

ЕКО-ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ПІДТЕРИКОНОВИХ ВОД НОВОВОЛИНСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Босак П.В., Попович В.В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів
pasha.bosak@ukr.net, popovich2007@ukr.net

Масштабне використання ресурсоемних технологій, виснажливе природокористування призвели до значного техногенного навантаження на усі природні екосистеми держави та забруднення довкілля. Навіть за часів незалежності при зменшенні цього навантаження спостерігаються деструктивні процеси у довкіллі, які становлять загрозу для довкілля та населення держави.

Ситуація, яка склалася у видобувній галузі України вимагає забезпечення стабільним фінансуванням, впровадження дієвих програм по її реструктуризації та розвитку, врахування в цих програмах екологічного складника, оскільки стан довкілля у гірничодобувних регіонах України оцінюється як незадовільний.

Вугільна галузь – надзвичайно складний багатогалузевий виробничо-господарський комплекс, який представляє собою важку промисловість не лише за змістом, але й за рівнем підвищеної небезпеки для навколишнього середовища. Видобуток вугілля пов'язаний із деструктивним впливом на атмосферу, земельні та водні ресурси, флору та фауну, що виявляється в обваленні гірського масиву над очисними виробками, в осушенні водоносних горизонтів, засоленні та забрудненні ґрунтів, ґрунтових і поверхневих вод тощо. Видобувна галузь України належить до основних забруднювачів атмосферного повітря держави. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря галузі становлять понад 20% від загальних.

У статті проведено вивчення сучасного стану дослідження навколишнього середовища Нововолинського гірничопромислового регіону Львівсько-Волинського вугільного басейну. Проаналізовано механізм міграції поллютантів із підтериконових вод до прилеглих водних об'єктів регіону. Визначено переваги та недоліки використання сучасних еколого-геоінформаційних технологій для захисту довкілля досліджуваного гірничопромислового регіону на прикладі геоінформаційної системи (далі – ГІС) проекту “*Open Environment*” [9].

Розроблено схему ГІС з урахуванням специфіки хімічного складу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району та запропоновано її до впровадження, що дасть змогу отримати повну та достатню інформацію не лише про обсяги забруднення регіону від діяльності гірничих підприємств, а й оцінити результати впливу такого забруднення, спрогнозувати їх зміни в часі та побудувати наочні інтерактивні карти, що в комплексі дозволить обирати найбільш оптимальні методи захисту довкілля. *Ключові слова:* екологічна безпека, ГІС-технології, стічні води, відвали шахтних порід, математичне моделювання.

Eco-geoinformation technology of environmental protection from subtericron waters of Novovolynsk mining industry. Bosak P., Popovych V.

Large-scale use of resource-intensive technologies, depleting nature management has led to a significant man-made impact on all natural ecosystems of the state and environmental pollution. Even at the time of independence, with the reduction of this impact, destructive processes in the environment are observed, posing a threat to the environment and the population.

The current situation in the extractive industry of Ukraine requires stable financing, implementation of effective programs for its restructuring and development and, most importantly, taking into account the environmental component in these programs. The ecological state in the mining regions of Ukraine is assessed as unsatisfactory. After all, the coal industry is an extremely multiple industrial and economic complex, including a heavy industry not only by content but also by the level of threat to the environment.

Coal mining is associated with destructive effects on the atmosphere, land and water resources, flora and fauna, which manifests in the collapse of the mountain above the treatment plants, drainage of aquifers, salinization and pollution of soils, groundwater and surface water, etc. Ukraine's extractive industry is one of the main air pollutants in the country. Emissions of air pollutants from the industry reaches more than 20% of the total.

In this article investigation of the current state of environmental research in the Novovolynsk mining area of the Lviv-Volyn coal basin is presented. The mechanism of pollutants migration from subtericrone waters to the adjacent water bodies of the region is analyzed. The advantages and disadvantages of modern ecological and geoinformation technologies for environment protection the of the mining area are determined on the case of the geoinformation system (hereinafter – GIS) of the project “*Open Environment*”.

