

УДК 504.61

© **В.М. Триснюк**, канд. географ. наук, старш. наук. співробітник;

І.В. Радчук, наук. співробітник;

В.О. Охарєв, мол. наук. співробітник;

Т.В. Триснюк, аспірант;

О.В. Атрасевич, аспірант;

В.О. Шумейко, аспірант

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНО СТВОРЕНИХ ЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ

Розглянуто модельне дослідження штучно створеної екосистеми Тернопільського ставу. У 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: модельне дослідження, екологічний стан, моніторингові дослідження, важкі метали, свинець.

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, отриманий шляхом реалізації моніторингу екологічної безпеки поверхневих вод.

Розроблено інформаційно-аналітичні технології моніторингу поверхневих вод для інформаційної підтримки рішень з питань екологічної безпеки водного фонду на об'єктовому, регіональному рівнях, охорони і збалансованого ресурсокористування гідроморфного комплексу Тернопільського ставу (рис. 1), а також формування бази об'єктивних вихідних даних для розробки науково-обґрунтованих стратегій розвитку міської території, з урахуванням рівня водозабезпеченості (рис. 2).

Актуальність проблеми інвентаризації водойм регіону обумовлена їх значенням у вирішенні природоохоронних та рекреаційно-господарських завдань. 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: рівнем антропогенізації, функціональним зонуванням і рекреаційно-господарським сектором економіки.

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.

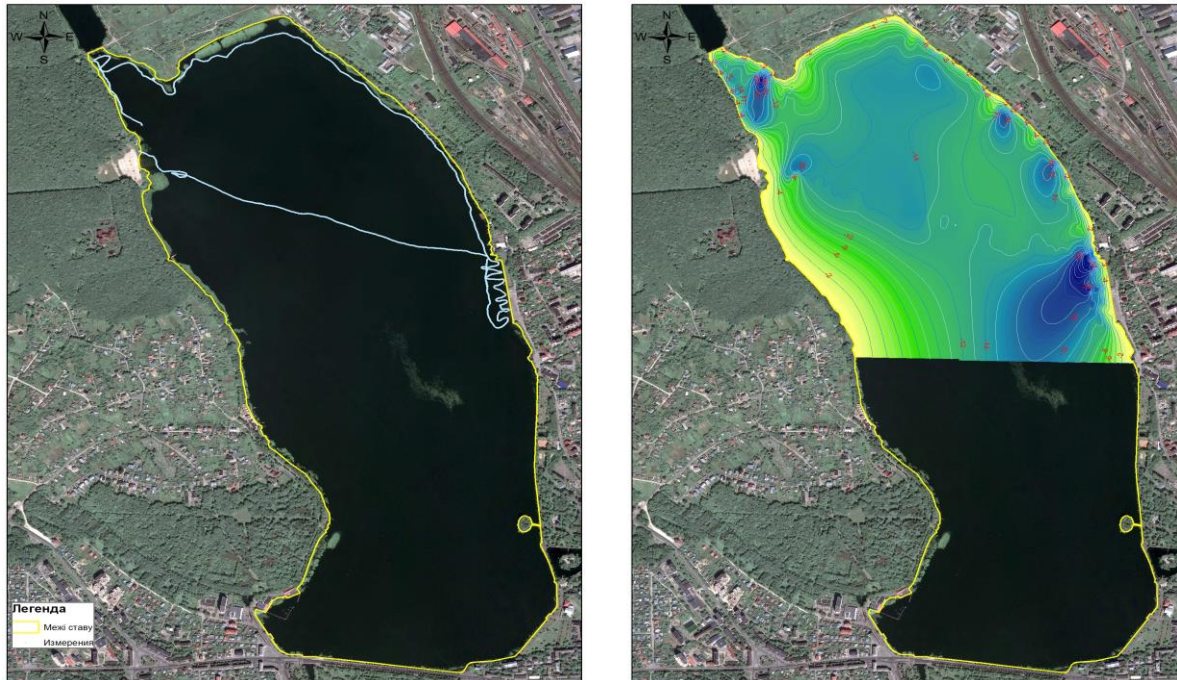


Рис. 1 – Космічний знімок Тернопільського ставу Рис. 2 – Інтерпольована поверхня ізолінії

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 процеси евтрофікації водойм.

