

Геоінформаційні технології і методи оцінки гідроекологічної безпеки

**Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН У
**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»*

Обґрунтовано методологію і методи оцінювання гідроекологічної безпеки природно-техногенних екосистем і запропоновано модель взаємозв'язку гідроекосистеми і природних ресурсів. Визначено показники оцінювання стану природно-техногенної гідроекосистеми залежно від конфігурації остаточного компоновального рішення і міри порушеності басейнових ландшафтів. Для визначення комплексного критерію гідроекологічної безпеки використовується метод, оснований на моделі відстані до еталонного варіанта.

Ключові слова: гідроекологічна безпека, природно-техногенна гідроекоєистема, модель відстані.

Постановка проблеми. В прикладних аспектах охорони та раціонального управління водокористуванням особливої уваги заслуговує створення інформаційного середовища для тематичної обробки даних космоснімків в геоінформаційних та експертних системах різного рівня. Висока ефективність їх застосування обумовлена комплексністю оцінки еколого-санітарного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формуються ці стани. Вони характеризують динаміку основних процесів та оцінки гідроекологічної безпеки. У складі передпроектних робіт для будівництва техногенних об'єктів ключову роль займає процедура вибору пункту і майданчику для їх розміщення, що включає повний цикл інженерних вишукувань, дослідження чинників, пов'язаних з впливом технічних об'єктів на навколишнє середовище і населення. У складі інженерних вишукувань виконуються інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, інженерно-гідрологічні, інженерно-екологічні дослідження, а також дослідження за оцінкою сейсмічної небезпеки району розміщення [1,2].

При цьому слід зазначити, що пункт будівництва розуміється як територія в межах басейну ріки, що дозволяє розмістити декілька майданчиків, для яких ландшафтно-географічні, гідроекологічні і ситуаційні умови (взаємне розташування техногенних об'єктів і міст, крупних підприємств і інших об'єктів, умови водопостачання, транспортні умови, соціально-демографічні, агропромислові і виробничі умови) близькі за своїми характеристиками. Для ідентифікації просторової складової ГІС-моделей адміністративних та басейнових утворень регіону запропоновано використати геоінформаційну карту [3].

Аналіз останніх досліджень. Проблеми моделювання гідроекологічної безпеки, на якій ґрунтуються екологічний аудит, екологічний моніторинг та екологічна безпека, розглянуті в багатьох опублікованих роботах. Для України велике значення, щодо висвітлення проблем екологічної оцінки мають праці Трофимчука О.М., Волошина І.М., Адаменка О. М., Архипової Л.М., Гуцуляка В.М. та багатьох інших дослідників. Однак, аналіз розглянутих робіт показав необхідність нових підходів до удосконалення теорії, методології і розроблення методів оцінки гідроекологічної безпеки природно-техногенних гідроекосистем.

Основний зміст. У зв'язку із зупиненням в Україні паспортизації в 1994 році і припиненням польових обстежень річок виникла така ситуація, що багато річок не мають паспортних даних, необхідних для розв'язання екологічних задач.

Для того, щоб хоча б оцінити паспортні дані цих річок, слід використовувати альтернативні підходи. Ці підходи повинні давати можливість провести оцінювання за наявними даними із використанням сучасних інформаційних технологій [4].

В якості одного із альтернативних шляхів оцінювання паспортних даних річок пропонується метод з використанням моделей геоданих. Використовуючи ГІС, з певною похибкою можна визначити основні паспортні характеристики річки. Альтернативний шлях оцінювання паспортних даних річок ґрунтується на подібності гідрологічних параметрів річок, що протікають у схожих гідрометеорологічних умовах. Отже, за паспортними даними однієї річки за допомогою ГІС- технологій можна розрахувати паспортні дані інших.

На макрорівні (з масштабами від 1:2500000 до 1:100000) оцінюється вплив проектованої природно-техногенної системи як на стан цілісності ландшафтів, так і на окремі компоненти гідроекосистеми регіонального масштабу з прогнозом зміни інтенсивності зворотних (керівних) зв'язків, що забезпечують гомеостаз.

