

хозяйственного освоения. Создано цифровую батиметрическую модель и ландшафтную карту оз. Радожичи, рассчитаны морфолого-морфометрические параметры водоема и ландшафтометрические характеристики аквального комплекса. Предложена модель антропогенных рисков 100-метровой водоохраной полосы вокруг озера, а также рекомендации по оптимизации геоэкологического состояния бассейновой системы оз. Радожичи.

Ключевые слова: озерно-бассейновая система, геоэкологическое состояние, водосбор, озеро, природный аквальный комплекс, ГИС-технологии.

Zubkovych Ivan, Martyniuk Vitalii, Andriichuk Serhii. An assessment of the geo-ecological state of the basin system of Radozhychi lake using geo-information technologies. The issues of estimation of the geo-ecological status of lake basin systems of Ukrainian Polessia, that are connected with the growing rates of natural and anthropogenic transformation of landscapes, as well as the need to develop a strategy of lake-basin nature management have been substantiated. Using the *ArcGIS* GIS 10.3 package in *ArcMap* 10.3 software a spatial and typological structure of the catchment area of Radozhychi lake has been constructed, the geo-ecological status of this lake basin and the degree of its economic development have been determined. A digital bathymetric model and a landscape map of Radozhychi lake have been created, the morphological-morphometric parameters of the reservoir and the landscape-hydrometric characteristics of the aquatic complex have been calculated. A model of the anthropogenic risks of a 100-meter water protection strip around the lake has been proposed, as well as recommendations for optimizing the geo-ecological status of the lake basin system of Radozhychi lake.

Key words: lake-basin system, geo-ecological state, catchment area, lake, natural-aquatic complex, GIS technologies.

Zubkovych Ivan, Martyniuk Vitalii, Andriichuk Serhii. An Assessment of the Geo-ecological State of the Basin System of Radozhychi Lake Using Geo-information Technologies. The issues of estimation of the geo-ecological status of lake basin systems of Ukrainian Polessia, that are connected with the growing rates of natural and anthropogenic transformation of landscapes, as well as the need to develop a strategy of lake-basin nature management have been substantiated. Using the *ArcGIS* GIS 10.3 package in *ArcMap* 10.3 software a spatial and typological structure of the catchment area of Radozhychi lake has been constructed, the geo-ecological status of this lake basin and the degree of its economic development have been determined. A digital bathymetric model and a landscape map of Radozhychi lake have been created, the morphological-morphometric parameters of the reservoir and the landscape-hydrometric characteristics of the aquatic complex have been calculated. A model of the anthropogenic risks of a 100-meter water protection strip around the lake has been proposed, as well as recommendations for optimizing the geo-ecological status of the lake basin system of Radozhychi lake.

Key words: lake-basin system, geo-ecological state, catchment area, lake, natural-aquatic complex, GIS technologies.

Стаття надійшла до редколегії
21.11.2019 р.

УДК 911.2:556.55(477.82)

**Леонід Ільїн,
Михайло Пасічник,
Оксана Громик**

Лімнологічний та геохімічний аналіз озера Туричанське

Здійснено аналіз донних відкладів озера Туричанське (Турійський адміністративний район Волинської області). Головну увагу приділено з'ясуванню генетичних особливостей озерної системи та аналізу основних геохімічних показників золи сапропелю (Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , $\text{S}_{\text{заг}}$, $\text{N}_{\text{заг}}$, K_2O , Na_2O , CO_2). З'ясовано, що озерна водойма має типові для Волинського Полісся концентрації геохімічних елементів. Розраховано найважливіші морфометричні та гідрологічні показники водойми. Сапропель озера за основними якісними показниками придатний для використання у сільському господарстві як меліорант та компонент компостів. Проведене дослідження дає змогу розширити базу аналітичних даних щодо геохімії донних відкладів у різнотипних водоймах Волинського Полісся.

Ключові слова: озеро, донні відклади, сапропель, геохімія, Волинське Полісся.

