

УДК 504.61

В.М. Триснюк, В.І. Мокрий, Т.В. Триснюк

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, Київ

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНО СТВОРЕНИХ ВОДОЙМ

Проведено дослідження штучно-створених водойм на прикладі Тернопільського ставу, здійснено вимірювання глибини та рельєфу дна. В статті дано характеристику концентрації важких металів в різні періоди року і встановлено, що рослинність є найкращим акумулятором свинцю. Розроблені показники оцінки стану природно-техногенної гідроекосистеми залежать від конфігурації органічних сполук і міри порушеності басейнових ландшафтів.

**Ключові слова:** інформаційно-аналітичні технології, моніторингові дослідження, важкі метали, свинець.

### Вступ

**Актуальність теми.** Ефективне управління природокористуванням у Західно-подільському регіоні базується на оперативно-прогностичній інформації про діючі і потенційні чинники природних змін та антропогенного навантаження на гідрографічну мережу, отриманої шляхом реалізації моніторингу лімнологічних систем.

Моніторинг озер необхідний для забезпечення екологічної безпеки природно-охоронних територій та оцінки ресурсного потенціалу для заповідання і природокористування. Озерним комплексам належить провідна роль у регулюванні й формуванні стоку річок, процесів самоочищення води. Акваторія і береги є середовищем збереження та розвитку біорізноманіття. В озерах зосереджені водні, біологічні, мінеральні і рекреаційні природні ресурси. На узбережжі озер розміщені об'єкти стаціонарної та регульованої рекреації, населені пункти, промислові та агропромислові заклади, що призводить до забруднення водойм. Для досліджуваних водних об'єктів характерний широкий спектр цільових призначень, обумовлених різними факторами. Гідрологічні параметри водних об'єктів обумовлені геоморфологічними умовами, а також особливостями територій: рівень антропогенізації, функціональне зонування і рекреаційно-господарського секторів економіки.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** Досліджувані озера Тернопілля являються типовими гідрологічними об'єктами Західної України. Важливі аспекти лімнологічного-географічного аналізу озерних комплексів розглянуто у працях [1, 2]. Батиметрична зйомка озера [3], а також інформаційно-аналітичні технології дистанційних та гідроакустичних досліджень [4 – 6], на сучасному науковому і технічному рівні є важливою задачею для розв'язку проблем, пов'язаних з природоохоронними та рекреаційно-господарськими функціями озерно-лісових комплексів і прилеглих територій.

**Мета дослідження.** Уточнення даних про екологічний стан досліджуваної території, отриманих

за результатами аналізу космічних знімків, шляхом проведення наземних досліджень із залученням актуальних інформаційних технологій та створення паспорту Тернопільського ставу.

### Виклад основного матеріалу

Результати космічного моніторингу та застосування інформаційно-аналітичних технологій забезпечують оцінку динаміки морфометричних характеристик і просторового розподілу таких досліджуваних інтегральних гідроекологічних параметрів як форма і периметр берегової смуги та процесів евтрофікації водойм. Методика досліджень передбачає застосування даних лімнологічного-географічного аналізу озерних комплексів Західноукраїнського Поділля для інтерпретації результатів ехолотного профілювання. Для батиметричних досліджень використовується сучасний гідроакустичний метод, який полягає в ехолотному зондуванні з синхронною GPS-прив'язкою ехолотних профілів. За результатами експедиційних досліджень здійснено вимірювання глибини та рельєфу дна Тернопільський став [6]. Проведено ехолотні вимірювання шляхом автоматичного запису лог файлу та побудовано моделі глибин в модулі розширення 3D Analyst. За результатами досліджень розроблено прототип макету векторної електронної карти глибин, представлено складність рельєфу дна озера, що узгоджується з даними [1 – 3]. Для наочного відображення інформації в ArcGis Analyst (рис. 1), побудовану модель рельєфу дна Тернопільського ставу суміщено із космічним знімком QUICK BIRD.

Моніторингові дослідження необхідні для розв'язку важливих задач раціонального ресурсокористування. Моніторинг якості води озерних екосистем фізико-хімічними методами виконано з метою формування тестових полігонів контролю якості природних поверхневих вод Тернопілля. ДЗЗ/ГІС – технології та наземні полігонно-калібрувальні роботи є важливою складовою формування інформаційної бази даних впливу антропогенних навантажень на еколого-відновний потенціал озера.



Рис. 1. Інтерпольована поверхня ізолінії Тернопільського ставу

Досліджуваний об'єкт віднесено до груп мало-го ( $S < 10 \text{ км}^2$ ) питомого водозбору. Вони характеризуються невеликим ( $< 0,5$ ) і середнім ( $0,5-5$ ) умовним водообміном, що свідчить про автохтонність процесів водного режиму [7].