The GIS scheme is developed taking into account the specifics of the chemical content of subtericrone waters of Novovolynsk mining area. Its implementation will give an opportunity to obtain complete and sufficient information not only about the volume of pollution from mining industries, but also to assess the impact of such pollution, predict changes over time and build visual interactive maps for choosing the most optimal methods of environmental protection. *Key words:* landfill, mining area, geographic information systems, GIS technologies, subtericrone waters, waste heap, dump, mathematical modeling, interactive map.

Постановка проблеми. Екологічний стан більшості гірничопромислових районів нині характеризується як критичний. Передумовами цього є утворення штучних ландшафтів (відвали, терикони, шахтні води тощо), висока концентрація гірничих підприємств у місцях покладів корисних копалин, неефективність заходів підтримки гірничо-технологічних об'єктів у безпечному стані, недостатнє фінансування систем постійного моніторингу за зміною екологічного стану довкілля.

Неконтрольований вплив гірських підприємств гірничопромислових районів призводить як до загального загострення екологічних проблем регіону загалом, так і до виснаження поверхневих і підземних вод, забруднення важкими металами прилеглих територій внаслідок їх міграції із порід териконів [1; 2].

Актуальність дослідження. Дослідження еко-геоінформаційних технологій захисту довкілля від підтериконових вод на прикладі Нововолинського гірничопромислового району

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасною альтернативою при дослідженні впливу підтериконових вод на довкілля гірничого регіону є використання геоінформаційних систем (ГІС) [4]. Головною особливістю застосування ГІС-технологій для захисту довкілля від підтериконових вод є використання комплексу інструментарії – дослідження даних дистанційного (спутникового) моніторингу, даних офіційної статистики рівнів забруднення та проведення математичного моделювання.

Таким чином, використання ГІС-технологій у завданнях екологічної безпеки гірничопромислових районів є найбільш доцільним, оскільки використовувані дані для підтримки прийняття рішень в області

природоохоронної діяльності надзвичайно різноманітні та характеризуються комплексним підходом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер спостереження і контроль за екологічним станом підтериконових вод гірничопромислових районів здебільшого здійснюється лише за допомогою фізико-хімічних аналізів, які визначають вміст окремих забруднювачів у навколишньому середовищі. Проте ці аналізи не дають можливості виявити закономірності вимивання важких металів із териконів шахт з подальшою міграцією до ґрунтів і водних об'єктів прилеглих територій, а також не відображають динаміку змін екологічної ситуації на досліджуваних територіях за певний період часу [3].

У наукових працях О.Т. Мазурак, Н.В. Качмар, Г.А. Лисака наведено результат експериментального дослідження зони впливу шахт, розташованих у Волинській області, та встановлено перевищення показників ГДК_{гпр} важких металів та аніонів сильних кислот-електролітів для вод сільськогосподарського користування [7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Варто зазначити, що ГІС – це складна, багатоконпонентна система, основою якої є інформація, що описує досліджувану територію та програмне забезпечення (додатково – кваліфіковані спеціалісти, які володіють необхідними знаннями й навичками для роботи з відповідною системою) [4].

Некоректне застосування даних щодо міграції політантів із підтериконових вод або помилковий вибір інструменту з набору ГІС не лише не допоможе у вирішенні поставленого завдання, а може суттєво заплутати інформацію і навіть спотворити її до подальшого погіршення екологічного стану