Постановка наукової проблеми та її значення. Актуальність дослідження озерних екосистем обумовлена значною часткою озер у просторовій структурі ландшафтів Волинського Полісся (0,23 %), посиленою антропогенною та природною трансформацією водойм, а також потребою вивчення закономірностей функціонування водойм, що мають важливе наукове й господарське значення. В умовах регіону у водоймах природного походження безперервно відбуваються процеси нагромадження донних відкладів [4]. Важливі чинники, що їх контролюють – геопросторове положення озера, розчленованість рельєфу, покривні породи водозбору, сучасні процеси рельєфоутворення, тектонічний режим та біологічні процеси, що протікають у водоймі. Вивчення особливостей нагромадження, речовинного складу та властивостей озерних відкладів дає змогу визначити шляхи практичного застосування та розробити заходи щодо їх охорони та збереження.

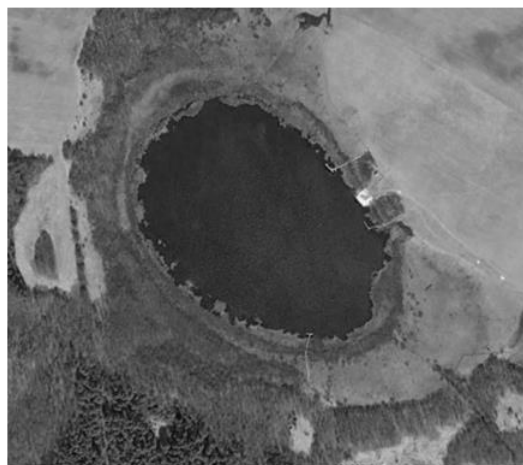
Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Геохімічним дослідженням озер присвячені праці дослідників А. Л. Жуховицької та В. А. Генералової [2], В. А. Даувальтера [1] та ін. [3; 8]. Різні аспекти дослідження озерних систем Українського Полісся висвітлені в працях Л. В. Ільїна [4–5], М. Й. Шевчука [7] та ін. Проте питання літогенезису та геохімії донних відкладів різнотипних озер і досі залишається недостатньо вивченим.

Мета та завдання статті – здійснити комплексний лімнологіко-геохімічний аналіз озера Туричанське шляхом вирішення таких завдань: дати ландшафтно-лімнологічну характеристику озера, виділити й деталізувати індикаційні геохімічні показники (Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , $\text{S}_{\text{заг}}$, $\text{N}_{\text{заг}}$, K_2O , Na^+O , CO_2).

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Озеро Туричанське ($51^\circ 04' 45''$ пн. ш., $24^\circ 18' 51''$ сх. д.) знаходиться в межах Турійсько-Рожищенського ландшафтного району Волинського Полісся, на пониженій ділянці долини р. Турія. Характерними рисами цього району є денудаційні форми рельєфу: хвилясті, з пологіми схилами, межиріччя на перегнійно-карбонатних ґрунтах. Водойма знаходиться на північно-західній околиці с. Турічани. Озеро суфозійно-карстового походження, має округло-овальну форму, дещо витягнуте з північного заходу на південний схід (рис. 1). Площа водойми – $0,13 \text{ км}^2$, об'єм водної маси – $133,0 \text{ тис. м}^3$ (довжина – $0,48 \text{ км}$, максимальна ширина – $0,31 \text{ км}$). Береги – високі, підвищуються над рівнем води на $2,5\text{--}5,0 \text{ м}$. Прибережна смуга покрита очеретом і чагарником. Глибина води в озері коливається від $1,0$ до $3,5 \text{ м}$. Режим живлення, переважно, ґрунтовий. Надходження від талих вод й атмосферних опадів обмежене малою площею водозбору. Нахил поверхні незначний, стік води уповільнений. Із північної сторони до водойми примикає гідротехнічний канал. У ландшафтно-водозбірній структурі частка природних угідь становить – $94,7 \%$, із них на озеро припадає $10,8 \%$, на ліси – $46,6 \%$, болота – $6,6 \%$, луки – 30% . На антропогенізований ландшафт припадає $5,3 \%$, зокрема на орні землі – 5% , на поселення – $0,3 \%$.