Найбільш достовірні і точні результати реалізації завдання отримуються при використанні в якості первинних даних багатозональних космічних знімків високої просторової роздільної здатності.

Результати моніторингу якості води озernih екосистем фізико-хімічними методами, виконаного з метою формування тестових полігонів контролю якості природних поверхневих вод Тернопілля, ДЗЗ/ГІС технології та наземні полігонно-калібрувальні роботи є важливими складовими формування інформаційної бази даних впливу антропогенних навантажень на еколого-відновний потенціал озера.

Унікальні водні екосистеми штучних озер зазнають антропогенного впливу внаслідок господарського та рекреаційного використання. Наслідком такої діяльності є активізація процесів евтрофування водойм. Зниження рівня ґрунтових вод внаслідок будівництва меліоративних систем відкритим способом спричинило пониження водного дзеркала в водойм. Антропогенізація обумовлює посилення прогрівання та евтрофікацію озер, спричинює їх ізоляцію та інтенсифікацію процесів старіння водойм. Тому виникла гостра необхідність

комплексних моніторингових досліджень та аналізу різноманітних аспектів діяльності в регіоні, яка дозволяє вибрати найбільш прийнятні варіанти управління водним господарством. Такий підхід забезпечує не лише отримання максимального еколого-економічного ефекту, але й врахування міжнародних положень раціонального природокористування та охорони довкілля. Моніторингові дослідження якості поверхневих вод базується на врахуванні головних функцій гідроекосистем та прилеглих до них територій. Важливими їх складовими, поряд з гідрооптичними даними космічного моніторингу, є з'ясування кількісних і якісних гідрологічних фізико-хімічних характеристик.

Важливим завданням моніторингу лімносистем території досліджень є узагальнення нагромадженої інформації і створення теорії системи управління функціонування озерних екосистем [1]. Сучасний підхід до дослідження озер, водосховищ, ставків (як водойм уповільненого водообміну) передбачає вивчення динаміки їх існування не лише в тісному взаємозв'язку, але й процесів, що відбуваються на водозборі. В основу такого підходу покладено уявлення про водойму та її басейн як локальну екосистему, що дає змогу по-новому пояснити природу водойм, встановити найбільш оптимальні варіанти використання, збереження і охорони їх ресурсів. Поставлене завдання потребує комплексного розгляду і обґрунтування його з точки зору лімнологічних процесів.

Місто Тернопіль лежить по обидва боки річки Серет – лівої притоки Дністра. Довжина Серету – 218 км. Це найдовша річка із приток Дністра в межах області, що бере початок біля с Ратищі. В районі Тернополя долина річки коритоподібна з крутим правим схилом. Ширина русла – до 10 метрів, швидкість течії – 0,6 метра за секунду. На південь від міста долина Серету сягає ширини 1,2 км, вона заболочена і важкопрохідна. За греблею і поблизу приміського села Петриків прокладено нове рукотворне випрямлене русло. Гідрологічний режим річки тісно пов'язаний з джерелами живлення і залежить від пори року. Весняне водопілля починається в першій половині березня і триває близько місяця. Висота рівня повені – 0,7–2 метри над нульовою відміткою, але нерідко вона досягала максимальної відмітки 3,5 метра і вище. Низькі рівні спостерігаються влітку і взимку. У літні місяці, особливо у червні–липні, коли випадає максимум опадів, рівень води у річці на кілька днів піднімається. Взимку річка не замерзає. У дуже холодні зими – замерзає, але з великою кількістю ополонків.

Наші дослідження проводились ехолотом – картплоттером LOWRANCE LMS-527C DF, що має дисплей підвищеної яскравості з роздільною здатністю 480x480 пікселів і діагоналлю екрану 5, який володіє 16-бітною кольірною палітрою з 65 536 кольорів (рис. 3).