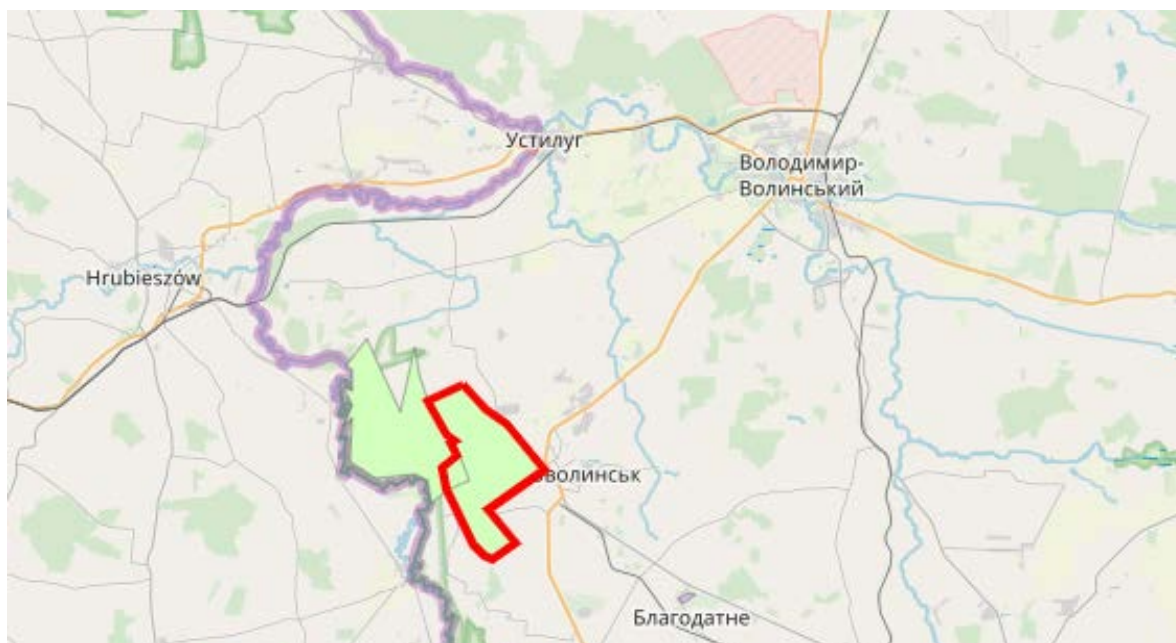


Рис. 1. Інтерактивна карта родовищ корисних копалин на базі ДНВП «Геоінформ України»

прилеглих територій. Тому актуальним є вивчення використання саме еколого-геоінформаційних технологій захисту довкілля від підтериконових вод. У цій роботі дослідження такої технології проведено на прикладі Нововолинського гірничопромислового району (далі – ГПР), оскільки він характеризується концентрацією підприємств гірничої промисловості та заповідних зон.

Новизна. Розроблено схему за допомогою проекту “*Open Environment*” [9] з урахуванням специфіки хімічного складу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля.

Методологічне або загальнонаукове значення. Створення ГІС проектів дає змогу розробити механізми захисту довкілля, головне завдання яких – збір необхідної інформації про певний об’єкт та її фізико-хімічний аналіз. Використання ГІС-технологій покликане спростити процес узгодження даних і підготувати їх до коректного аналізу та отримання результатів. Успішність і ефективність (у тому числі економічна) застосування ГІС багато в чому залежить від правильно складеного плану і правил роботи, які складаються відповідно до специфіки задач і роботи кожної організації, яка застосовує ГІС-технології [10].

Виклад основного матеріалу. Нововолинський ГПР лежить у південно-західній частині Волинської області. Усі шахти цього регіону знаходяться на балансі ДП «Волиньвугілля» Іваницького району Волинської області. Особливістю досліджуваного басейну є необхідність розробки великої кількості порожніх порід і складування їх у відвали та терикони.

Потужність відвалоутворення шахт Нововолинського гірничопромислового району складає понад 200 тис. т/рік. Натепер на териконах цього району

накопичено понад 30 млн т. шахтної породи [5]. Щорічно з поверхні одного терикона видувається понад 400 т. породного пилу і вимивається близько 8 т. солей [5, 6]. Нині більшість шахт Нововолинського ГПР закриті (знаходяться на стадії рекультивації), що свідчить про інтенсивне техногенне навантаження.