На мезорівні (з масштабами від 1:100 000 до 1:25 000) розглядаються конкретні території, що підлягають забудові з прогнозом інтенсивності прямих дій, як для цілісних басейнових ландшафтів, так і на окремі компоненти гідроекосистеми.

На мікротериторіальному рівні (з масштабами від 1:25 000 до 1:2000 і навіть більше) вивчення стану гідроекологічної безпеки природно-технічних систем набуває найважливішого значення, оскільки на даному рівні розробляються конкретні будівельні проекти з інженерними рішеннями по захисту гідроекологічного середовища.

Результатами гідроекологічних вишукувань повинні стати пропозиції по максимальному збереженню басейнової екосистеми та рекомендації по захисту природно-техногенної гідроекосистеми (ПТГЕС). Результати гідроекологічних досліджень можуть бути представлені як детермінованими, так і експертними оцінками.

Пропонується система оцінки зміни стану ПТГЕС залежно від рішень, що приймаються щодо вибору пункту майданчику для будівництва промислового об'єкту. Модель аналізу і оцінки гідроекологічної безпеки при проведенні гідроекологічних досліджень можна представити у вигляді структури, що представлена на рис 1.

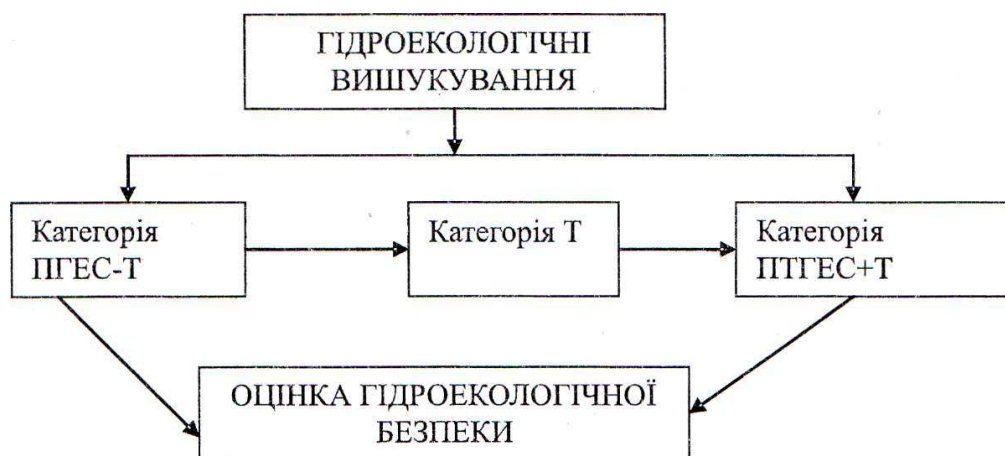


Рис. 1. Модель оцінювання гідроекологічної безпеки при проведенні гідроекологічних вишукувань

Запропонована модель показує взаємозв'язок гідроекосистеми і природних ресурсів в її межах з техногенними системами. Залежно від результатів інженерно-екологічних досліджень загалом і гідроекологічних, зокрема, можливий перехід площі, відведеної під забудову (частини Т) у межах басейнової системи, з категорії природної гідроекосистеми (ПГЕС) в категорію природно-техногенної гідроекосистеми (ПТГЕС). При цьому подальший стійкий рівноважний стан ПТГЕС залежатиме від співвідношення, взаємозв'язку і взаємовпливу ПГЕС і Т.

Після визначення міри порушеності ландшафту басейнової екосистеми (на макрорівні і мезорівні) конкурентні пункти (майданчики) передбачуваного будівництва розглядаються, аналізуються і оцінюються по рівню техногенної дії на гідроекосистему. Комплексним критерієм, як було сказано вище, буде вибраний мінімум техногенної дії на гідроекосистему, що визначає гідроекологічний ефект вибраного варіанту порівняно зі іншими альтернативними варіантами. Для його визначення можна використовувати і детерміновані методи визначення чинників шкідливого впливу на басейнову гідроекосистему, оскільки існують певні аналітичні залежності, що встановлюють взаємозв'язок функціональних показників проєктованих систем з їх екологічним еквівалентом техногенної дії, і експертні методи оцінки для виявлення негативної дії на ландшафти басейнової екосистеми, рівень природно-техногенної безпеки гідроекосистем [5].