Тернопільський став штучно створений на річці Серет у західній частині міста, площею 290 га. Його ширина сягає близько 1 км, а довжина – 3,5 км. Середня глибина ставу – 3,75 м, найбільша – 12 м – біля Біленького водозабору (рис. 4).

Став утримує дамба з мостом-греблею, по якій проходить автомагістраль і з'єднує центр міста із Загребеллям. У верхів'ях ставу між селами Біла і Пронятин прокладена друга дамба, за якою лежить Серетське болото площею 740 га.

Для дослідження вмісту Co, Cu, Pb, Cd у воді, прибережному мулі, ґрунтах та водоростях зразки складових гідроекосистеми відбирали в 5 різних місцях Тернопільського ставу (рис. 1): 1 – біля міського пляжу; 2 – поблизу автомобільної дороги; 3 – біля заплави р. Серет (фільтр на шляху міграції елементів); 4 – в низинній ділянці ставу (надходження техногенних викидів із стоком, із річкової води, з атмосферних опадів); 5 – в ділянках заболоченого схилу (постійне обводнення).



Рис. 3 – Ехолот - картплоттер LOWRANCE LMS-527C DF, який використовувався для дослідження

Влітку концентрація важких металів у воді, як правило, зменшується. У 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. У цей період, особливо у серпні-липні, спостерігається "цвітіння водойм", яке призводить до збільшення кількості мікроорганізмів. Неорганічні сполуки свинцю в донних відкладах водойм піддаються метилюванню за участю мікроорганізмів [3]. Мобілізація свинцю із донних відкладів за рахунок процесів метилювання створює серйозну 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 їх біомаса. Рослини, поглинувши деяку кількість важких металів, за течією води опускаються в нижні ділянки водойми і там, відмираючи, викликають 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 числа найбільш важливих біологічно-активних

речовин. Протягом весни, літа та осені сполуки кобальту використались водною біотою, а з їх загибеллю відбулося надходження металу до донних відкладів.