За допомогою ГІС-проекту “*Open Environment*” [9] здійснено аналіз якості водних об’єктів досліджуваного регіону. Геоінформаційна інтерактивна карта побудована на базі статистичних даних Державного агентства водних ресурсів України та даних супутникових спостережень (рис. 2).

За даними створеної цифрової карти видно, що якість водних об’єктів на території поширення териконів коливається від задовільної до дуже поганої. Якість води оцінено в кратності перевищення показників за ГДК.

Показники якості води підтверджують той факт, що поряд із вітровою ерозією териконів, дослідженню якої приділена велика кількість наукових робіт, гостро стоїть питання саме водної ерозії териконів, яка призводить до вимивання токсичних політантів і забруднення ними ґрунту та підґрунтових вод, поширюючись із підтериконовими водами на значні відстані прилеглих територій [12].

Динаміку зміни якості води Нововолинського ГПР із 2010 по 2018 роки відображено в графіках, створених на базі інструменту математичного моделювання ГІС-проекту “*Open Environment*” (рис. 3-8).

З цих графіків вбачається, що стан водних об’єктів досліджуваного регіону потребує додаткових методів захисту. Варто зазначити, що середовище ГІС-проекту “*Open Environment*” дуже зручне у використанні, на його прикладі підтверджено можливість застосування ГІС-технологій у прогнозуванні техногенного впливу гірничо-промислових підприємств на довкілля. Проте в цій ГІС-системі не можливим є відображення повної картини впливу підтериконових вод, оскільки відсутні показники хімічних політантів, характерних териконам досліджуваних шахт.

Продемонстровано, що використання навіть найбільш примітивних і загальнодоступних геоінформаційних технологій дає можливість до різностороннього аналізу при формуванні методів захисту довкілля без використання особливих матеріальних і часових затрат. Не викликає сумнівів актуальність використання та розвитку цих технологій в екологічних реаліях сьогодення України загалом і досліджуваного Нововолинського гірничопромислового району зокрема. Отже, виникає необхідність підбору певної ГІС-системи, яка вже містить базу

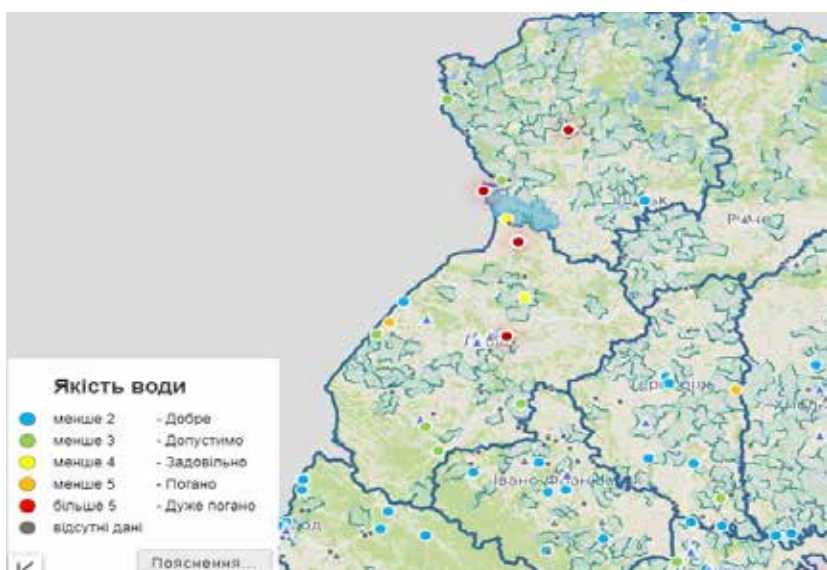


Рис. 2. Фрагмент інтерактивної карти якості водних об’єктів Нововолинського ГПР, створеної в системі ГІС-проекту “*Open Environment*” [9]

даних щодо концентрацій забруднюючих речовин у підтериконових водах досліджуваної території або може її містити шляхом створення в спеціальному програмному середовищі.