а



б

Рис. 1. Територіальна локалізація оз. Туричанське:

а – на топооснові $M 1:50\,000$; б – космознімок (24.03.2012 р.) [запозичено з Google Maps 7.3.2.5]

Мінеральні й органічні речовини у озері Туричанське розміщуються на різних глибинах улоговини не лише залежно від місця їх нагромадження й утворення, а й значною мірою під впливом розмірів часток, динаміки водної маси. Матеріал, який нагромаджений у водоймі, займає суцільну смугу уздовж берегів, окрім мілководних ділянок у північно-західній частині улоговини. Органо-мінеральні відклади розміщені рівномірно за усією площею улоговини, поступово збільшуючись від берегів до середини озера, досягаючи максимальної потужності у південній частині улоговини. Дно озерної улоговини складене глиною, суглинками та гумінованими пісками, зрідка зустрічається крейда. Максимальна глибина улоговини сягає 14,0 м, при цьому вона на 80,0 % заповнена донними відкладами. У прибережних частинах озера під водою присутні поклади торфу, який із глибиною переходить у торф'янистий сапропель.

За даними Ковельської гідромеліоративної експедиції, загальні геологічні (балансові) запаси сапропелю у озері Туричанське становлять 184,0 тис. т (при 60 % вологості), з них 132,0 тис. т – орґано-вапнякового виду, 26,0 тис. т – торф'янистого виду та 26,0 тис. т – вапнякового виду [6]. Середня потужність пласту сапропелю коливається від 3,9 до 4,1 м. У північно-західній частині улоговини їхня товщина сягає 2,0–3,0 м. У південній частині улоговини потужність збільшується до 10,0–11,0 м. На західному березі сапропелеві відклади виходять за межі водного дзеркала. Промислова площа родовища становить 0,11 км². Середня потужність покладів – 4,1 м. Природна вологість – 84,81 %. Зольність відкладів змінюється в межах від 32,4 % до 51,0 %, середня становить 40,3 %. Усереднений водневий показник становить 6,67 рН (табл. 1).

Таблиця 1

Промислово-технічні властивості сапропелю озерного родовища Туричанське
(узагальнено за фондовими матеріалами ДНВП «Геоінформ України»)

Вид сапропелю	Вологість, %	Зольність, %	CaO	Fe ₂ O ₃	pH	N _{заг.}	P ₂ O ₅	S _{заг.}	K ₂ O
Орґано-вапняковий	86,35	44,0	21,7	7,44	6,63	1,66	2,17	1,21	0,07
Вапняковий	83,27	44,5	33,2	2,54	6,69	1,97	0,38	1,91	0,03
Торф'яний	86,04	32,4	12,1	1,39	6,70	2,68	0,25	1,45	0,06
Усереднено	84,81	40,3	22,36	5,69	6,67	2,10	0,93	1,52	0,05

Під час ри вивчення озерних відкладів озера Туричанське ми звертали головну увагу на хімічний склад їх золи (Fe₂O₃, CaO, P₂O₅, S_{заг.}, N_{заг.}, K₂O, Na₂O), поєднання яких створюють певну індивідуальність кожного типу відкладів. Аналіз розподілу основних геохімічних показників донних відкладів озера Туричанське свідчить, що зольність відкладів рівномірно зростає по всій глибині залягання й змінюється в межах від 24 % до 52 %. Вологість із глибиною зменшується до 84,6 % (від 91,3 %). Водневий показник змінюється в діапазоні 6,20–6,84 рН.

Оксид фосфору (P₂O₅) розподілений у донних відкладах озера нерівномірно. Виділяються поля з низькими та високими (до 5,52 %) концентраціями фосфору. Від 3,5 м до 5,5 м спостерігаємо збільшення вмісту від 0,1 до 5 % і таке ж зменшення вмісту з 5 % до 0,2 % (із 10,5 м до 11,5 м).