Концентрація комплексних сполук Cu, Co, Cd, Pb залежить від багатьох чинників. Зниження їхнього зв'язування в комплекси (Cu, Co, Pb), як бачимо з рис. 1, спостерігається навесні. Це зумовлено, з одного боку, розбавленням вод ставу в час весняного повноводдя, а з іншого – зміною компонентного складу розчинених органічних речовин (РОР) у цей період. До кінця літа ступінь зв'язування металів у комплекси зростає. Відповідно до цього зменшується концентрація металів у поверхневих водах ставу. В цей період разом з гумусовими речовинами в комплексоутворенні беруть участь органічні речовини – продукти метаболізму рослин. При цьому концентрація важких металів у травні у воді є меншою, ніж у квітні, що пояснюється початком вегетації макрофітів, а у водній товщі – розвитком фітопланктону (перше «цвітіння» води). Це приводить до збільшення кількості органічних речовин – лігандів для важких металів. Винятком є тільки кадмій, що можна пояснити слабкою комплексоутворюючою здатністю кадмію порівняно з іншими металами (Cu, Pb, Co) та незначною міцністю його комплексів з гуміновими і фульвокислотами, а також з іншими органічними комплексоутворюючими сполуками природних вод.

Влітку концентрація важких металів у воді як правило, зменшується. В другій половині літа при максимальній температурі води настає новий період бурхливого розвитку фітопланктону і друге «цвітіння» води. Тривожним фактом є різке збільшення концентрації свинцю у цю пору року. Джерелом забруднення поверхневих вод цим металом є тетраетил свинцю, що надходить з автомобільної траси, яка пролягає по дамбі ставу. Велика концентрація свинцю влітку пов'язана з процесом метилювання. В цей період, особливо у серпні-липні, спостерігається

«цвітіння водойм», яке призводить до збільшення кількості мікроорганізмів. Неорганічні сполуки свинцю в донних відкладах водойм піддаються метилюванню з участю мікроорганізмів, на що вказували Дж. Мур і С. Рамамурти (1987 р.) [8]. Мобілізація свинцю із донних відкладів за рахунок процесів метилювання створює значну небезпеку для водної біоти.

Восени концентрація важких металів (окрім Co, Cd) дещо зростає. Зі зниженням температури повітря і води восени інтенсивніше відмирають макрофіти у водоймі, зменшується їхня біомаса. Рослини, поглинувши деяку кількість важких металів, за течією води опускаються в нижні ділянки водойми і там, відмираючи, спричиняють вторинне забруднення води, віддаючи їй важкі метали, біогенні елементи та органічні речовини. Концентрація Cd і Co восени зменшилася. Кадмій восени акумулювався в інших складових середовища (прибережний мул, ґрунти). Кобальт, як відомо, належить до найбільш важливих біологічно-активних речовин. Протягом весни, літа та осені сполуки кобальту вивільнялися водною біотою, а з їхньою загибеллю відбулося надходження металу до донних відкладів.

Взимку концентрація досліджуваних металів порівняно з іншими сезонами є високою. Це пов'язано, по-перше, із низьким значенням рН ( $\text{pH}=7,2$ ), при якому, як відомо, комплекси важких металів (гуматні та фульватні) легко розкладаються. Це відповідно зумовлює зростання концентрацій досліджуваних металів у поверхневих водах ставу. Найвищі концентрації у воді свинцю і міді. Висока концентрація важких металів у зимовий період пояснюється також невеликою витратою води у цей проміжок часу. В зимовий період наявне вторинне забруднення водного середовища важкими металами, що пов'язано із дефіцитом розчиненого кисню внаслідок довготривалого льодоставу.

Підвищена концентрація мікроелементів у зимові місяці корелює з мінімальним зростанням чисельності та біомаси фітопланктону. Очевидно, ці особливості сезонної зміни концентрацій елементів у водоймі пов'язані, з одного боку, з їхнім виносом при збільшенні біомаси фітопланктону, а з іншого – із вивільненням елементів після розкладання водоростей.

Згідно з нашими дослідженнями кількісне співвідношення важких металів у воді можна подати такими рядами: квітень –  $\text{Pd} < \text{Cd} < \text{Cu} < \text{Co}$ ; травень –  $\text{Pb} < \text{Cd} < \text{Co} < \text{Cu}$ ; липень –  $\text{Cd} < \text{Cu} < \text{Co} < \text{Pb}$ ; серпень –  $\text{Cd} < \text{Cu} < \text{Co} < \text{Pb}$ ; вересень –  $\text{Cd} < \text{Co} < \text{Pb} < \text{Cu}$ ; листопад –  $\text{Co} < \text{Cd} < \text{Cu} < \text{Pb}$ ; лютий –  $\text{Cd} < \text{Co} < \text{Cu} < \text{Pb}$ .

Класифікація озер за морфометричними, гідрологічними, біологічними та іншими параметрами необхідна для визначення ресурсного потенціалу водойм та раціонального їх використання в рекреаційно-господарському комплексі регіону.