З метою спрощення задачі – побудови основних аспектів технології захисту прилеглих територій Нововолинського ГПР від підтериконових вод із використанням еколого-геоінформаційних програм виконано аналіз основних параметрів, які мають бути відображені в цій програмі, проведено дослідження існуючих функцій сучасних ГІС-технологій.

Є.А. Іванов та І.П. Ковальчук [8] пояснюють механізм міграції поліютантів із підтериконових вод до навколишнього середовища так: вміст у відва-

лах досліджуваної породи значної кількості піриту і сірки, а також у результаті процесу гідролізу сульфурмісних сполук (сульфідів, сульфатів), хлоридів, у підтериконових стічних водах явно виражене кисле середовище, що спричиняє перехід іонів металів із сорбованого на мінеральних і органічних речовинах стану (комплексні сполуки) у вільний стан, а в подальшому призводить до мігрування в навколишнє середовище.

Отже, для відображення реальної картини впливу підтериконових вод Нововолинського регіону на прилеглі території обов'язковою є наявність у ГІС-системі реальних концентрацій таких поліютантів: $Fe_{зар}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , хло-

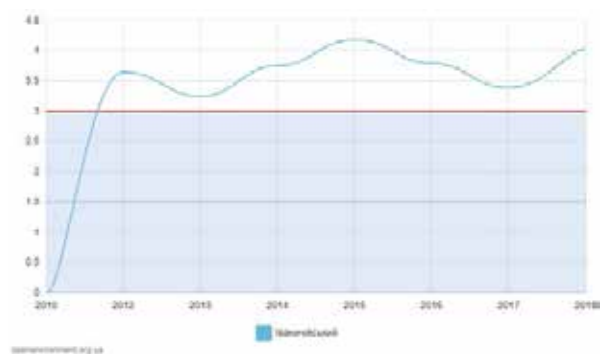


Рис. 3. Біохімічне споживання кисню за 5 діб, mgO/dm^3

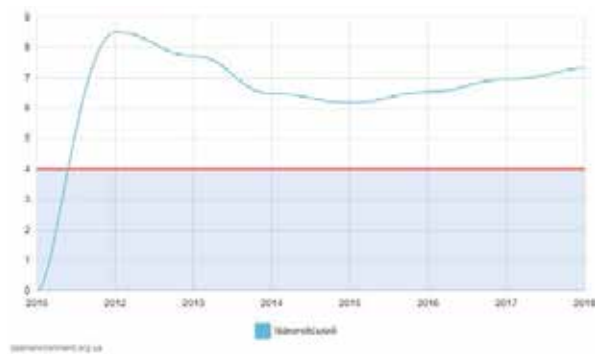


Рис. 4. Кисень розчинений, mgO^2/dm^3

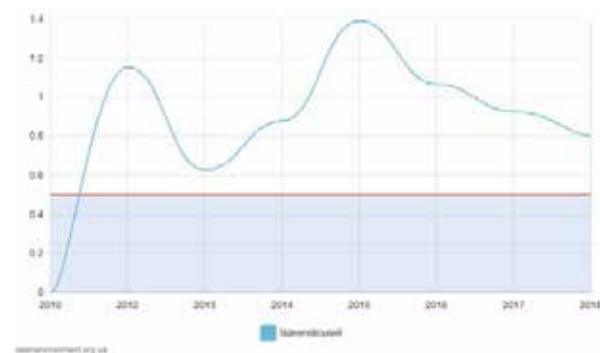


Рис. 5. Амоній-іони, mg/dm^3

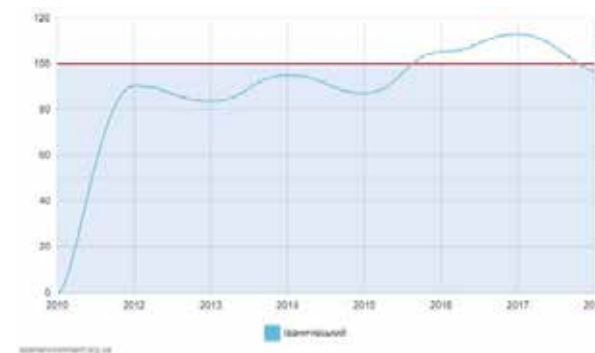


Рис. 6. Сульфат-іони, mg/dm^3

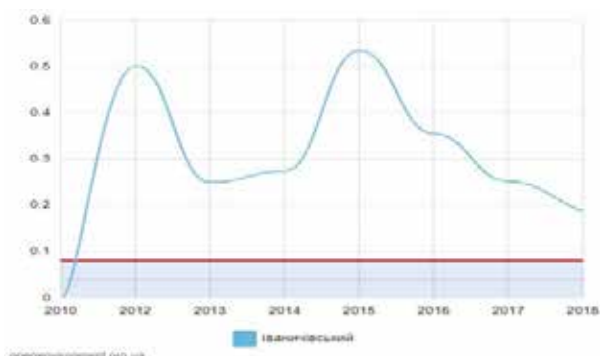


Рис. 7. Нітрит-іони, mg/dm^3

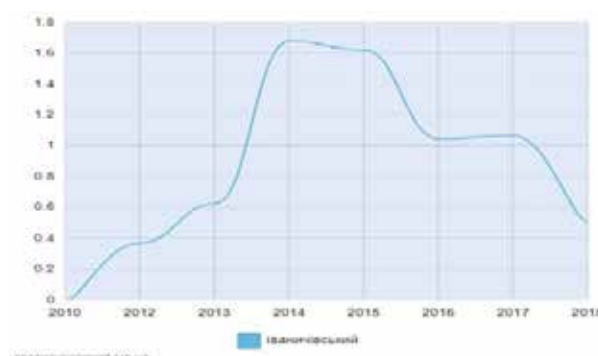


Рис. 8. Фосфат-іони (поліфосфати), mg/dm^3

— значення ГДК.

риди, сульфати, Ca^{2+} , Mg^{2+} . Додатково для розуміння ступеня впливу пропонується визначати коефіцієнт перевищення ГДК – екологічний критерій (ЕК):

$$EK = C / ГДК,$$