Загальна сірка (S_{заг.}) у відкладах озера, переважно, автохтонного походження [9]. Найбільший її вміст характерний для торф'янистого сапропелю. Середній вміст сірки для відкладів складає приблизно 1,52 % на суху речовину. Діапазон коливань – від 0,33 % до 2,41 %.

Середній вміст загального азоту (N_{заг.}) становить 2,10 %. На глибині 5,0 м спостерігається незначне зменшення до 1,0 % (рис. 2). Азотисті сполуки у відкладах переважно органічного походження, переважно вони надходять у донні відклади в результаті осідання детриту [1].

Вміст оксиду заліза (Fe₂O₃) зростає з глибиною покладів від 0,55 % до 15,38 % (від 3,5 м до 10,5 м). Усереднений показник становить 5,7 %. Ферум активно адсорбується гуміновими сполуками, тому торф'янисті сапропелі зазвичай мають вищий вміст сполук заліза [5].

Озеро має карбонатний фон седиментації й може бути віднесено до категорії озер-карбонатонагромаджувачів. Середній вміст оксиду кальцію приблизно 22,4 %. Найвищі концентрації спостерігаємо у верхніх шарах відкладів, тут відбувається збільшення фонового значення до 35,2 % на суху речовину.

У сапропелях озера максимальне значення оксиду калію (K₂O) не перевищує 0,16 %. У водойми цей елемент потрапляє разом із продуктами абразії суходолу, в якому міститься слюда, польові

шпати, глина [2]. Оксид натрію (Na_2O) міститься у сапропелі в малих концентраціях. Його вміст змінюється в незначних межах від 0,05 до 0,11 %.