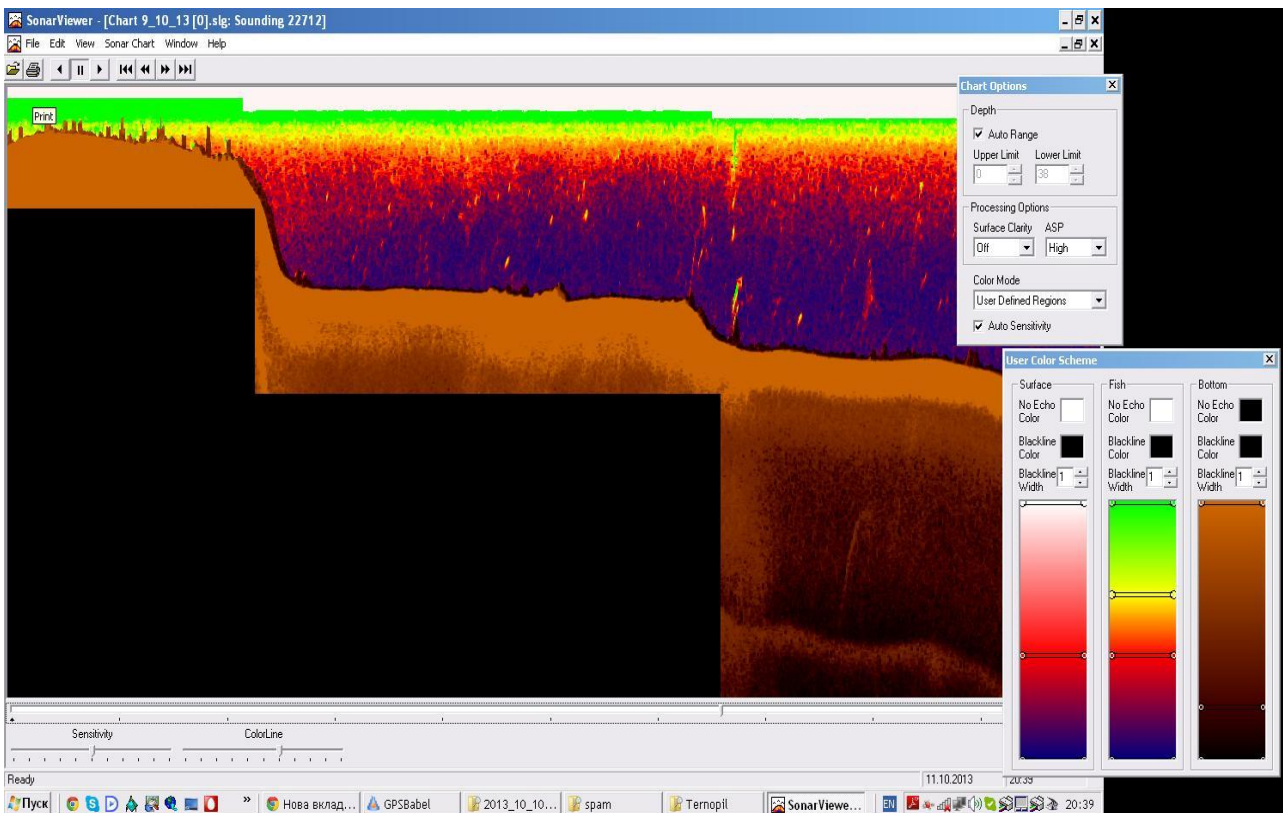


Рис. 4 – Приклад ехограми рельєфу даної поверхні Тернопільського ставу

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

Натурне моделювання процесів інтоксикації у невеликих, але функціонально стабільних водоймах, мета яких полягає у прослідкуванні динаміки перерозподілу важких металів у складових водойми протягом одного вегетаційного сезону. Це дає можливість встановити пріоритетні чинники перерозподілу металу, оцінити швидкість процесу трансформації та встановити роль біотичних складових у ньому. Нами проведені всі відповідні дослідження за внесення свинцю до початкової концентрації 0,5 мг/л.

Згідно з нашими дослідженнями рослини є найкращими акумуляторами свинцю. Хронічна дія свинцю на рослини проявляється при концентрації 0,1–5 мг/л. Пік вмісту токсиканту у водоростях спостерігається на 1-й (рН = 6,8), 5-й (рН = 7) та 10-й день (рН = 6,3 – мобілізація з донних відкладів). В кислому середовищі (10-й день) збільшується токсичність свинцю, регулюється процес адсорбції металів на поверхні клітин, що встановлено на прикладі *Chlorella vulgaris* [3].

Вважається, що фітопланктон протягом зими осідає на забруднені донні відклади, а весною змулюється, що підтверджується нашими даними. Наприкінці весни спостерігається бурхливий розвиток комплексу діатомових водоростей – астеріонелли (*Asterionella*), табеллярії (*Tabellaria*). З одержаних нами даних можна зробити висновок, що діатомові водорості мають високу чутливість до кобальту та свинцю. Також сприяє акумуляції важких металів водоростями значна мінералізація води (у квітні вона становила 556 мг/л). Слід зазначити позитивну кореляцію між концентрацією важких металів у воді (навесні найвищі концентрації) та у водоростях.

Водойма являє собою своєрідну лотичну – лентичну екосистему, що представлена взаємозв'язаними елементами: водосховище, основне русло р. Серет, додаткові водойми (комплекс невеликих штучних водойм). Всі складові є тісно взаємопов'язані і чинять вплив на життєдіяльність іхтіофауни.

Болотна рослинність у заплаві Серету представлена лисячою осокою, тонконогом, повзучою мігилицею, рогозою. Серед лікарських рослин – кульбаба, стокротки, мати-й-мачуха, яглиця, живокіст.