де C – фактична концентрація, мг/м^3 ;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація, мг/м^3 .

Варто зазначити, що для прийняття рішень щодо екологічного захисту територій досліджуваного гірничопромислового регіону обов'язковим є розуміння щодо характеру таких заходів – технологічні зміни в разі дотримання екологічного законодавства, наприклад установка додаткових фільтруючих систем, встановлення біоплато чи застосування правових інструментів впливу на гірниче підприємство (штрафні санкції, зобов'язання підприємств до виконання певних умов для зменшення негативного впливу на довкілля)^[11].

Для вибору методу захисту довкілля Ново-волинського регіону необхідно:

- мати можливість ідентифікувати належність терикону до того чи іншого підприємства;
- мати інформацію щодо оцінки запасів корисних копалин для можливості прогнозування періоду подальшого функціонування гірничого підприємства;
- мати інформацію щодо наявності дозвільної екологічної документації (з урахуванням терміну дії

дозвільного документу): дозвіл на спеціальне водокористування, на викиди в атмосферне повітря, на спеціальне користування надрами тощо;

– мати можливість визначити кадастровий номер ділянки, на якій розташоване підприємство, її географічні координати;

– мати інформацію щодо фонових концентрацій і кліматичних характеристик місцевості для можливості прогнозування умов, що пригнічують міграцію поллютантів у навколишнє середовище, та врахування фонового навантаження на довкілля.

Наведені дані нині зводяться до «внутрішніх» баз даних відповідних державних органів, проте відсутня єдина інформаційна система. Враховуючи описані вище аспекти, для ефективної еколого-геоінформаційної технології захисту Нововолинського ГПР від підтериконових вод необхідним є створення багатоцільової інформаційної системи і її перехід від теоретичних розробок до практичного втілення. Така система має містити певну структуру (табл. 1).