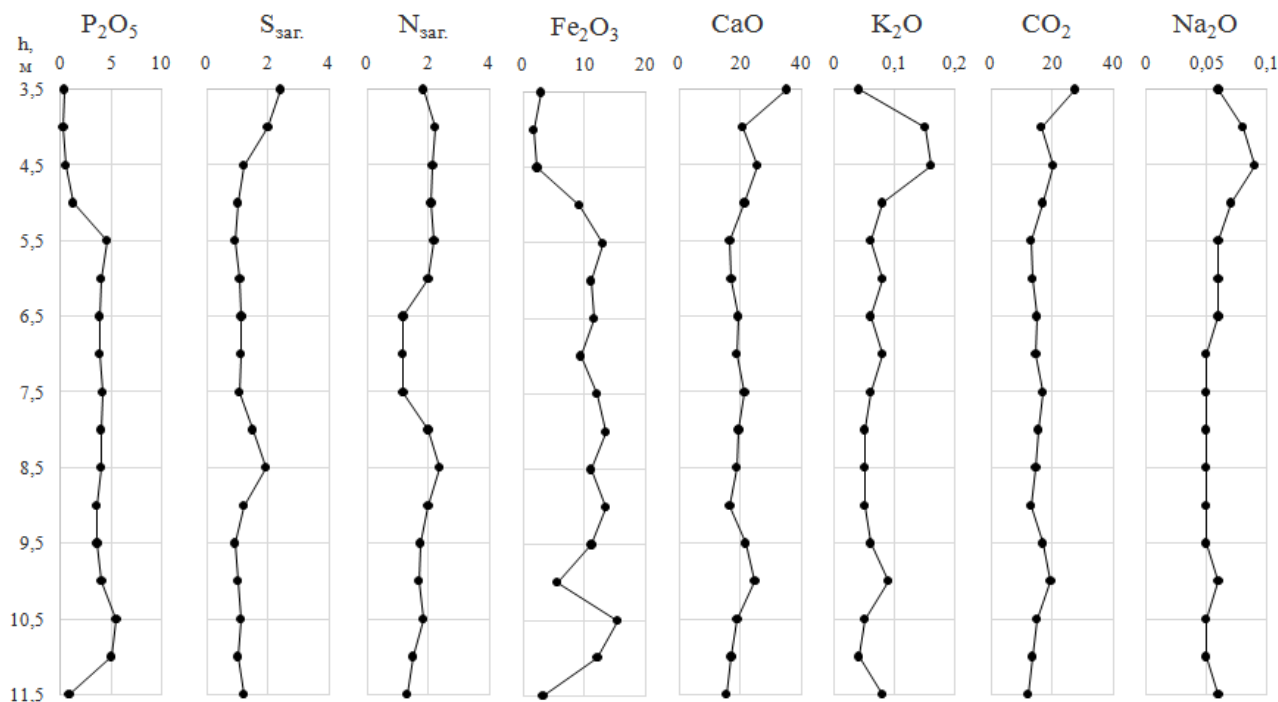


Рис. 2. Профілі розподілу хімічних елементів у донних відкладах озера Туричанське, у % на суху речовину

Вміст діоксиду вуглецю (CO_2) збільшується від глибоких пелагіальних пісків до літоральної зони. Максимальне значення спостерігається на поверхні відкладів (до 29,13 % на суху речовину). Чітко спостерігається кореляційна залежність між ним та оксидом кальцію (див. рис. 2). Як відомо, діоксид вуглецю можна отримати шляхом розкладу карбонату кальцію.

За основними фізичними й хімічними параметрами сапропель озера Туричанське має найкращі кондиції для використання у сільському господарстві як добриво та органо-мінеральна компонента для приготування компостів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Озеро Туричанське є типовою евтрофованою карстовою водоймою Волинського Полісся. Донні відклади озера представлені органо-вапняковим, торф'янистим та вапняковим сапропелем. Сапропель характеризується високою варіабельністю вмісту хімічних компонентів: Fe_2O_3 – 0,55–15,38 %, CaO – 3,44–35,22 %, P_2O_5 – 0,25–5,52 %, $\text{S}_{\text{заг.}}$ – 0,33–2,41 %, $\text{N}_{\text{заг.}}$ – 0,98–2,77 %. Спостерігається чітка залежність між глибиною й вмістом окремих елементів. Усереднені значення для відкладів оз. Туричанське: Fe_2O_3 – 5,69 %, CaO – 22,36 %, P_2O_5 – 0,93 %, $\text{S}_{\text{заг.}}$ – 1,52 %, $\text{N}_{\text{заг.}}$ – 2,10 %, K_2O – 0,05 %, Na_2O – 0,06 %, CO_2 – 19,87 %. Отримані результати просторово-часового аналізу хімічного складу озерних відкладів необхідні для створення бази даних геохімічної інформації про типи донних відкладів, умови їх утворення, геохімію окремих елементів.

Джерела та література

1. Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер / В. А. Даувальтер. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. – 242 с.
2. Жуховицкая А. Л. Геохимия озер Белоруссии / А. Л. Жуховицкая, В. А. Генералова. – Минск : Наука и техника, 1991. – 204 с.
3. Инструкция по разведке озерных месторождений сапропеля. – М. : Геолторфразведка, 1975. – 67 с.
4. Ільїн Л. В. Ліснокомплекс Українського Полісся : монографія : У 2-х т. Т. 1. : Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності / Л. В. Ільїн. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 316 с.

5. Ільїн Л. В. Ландшафтно-геохімічні дослідження лімносистем / Л. В. Ільїн // Вісн. Львів. ун-ту. Серія географічна. – 2006. – Вип. 33. – С. 130–136.
6. Справочник ресурсов сапропеля Украины по состоянию на 1.01.1993 г. Кн. 1. Волынская область. – К. : ГПП «Севукргеология», 1994. – 194 с.
7. Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси якості та перспективи використання / М. Й. Шевчук. – Луцьк : Надстир'я, 1996. – 384 с.
8. Штин С. М. Озерные сапропели и их комплексное освоение / С. М. Штин. – М. : Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2005. – 373 с.
9. Ilyin L. V. Geochemical peculiarities of bottom sediments in polytypic lakes of Ukrainian Polissya / L. V. Ilyin // Limnological Review. – 2002. – № 2. – P. 155–163.

