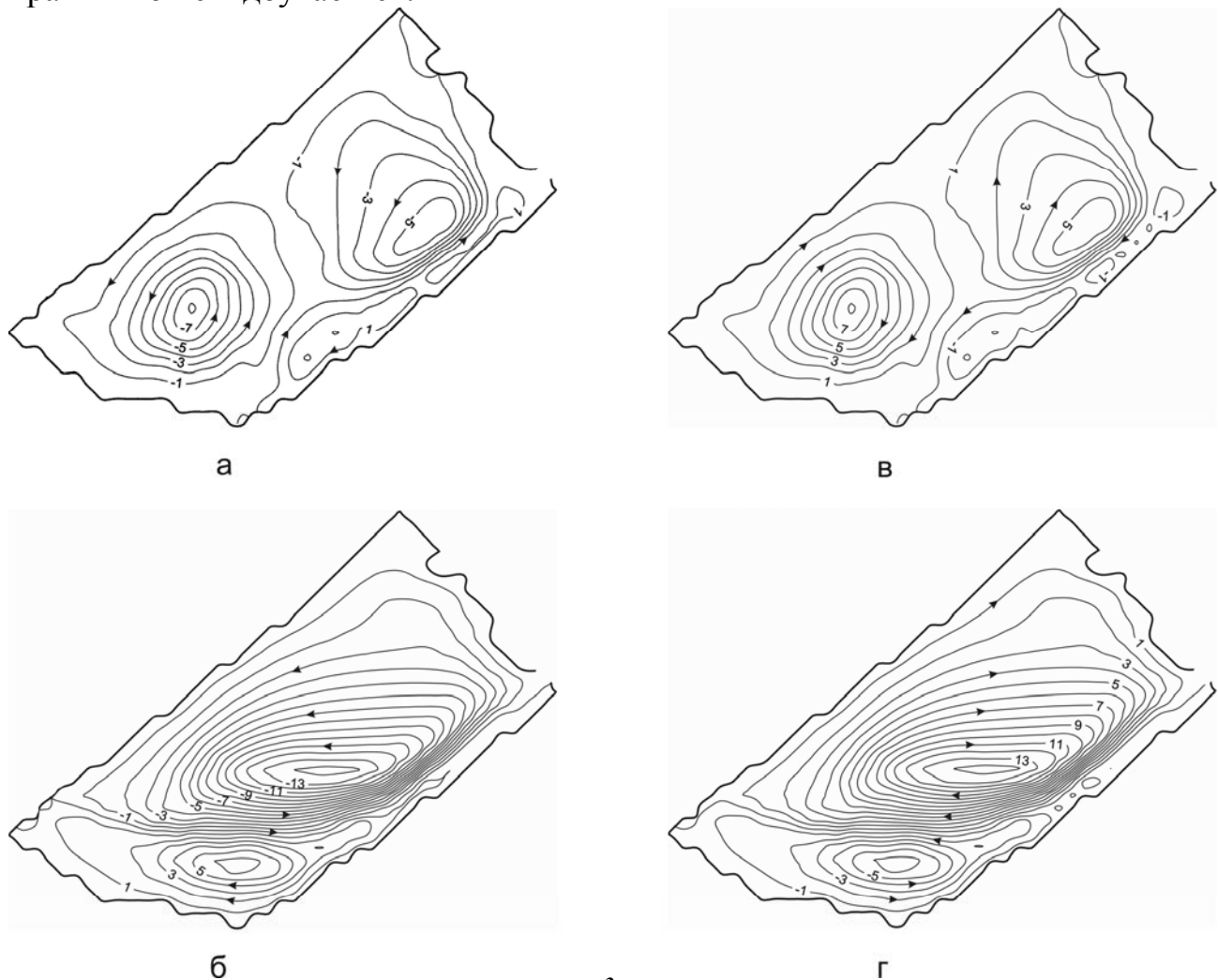


Рис. 3. Циркуляції вод (функції токів, м³/с) в затоці при вітрі 3 м/с північного (а), східного (б), південного (в) та західного (г) напрямів

За цими ж даними, у воді спостерігалися підвищені концентрації різних форм азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) та фосфору (PO_4^{3-}) на правобережжі та лівобережжі водноспортивної бази НАУ.

Нами було досліджено вміст кисню у воді затоки, за яким можна оцінити просторову динаміку органічних речовин. В час відбору проб не спостерігалось значного коливання рівня води та інтенсивного протікання хвильових процесів, тому відмічалась значна стратифікація кисню - пересичення поверхневих шарів і значний дефіцит (до нуля) в придонних. Починаючи з глибини 3 м спостерігалось 50% насичення води киснем.

Під час наших досліджень було виявлено, насичення киснем води до 207 % в поверхневому шарі затоки. При цьому перепад температури води між поверхневим і придонним шаром сягав 5,5 °С (24,2 °С – в поверхневому,

18,7 °C – на глибині 9,5 м.) Зазвичай, попусковий режим роботи Київської ГЕС і як результат коливання рівня води, спричинені ним у ранкові і вечірні часи, призводять до вирівнювання розподілу фітопланктону і насичення водної товщі киснем.

Велика глибина, прозорість до 1 м, відсутність перемішування створили екологічну нішу придатну, для розвитку фітопланктону до 1,5-3,5-метрового поверхневого шару.