При проведенні батиметричної зйомки за відпрацьованими профілями проведено картування гли-

бин Тернопільського ставу (рис. 2). Геоінформаційними інструментами, що містить програмний комплекс ArcGIS 9.3, побудовано векторну карту глибин озер. На рис. 2 показано прототип зображення із векторною картою глибин озера Тернопільського ставу, синтезованого із космічним знімком QUICK BIRD прилеглих територій.



Рис. 2. Прототип макету векторної електронної карти глибин Тернопільського ставу

Водойма є своєрідною лотично-лентичною екосистемою, що представлена взаємопов'язаними елементами: водосховище – основне русло р. Серет – додаткові водойми (комплекс невеликих штучних водойм). Загалом ці складові взаємопов'язані та активно впливають на життєдіяльність їхтіофауни.

### Висновки

В процесі роботи проведено комплекс досліджень екологічного стану Тернопільського ставу. Визначено необхідність створення еталону якості поверхневих вод, що є архіважливим компонентом розв'язку проблеми трансформації озерних комплексів Західної України та їх збереження, які обумовлені просторово-часовим розподілом антропогенного навантаження.

Різноплановість використання озер ініціює необхідність формування природоохоронних територій на базі озерно-лісових комплексів, визначає специфіку науково-практичних робіт. Відпрацьована методика гідроакустичного вивчення донного рельєфу озер виявилась достатньо ефективною. Її застосування можливе на будь-яких інших гідрологічних об'єктах, особливо важкодоступних, завдяки мобільності експериментального обладнання, в кон-

тексті прогнозованого впливу техноприродних екосистем на гідроекологічний режим.

### Список літератури

1. Ільїн Л.В. Особливості озерних комплексів Західноукраїнського Полісся / Л.В. Ільїн // *Наук. праці УкрНД-ГМІ.* – 2007. – Вип. 256. – С. 359-366.
2. Трофимчук О.М. Інформаційно-аналітичні технології дослідження озер Шацького НПП / О.М. Трофимчук, Г.Я. Красовський, В.В. Радчук, В.І. Мокрий // *Збірник наукових статей. III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, Вінниця, 21-24 вересня 2011 р., Т.1.,* – С. 130-133.
3. Сопрунюк П.М. Вимірювання батиметричних характеристик озера Світязь / П.М. Сопрунюк, М.М. Мельник // *Відбір і обробка інформації.* – 2011. – Вип. 35 (111). – С. 91-95.
4. Загородня С.А. Інформаційні технології для екологічного моніторингу водно-болотних екосистем Українського Полісся / С.А. Загородня, В.О. Охарев, М.А. Попова, І.В. Радчук // *Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: зб. наук. праць 12 Міжнар. наук.-практ. конф.* – Київ – Харків – АР Крим, 2013. – С. 185-190.
5. Триснюк В.М. Моделювання природно-технічної системи гідроресурсів / В.М. Триснюк // *Вісник Тернопільського національного технічного університету.* – 2013. – № 1 (69). – С. 205-212.
6. Триснюк В.М. Інформаційні технології дослідження штучно створених екосистем на прикладі Тернопільського ставу / В.М. Триснюк, І.В. Радчук, В.О. Шумейко, Т.В. Триснюк // *Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. Збірник наукових праць.* – 2014. – Вип. 15.
7. Гуменюк Г.Б. Сезонна міграція міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г.Б. Гуменюк, В.В. Грубінко // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: період. наук. зб. Київ. ун-ту.* – К.: Ніка-Центр. – 2001. – Т.2. – С. 745-753.
8. Мур Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах, контроль и оценка влияния / Дж. В.Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 225 с.

Надійшла до редколегії 28.08.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.В. Бутенко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

### ИНФОРМАЦИОННО - АНАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННО СОЗДАНЫХ ВОДОЁМОВ

В.М. Триснюк, В.И. Мокрий, Т.В. Триснюк

*Проведено исследование искусственно созданных водоемов на примере Тернопольского става произведено измерение глубины и рельефа дна. В статье дана характеристика концентрации тяжелых металлов в различные периоды года и установлено, что растительность является лучшим аккумулятором свинца. Разработанные показатели оценки состояния природно-техногенной гидросистемы зависят от конфигурации органических соединений и меры нарушения бассейновых ландшафтов.*

**Ключевые слова:** информационно-аналитические технологии, мониторинговые исследования, тяжелые металлы, свинец.

### INFORMATION - ANALYTICAL TECHNOLOGY RESEARCH ARTIFICIAL BODIES

V.M. Trysnyuk, V.I. Mokriy, T.V. Trysnyuk

*A modeling study of heavy metals ecosystem Ternopil Pond. Research artificially created ponds on the example of Ternopil pond depth measurements made and the topography. In the given article characteristic concentrations of heavy metals in different periods of the year and found that vegetation is the best battery lead. Indexes assessment of natural and man-made hydro dependent on the configuration of organic compounds and extent of disturbance basin landscapes.*

**Keywords:** information-analytical technologies, monitoring study, heavy metals, lead.