Запропонована ГІС-технологія повинна містити основні інструменти геоінформаційних систем^[8]:

- відображення об'єктів, маршрутів, регіонів;
- переміщення по карті, зміна масштабу карт;
- підключення та відключення даних до набору відображення;

Таблиця 1

Структура запропонованої до впровадження ГІС-системи для дослідження впливу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району

№ п/п	Фільтри ГІС-системи	Набір необхідних шарів ГІС-системи	Деталі
1.	Зондування території Нововолинського ГПР	<ul style="list-style-type: none"> • адміністративно-територіальний устрій Волинської області (межі районів, ОТГ, населених пунктів); • межі кожного гірничо-промислового підприємства; • прилеглі до промислових зон території; • адміністративні будівлі 	Система охоронних територій: пам'ятники історії та культури; водоохоронні зони; кількісні показники населення (для розуміння картини основних груп ризику, які піддаються впливу міграції досліджуваних поллютантів підтериконових вод)
2.	Інтерактивна карта родовищ корисних копалин Нововолинського ГПР	<ul style="list-style-type: none"> • тверді горючі корисні копалини; • металічні корисні копалини; • гірничо-хімічні та гірничорудні корисні копалини; • нерудні корисні копалини для металургії; • будівельні корисні копалини; • води питні і технічні; • води мінеральні теплоенергетичні; • грязі та мул мінеральні 	Дані про якість, кількість і ступінь вивченості корисних копалин на родовищах, що мають промислове значення, їх розміщення, рівень промислового освоєння, а також відомості про видобуток, втрати і забезпеченість суспільного виробництва розвіданими запасами корисних копалин
3.	Екологічна характеристика Нововолинського регіону	<ul style="list-style-type: none"> • санітарно-епідеміологічні умови району; • стан атмосферного повітря; • стан поверхневих і підземних вод: концентрації у водоймах таких хімічних речовин: Fe, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, хлориди, сульфати, Ca^{2+}, Mg^{2+} значення рівнів рН у водоймах; • показники кореляції вмісту поллютантів у водних об'єктах від відстані до підтериконових вод; • фізичний вплив 	Концентрації викидів забруднюючих речовин по кожній шахті ГПР, обсяги та результати аналізів стоків по кожній шахті, обсяги та площі утворення відходів, наявність дозвільної екологічної документації для кожного промислового об'єкта Нововолинського ГПР

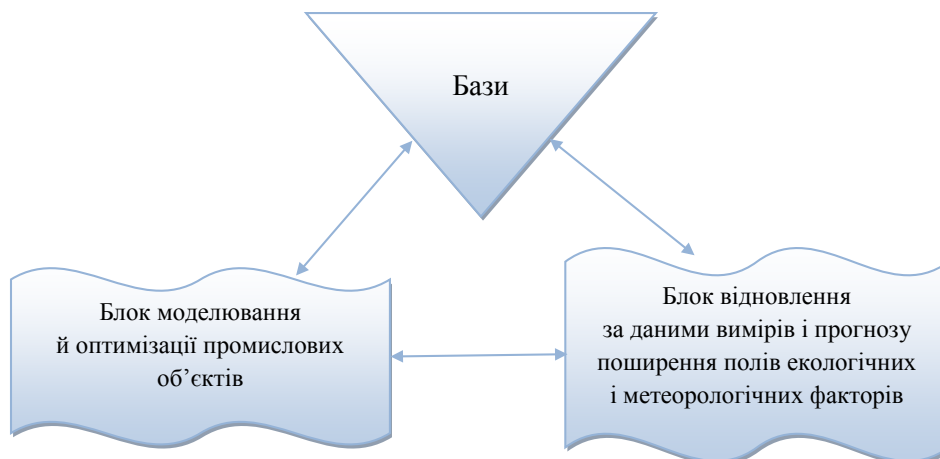


Рис. 9. Структурні ланки запропонованої ГІС-технології дослідження Нововолинського ГПР

- підключення космічних знімків для відображення;
- друк певного фрагменту створеної інтерактивної карти;
- відображення даних по кожному окремому промислому об'єкту та детальної довідникової інформації;
- виконання просторових і атрибутивних запитів;
- вимірювання відстаней від териконів шахт до найближчих забудов, об'єктів заповідних фондів, водних об'єктів тощо;
- можливість виконання пошукових запитів.