Відповідно до даних 2005 року [4], у поверхневих горизонтах водної акваторії затоки газовий режим, вміст HCO_3^- та жорсткість води знаходяться в межах, оптимальних для функціонування різних компонентів біоти (бактерій, водоростей, безхребетних). В просторовому розподілі аніонів (Cl^- , SO_4^{2-}), які є показниками антропогенного забруднення, спостерігається підвищення їх вмісту у воді в районі водноспортивної бази НАУ.

Проведене нами дослідження фітопланктону затоки показало, що за п'ять років відбулися зміни видового та внутрішньовидового різноманіття – з 44 видів до 58. Змінився розподіл таксонів за кількістю видів, що належать до різних систематичних відділів: Cyanophyta - 6 (10,3 %), Euglenophyta - 1 (12,2 %), Dinophyta - 4 (6,9 %), Bacillariophyta - 15 (26 %), Chlorophyta - 25 (43 %) Chrysophyta - 1 (1,7 %). Як бачимо структурна організація фітопланктону показує значну роль у формуванні чисельності угруповання фітопланктону відділу Cyanophyta, в той час як біомасу – Chlorophyta.

Рідкісні, зникаючі та ендемічні види водоростей, а також занесені до Червоної книги України в районі затоки відсутні.

За видовим, внутрішньовидовим, таксономічним та флористичним різноманіттям фітопланктон затоки є типовим для верхньої ділянки Канівського водосховища [5].

Індекс сапробності (за Пантле-Букком) затоки невеликий і складає 1,89, що відповідає β -мезосапробній зоні, що згідно [6] характеризує воду як «задовільно чисту».

Наявність значної кількості відмілин (близько 50% площі затоки) обумовлює значний розвиток вищої водної рослинності в затоці. Домінує очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud), який займає прибережні мілководдя. На більшій глибині за очеретом розташовується рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.). У невеликій кількості присутній також рогіз широколистий (*Typha latifolia* L.). У заростях очерету звичайного можна спостерігати серед вегетуючих рослин сухостій попередніх років.

Висновок. Відповідно до гідроекологічних розрахунків визначено характер внутрішньоводоймної динаміки та віднесено водойму до стратифікованих з повільним водообміном. Для таких водойм характерний ярусний розподіл температури та основних хімічних елементів, а також знижена швидкість протікання самоочисних процесів.

За результатами гідрохімічної оцінки якості води нашу водойму можна віднести до помірно забруднених вод 5 категорії. Характерною особливістю є нульовий процент насичення киснем на глибині 7-8 м, що може вказувати

на інтенсивний перебіг процесів розкладання органічної речовини на дні водойми.

У відповідності з сапробіологічною оцінкою якості водних об'єктів наша водойма належить до β -мезосопробних, де домінують окисні процеси, нерідко спостерігається перенасичення киснем, переважають такі продукти мінералізації білків, як амонійні з'єднання, нітрати й нітрити. У цих водах різноманітно представлені тваринні й рослинні організми, серед останніх - діатомові, синьо-зелені й зелені.

Порівняння отриманих результатів з нормативними [6] дало можливість охарактеризувати об'єкт дослідження відповідно до загальнодержавних стандартів класифікації водних об'єктів. Відповідно до якої вода в затоці НАУ належить до 5 категорії, тобто помірно забрудненої.

Список літератури

1. Правила експлуатації водосховищ дніпровського каскаду. – К. : Генеза, 2003. – 176 с. 2. *Тимченко В.М.* Екологіческие аспекты водного режима киевского участка Каневского водохранилища / В.М. Тимченко, С.С. Дубняк // Гидробиол. журн. – 2000. – 36, №3. – С. 57–67. 3. *Фельзенбаум А.И.* Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений / А.И. Фельзенбаум. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. 4. *Звіт з науково-дослідної роботи за договором № 21/2005 від 24.12.2005 р. “Оцінка впливу будівництва водноспортивної бази НАУ на екологічний стан та формування якості води Канівського водосховища в районі м. Українка”/Під кер. В.І. Щербак/ НАН України. Ін-т гідробіології – К., 2005.* 5. *Щербак В.І.* Фітопланктон київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають / В.І. Щербак, Н.В. Майстрова. – К. : ІГБ НАНУ, 2001. – 70 с. 6. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський та ін. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.*

Еколого-гідрологічна оцінка атропогенно створеної водойми

Кушнір Н.І.

На прикладі невеликого штучно створеної водойми, представлена методика комплексної оцінки водних об'єктів даного типу.

Ключові слова: еколого-гідрологічна оцінка, морфометричні показники, вітрова циркуляція, течії, фітопланктон, індекс сапробності.

Эколого-гидрологическая оценка атропогенно созданного водоема

Кушнір Н.І.

На примере небольшого штучно созданного водоема, представлена методика комплексной оценки водных объектов данного типа.

Ключевые слова: эколого-гидрологическая оценка, морфометрические показатели, ветровая циркуляция, течения, фитопланктон, индекс сапробности.

Ecohydrological assessment of the antropogenically created water bodies

Kushnir N.I.

On example of small artificially created water body, the technique of a complex assessment of water objects of the given type is presented.

Keywords: ekohydrological estimation, morphometric indicators, wind circulation, currents, phytoplankton, saprobic index.

Надійшла до редколегії 29.01.10