Фауна околиць Тернополя включає десятки видів гризунів хижих, комахоїдних і рукокрилих, кілька парнокопитних тварин. Поширені заєць, лисиця, куниця. У ставі водяться видра і норка. Водоплавна птиця (крижні, чирки, бекаси) після початку сезону полювання прилітають на став, а коли він замерзає, перелітають і зимують на річці.

До факторів, що визначають і регулюють склад іхтіокомплексів у наших водоймах відносимо: техногенні, побутові стоки, аматорська риболовля. Первинну регуляцію складу закономірно виконують морфологія річища і середні (річні та сезонні) витрати води.

Згідно з даними спостережень іхтіологічної служби Тернопільрибоохорони кормова база риб представлена фітопланктоном, зоопланктоном, зообентосом та вищою водною рослинністю (макрофітами). Згідно з літературними даними було зареєстровано 21 вид водоростей з 6 відділів: синьо-зелені (*Cyanophyta*), зелені (*Chlorophyta*), діатомові (*Bacillariophyta*), еугленові (*Euglenophyta*), золотисті (*Chrysophyta*), криптофітові (*Cryptophyta*), середня біомаса фітопланктону Тернопільського міського ставу становила 18 г/м³. Основне значення у формуванні біомаси водоростей займали зелені, синьо-зелені та діатомові водорості.

Середні показники зоопланктону для водосховищ Тернопільської області становлять 4,0 г/м², зообентосу – 6,0 г/м². Макрофіти представлені: пронизанолистим і блискучим, роголистником зануреним. Повітряно-водна рослинність представлена в основному осокою, очеретом та рогозою.

У Тернопільському ставі водиться понад 20 видів риби, а саме: карась сріблястий (*Carassius gibelio*), окунь звичайний (*Perca fluviatilis*), плітка звичайна (*Rutilus rutilus*), йорж звичайний (*Gymnoscephalus cernuus*), короп звичайний (*Cyprinus carpio*), верховодка звичайна (*Alburnus alburnus*), гірчак європейський (*Rhodeus amarus*), судак звичайний (*Sander luciperca*), щука (*Esox lucius*), лин звичайний (*Tinca tinca*), лящ звичайний (*Abramis brama*), плоскирка європейська (*Blicca bjoerkna*), товстолобик білий амурський (*Hypophthalmichthys molitrix*), чебачок амурський (*Pseudorasbora parva*).

Висновок. 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.

Список використаної літератури

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 342 с.
2. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. Київ. Наукова думка. 2007. – 219 с.
3. Гуменюк Г.Б., Грубінко В.В. Сезонна міграція міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: період. наук. зб. Київ. ун-ту. – К.: Ніка-Центр. – 2001. – Т. 2. – С. 745–753.
4. <http://www.tarnopol.te.ua>

Стаття надійшла до редакції 27.02.14 українською мовою

**© В.М. Триснюк, І.В. Радчук, В.А. Охарев, Т.В. Триснюк,
А.В. Атрасевич, В.А. Шумейко**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННО
СОЗДАНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ТЕРНОПОЛЬСКОГО ПРУДА**

Рассмотрено модельное исследование искусственно созданных экосистем Тернопольского пруда. 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 гидроэкосистемы зависят от конфигурации органических соединений и степени нарушенности бассейновых ландшафтов.

**© V.M. Trysnyuk, I.V. Radchuk, V.A. Oharyev, T.V. Trysnyuk,
A.V. Atrasevych, V.A. Shumeiko**

**INFORMATION TECHNOLOGY RESEARCH IN ARTIFICIAL ECOSYSTEMS
EXAMPLE TERNOPIIL POND**

We consider a modeling study of artificial ecosystems Ternopil pond. A modeling study of heavy metals Ternopil pond ecosystem. The article description given concentration of heavy metals in different periods of the year and found that vegetation is the best battery lead. Developed performance assessment of natural and man-made hydro depend on the configuration of organic compounds and the degree of disturbance Basin landscape.