References

1. Dauvalter V. A. Heoekolohiia donnykh otlozhenii ozer / V. A. Dauvalter. – Murmansk : Izd-vo MGTU, 2012. – 242 s.
2. Zhuhovitskaia A. L. Heohimiya ozer Belorussii / A. L. Zhuhovitskaia, V. A. Generalova. – Minsk : Navuka i tekhnika, 1991. – 204 s.
3. Instruktsiia po razvedke ozernykh mestorozhdenii sapropelia. – M. : Geoltorfrazvedka, 1975. – 67 s.
4. Ilyin L. V. Limnokompleksy Ukrainiskoho Polissia : monohrafiia : U 2-kh t. T. 1. : Pryrodnycho-heohrafichni osnovy doslidzhennia ta rehionalni zakonornosti / L. V. Ilyin. – Lutsk : RVV «Vezha» Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky, 2008. – 316 s.
5. Ilyin L. V. Landshaftno-heokhimichni doslidzhennia limnosystem / L. V. Ilyin // Visn. Lviv. un-tu. Seriia heohrafichna. – 2006. – Vyp. 33. – S. 130–136.
6. Spravochnik resursov sapropelya Ukrainy po sostoyaniuu na 1.01.1993 g. Kn. 1. Volynskaia oblast. – K. : GGP «Svukrheolohiia», 1994. – 194 s.
7. Shevchuk M. Y. Sapropeli Ukrainy: zapasy iakist ta perspektyvy vykorystannia / M. Y. Shevchuk. – Lutsk : Nadstyria, 1996. – 384 s.
8. Shtin S. M. Ozernye sapropeli i ikh kompleksnoe osvoenie / S. M. Shtin. – M. : Izd-vo Mosk. hos. hornoho un-ta, 2005. – 373 s.
9. Ilyin L. V. Geochemical peculiarities of bottom sediments in polytypic lakes of Ukrainian Polissya / L. V. Ilyin // Limnological Review. – 2002. – № 2. – P. 155–163.

Ильин Леонид, Пасичнык Михаил, Громик Оксана. Лимнологический и геохимический анализ озера Туричанское. Осуществлен анализ донных отложений озера Туричанское (Турийский административный район Волынской области). Главное внимание уделено выяснению генетических особенностей озерной системы и анализу основных геохимических показателей золы сапропеля (Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , $\text{S}_{\text{об.}}$, $\text{N}_{\text{об.}}$, K_2O , Na_2O , CO_2). Выяснено, что озерный водоем имеет типичные для Волынского Полесья концентрации геохимических элементов. Рассчитаны важнейшие морфометрические и гидрологические показатели водоема. Сапропель озера по основным качественным показателям пригоден для использования в сельском хозяйстве как мелиорант и компонент компостов. Проведенное исследование позволяет расширить базу аналитических данных по геохимии донных отложений в разнотипных водоемах Волынского Полесья.

Ключевые слова: озеро, донные отложения, сапропель, геохимия, Волынское Полесье.

Ilyin Leonid, Pasichnyk Mykhailo, Gromyk Oksana. Limnological and geochemical analysis of Turichanske Lake. The paper analyzes the bottom sediments of Turichanske Lake (Turiysk district of the Volyn region). The main attention is paid to elucidating the genetic characteristics of the lake system and analysis of the main geochemical parameters of sapropel ash (Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , S , N , K_2O , Na_2O , CO_2). It was found out that the lake reservoir has concentrations of geochemical elements typical for Volyn Polissya. The most important morphometric and hydrological indicators of the reservoir are calculated. Sapropel of the lake is suitable for use in agriculture as an ameliorants and a component of composts in terms of basic quality indicators. The research allows us to expand the analytical database on the geochemistry of bottom sediments in different types of water bodies of Volyn Polissya.

Key words: lake, bottom sediments, sapropel, geochemistry, Volyn Polyssia.

Стаття надійшла до редколегії
11.11.2019 р.