Рекомендована ГІС-технологія має включати певні взаємозалежні структурні ланки (рис. 9).

Головні висновки. На прикладі Нововолинського гірничопромислового району визначено та обґрунтовано, що для отримання найбільш повної та об'єктивної інформації про екологічний стан довкілля прилеглих до підтериконових вод територій доцільно застосовувати багатофункціональну екологічну ГІС-технологію, засновану на поєднанні достовірних даних екологічної, правової, медико-біологічної, санітарно-гігієнічної, техніко-економічної спрямованості та можливостей моделювання й оптимізації промислових об'єктів у сучасному ГІС-середовищі.

Перспективи використання результатів дослідження. Реалізація запропонованої екологічної геоінформаційної системи дозволить дослідити вплив процесів міграції важких металів і солей із підтериконових вод шахт Нововолинського району, спостерігати за динамікою змін показників якості довкілля прилеглих територій, прогнозувати вплив діяльності гірничопромислових підприємств цього регіону на стан здоров'я населення Волинської області, контролювати порушення екологічних норм у діяльності шахт за рахунок можливості онлайн-спостереження за змінами концентрацій полютантів у навколишньому середовищі та можливістю їх порівняння з допустимим нормами.

Таким чином, запропонований підхід до вирішення цього питання з урахуванням існуючих експериментальних досліджень механізму міграції полютантів із підтериконових вод до навколишнього середовища за рахунок вмісту значної кількості піриту і сірки та процесу гідролізу сульфурмісних сполук у стічних водах у комплексі з можливістю прогнозувати та моделювати ці процеси на інтерактивних картах із використанням статистичних даних дає можливість для оцінки реального стану довкілля Нововолинського гірничопромислового регіону з подальшим вибором найбільш оптимальних методів захисту довкілля.

Література

1. Кость М.В., Гарасимчук В.Ю., Медвідь Г.Б. та ін. Басейн Західного Бугу. Геохімічні особливості поверхневих вод. Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України. С. 122–123.
2. Попович В.В. Терикони Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля. Національний лісотехнічний університет України. 2009. № 19. С. 136–140.
3. Кравченко М.В. Фізико-хімічний аналіз природної питної води різних джерел водопостачання. Екологічна безпека та природокористування. 2015. № 3. С. 52–60.
4. Геоінформаційні технології в екології. І.В. Пітак, А.А. Негадайлов, І.Г. Масікевич та інші. Суми : Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, 2012.
5. Волотковська Ю.О. Економічна оцінка вугільних териконів як техногенних родовищ : дис. канд. ек. наук: 08.00.06. Дніпро, 2016. 208 с.
6. Грелюк С.В. Дослідження вмісту важких металів у ґрунтах Іваничівського району Волинської області. Національний університет «Львівська політехніка». Кафедра екології та збалансованого природокористування. 2016. С. 286–290.
7. Еколого-хімічні особливості видалення важких металів підтериконових стічних вод кальцію карбонатом. О.Т. Мазурак, Н.В. Качмар, Г.А. Лисак, І.В. Форемна. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. № 1. С. 42–45.

8. Іванов Є. Геоєкологія Нововолинського гірничопромислового району. Є. Іванов, І. Ковальчук, О. Терещук. Луцьк : Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2009. 208 с.
9. Модуль "Open Environment". URL: <http://openenvironment.org.ua/water/#>.
10. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій. Навч. посібник/ А.П. Багмет, С.Г. Герасимов, О.В. Пшоняк. Житомир : Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. 256 с.
11. Попович В.В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ і наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації. Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Львів, 2017. С. 480. URI: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/29557>.
12. Попович В.В. (2014). Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну : монографія. 174 с.