Для визначення комплексного критерію гідроекологічної безпеки використовуємо метод, заснований на так званій моделі відстані до еталонного варіанту [1], яка передбачає:

- існування невеликої кількості латентних характеристик, що визначають стан об'єкту, а, отже, і значення комплексного критерію;
- наявність еталонного варіанту створюваної системи;
- наявність певної залежності між «близькістю» еталонного і даного варіанту в області вихідних часткових екологічних показників і відстанню між цими об'єктами в області латентних характеристик.

Відповідно до прийнятого підходу, для комплексної оцінки гідроекологічної безпеки альтернативних варіантів, необхідно в просторі часткових екологічних показників задатися еталоном, якому відповідає крапка з координатами $C_e(y_{1e}, \dots, y_{ne})$ вибрати відповідну метрику, що описує відстань від даного варіанту до еталону.

У різних модифікаціях моделі відстані для обчислення відстані до еталонного об'єкту використовуються різні метрики. Оскільки в нашому випадку гідроекологічні показники не можна вважати рівноцінними, то слід використовувати різновид метрики Мінковського:

$$l(c_j, c_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 (y_j - y_{i0})^2}, j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де $\alpha_i, i = \overline{1, n}$ - вагові коефіцієнти, що враховують нерівноцінність часткових екологічних показників;

y_j - значення і-го нормованого значення часткового екологічного показника для j -го варіанту;

y_{i0} - значення і-ї координати вектора ідеального варіанту.

Значення $l(c_j, c_0)$ є комплексними гідроекологічними показниками безпеки технічних систем і являють собою міру близькості оцінюваних варіантів до ідеального (у нашому випадку нульового впливу).

Цей показник розумітиметься як комплексний критерій для обґрунтування вибору пункту (майданчику) розміщення техногенного об'єкту. Його мінімальне значення з групи конкурентних пунктів (майданчиків) відповідає оптимальному варіанту пункту (майданчику) за гідроекологічними критеріями.

Неоднорідність часткових гідроекологічних показників зумовлює необхідність проведення спеціальних перетворень - уніфікації і нормування.

Уніфікація гідроекологічних показників, зменшення значень яких призводить до підвищення безпеки ПТГЕС, здійснюється перетворенням:

$$y_{i^*} = y_i - y_{i\min}, i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де $y_{i\min}$ - мінімальне граничне значення i -го показника (в нашому випадку $y_{i\min} = 0$).

При такій уніфікації ідеальний варіант проекрованої ПТГЕС у просторі уніфікованих часткових гідроекологічних показників завжди знаходиться на початку координат. Ця властивість уніфікованих часткових гідроекологічних показників, з одного боку, спрощує обчислення комплексного показника гідроекологічної безпеки, а з іншого - дозволяє мати фіксований рівень порівняння ефективності альтернативних варіантів проектованих систем.

Іншим перетворенням часткових гідроекологічних показників є нормування. На відміну від уніфікації, яка є корисним, але не обов'язковим перетворенням, нормування часткових гідроекологічних показників є необхідним перетворенням. Це пов'язано з тим, що вираз (2) для визначення значень комплексного показника гідроекологічної безпеки альтернативних варіантів може бути використаний лише в тому випадку, якщо всі часткові гідроекологічні показники мають однакові масштаби шкал виміру і однакові значення інших параметрів. Інакше різні показники даватимуть різні прирости або «внесок» у відстань до ідеального варіанту. При цьому «внесок» часткових гідроекологічних показників у відстань $l(c_j, c_0)$ залежить в основному від наступних чинників: діапазону зміни значень показників; масштабу шкал виміру значень показників; важливості показників; доступності реалізації необхідних значень показників. Таким чином, завдання нормування значень часткових гідроекологічних показників полягає в зрівнюванні їх «внесків» в метрику $l(c_j, c_0)$ незалежно від чинників, що викликають ці відмінності [1],

Зазвичай значення часткових гідроекологічних показників нормують шляхом їх ділення на деякий нормуючий коефіцієнт, тобто

$$y_{iH} = \frac{y_i}{\beta_i}, \quad (3)$$

де y_{iH} - нормоване значення i -го часткового гідроекологічного показника;

β_i - нормуючий коефіцієнт.

Як нормуючий коефіцієнт вибираємо наступне його значення [1]:

$$\beta_i = y_i^{\max}; i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де y_i^{\max} - максимальне значення і-го часткового гідроекологічного показника.

Растрові інструменти ГІС дозволяють визначати напрями потоків води по місцевості, визначати величину стоку, в залежності від атмосферних опадів в області водозбору, виділяти границі водозбірних басейнів або водорозділи. Така модель є основою для гідрологічного аналізу, наприклад, аналізу стоку злив і загрози затоплення споруд. Векторне представлення ЦМР полягає в обчисленні та візуалізації сукупності основних та допоміжних горизонталей і є досить поширеним в ГІС та ГІС-аналізі[6].

Висновки. Таким чином, теорія, методологія і методи оцінки гідроекологічної безпеки ПТГЕС може бути застосована на передпроектних стадіях будівництва техногенних об'єктів в межах гідроекосистем. При виборі оптимального пункту і майданчику розміщення техногенного об'єкту за гідроекологічними критеріями використовують підходи, розкриті в нормативних документах. При цьому виділяються макро-, мезо-, мікрорівні гідроекологічної вивченості території. Оцінка гідроекологічної ситуації залежно від виду будівництва, технічних особливостей експлуатації проєктованих техногенних об'єктів повинна включати оцінку допустимості додаткових техногенних навантажень на територію басейну і виявлення зон підвищеної гідроекологічної небезпеки, у тому числі і при можливих аваріях на промислових об'єктах, а також необхідні точні або орієнтовні дані для поваріантної оцінки гідроекологічної безпеки.

Список літератури

1. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафто газовид обутку / Л.М.Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - №3(29), 2011. - С. 29-33.
2. Аэрокосмическое зондирование в системе экологической безопасности взаимодействия природы и сооружений / Коллектив авторов. Под ред. В.А. Грачева. - М.: Триада ЛТД, 2006. - 172 с.
3. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Крета Д.Л., Клименко В.І. Пономаренко І.Г., Суходубов О.О. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків // Екологія і ресурси. - К.: ІПНБ, 2005. - №12. - С. 37 - 55.
4. Триснюк В. М. Екологія Гусятинського району / В. М. Триснюк. – Тернопіль. Тернограф. 2004. -219с
5. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2000. - 241
6. Рудько Г.І. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: Монографія / Г.І. Рудько. - К.: ЗАТ «Нічлава», 2006. - 480 с.

Рецензент: д.т.н., проф. О.М. Малеева. Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 16.03.12

Геоинформационные технологии и методы оценки гидроэкологической безопасности

В работе обоснована методология и методы оценки гидроэкологической безопасности природно-техногенных экосистем на предпроектных стадиях строительства техногенных объектов в пределах гидроэкосистем. Разработаны показатели оценки состояния природно-техногенной гидроэкосистемы в зависимости от конфигурации окончательного компоновочного решения и степени нарушения бассейновых ландшафтов. Для определения комплексного критерия гидроэкологической безопасности используется метод, основанный на модели расстояния до эталонного варианта.

Ключевые слова: гидроэкологическая безопасность, природно-техногенная гидроэкосистема, модель расстояния.

Geoinformation technologies and methods for hydroecological security

In work the methodology and method of estimation of hydroecology safety of natural-technogenic hydroecosystems is grounded on the pre-project stages of building of technogenic objects within the limits of hydroecosystem. The model of intercommunication of hydroecosystem and its natural resources with the technogenic systems is offered. The indexes of estimation of being of natural-technogenic hydroecosystems depending on configuration of final arrangement decision and degree of violation of pool landscapes are developed. For determination of complex criterion of hydroecology safety a method used, grounds on model of distance from a standard object.

Keywords: hydroecology safety, natural-technogenic hydroecosystems, model of distance.