

## ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК 504.61

*Архипова Л. М.*

*Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

### ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ І МЕТОДІВ ОЦІНКИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПЕРЕДПРОЕКТНИХ СТАДІЯХ БУДІВНИЦТВА

В роботі обґрунтовано методологію і методи оцінки гідроекологічної безпеки природно-техногенних гідроекосистем на передпроектних стадіях будівництва техногенних об'єктів в межах гідроекосистем. Запропонована модель взаємозв'язку гідроекосистеми і природних ресурсів в її межах з техногенними системами. Розроблені показники оцінки стану природно-техногенної гідроекосистеми залежно від конфігурації остаточного компоновального рішення і міри порушеності басейнових ландшафтів. Для визначення комплексного критерію гідроекологічної безпеки використовується метод, заснований на моделі відстані до еталонного варіанту.

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

В работе обосновано методологию и методы оценки гидроэкологической безопасности природно-техногенных гидроэкоосистем на предпроектных стадиях строительства техногенных объектов в пределах гидроэкоосистем. Предложена модель взаимосвязи гидроэкоосистемы и ее природных ресурсов с техногенными системами. Разработаны показатели оценки состояния природно-техногенной гидроэкоосистемы 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 гидроэкоосистема, модель расстояния.

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.

**Постановка проблеми.** 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 [2, 5].

Пункт будівництва розуміємо як територію 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. Майданчик будівництва – ділянка території в межах вибраного пункту, на якому розміщуються всі основні і допоміжні будівлі і спорудження техногенного об'єкту.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Інженерні дослідження є вельми трудомістким процесом, що проводиться зазвичай протягом 2-3 років і включає попередній етап, етап вибору пункту, етап вибору майданчика. Для виконання дослідницьких робіт залучаються сотні фахівців з десятків спеціалізованих організацій. При завершенні етапів дослідницьких робіт по кожному виду інженерних досліджень з врахуванням певних критеріїв, властивим цим видам досліджень, встановлюється оптимальний пункт і майданчик. Остаточне рішення про вибір оптимального пункту і майданчика приймається після аналізу сукупності критеріїв, що відносяться до всіх досліджуваних природних умов з врахуванням чинників, пов'язаних з діяльністю людини. При цьому необхідно відзначити, що інженерно-екологічні дослідження є досить новим видом досліджень [3,4], тому система гідроекологічних критеріїв, що відносяться до вибору пункту і майданчика техногенного об'єкту до теперішнього часу практично відсутня. 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 на конкурентоздатних пунктах або майданчиках в штатному режимі роботи.

**Формування цілей статті і виклад основного матеріалу.** Метою роботи є розробка теорії, методології і методів оцінки гідроекологічної безпеки природно-техногенних гідроекосистем.

При виборі оптимального пункту і майданчику розміщення техногенного об'єкту за гідроекологічними критеріями можна використовувати підходи, розкриті в роботах [3, 4]. При цьому виділяються макро-, мезо-, мікрорівні гідроекологічної вивченості території.

На макрорівні (з масштабами від 1:250000 до 1:100000) оцінюється вплив проєктованої 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 1:100000 до 1:25000) 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 1:25000 до 1:2000 і навіть більше) вивчення стану гідроекологічної безпеки природно-технічних систем набуває найважливішого значення, оскільки на даному рівні розробляються конкретні будівельні проєкти з інженерними рішеннями по захисту гідроекологічного середовища.

Результатами гідроекологічних вишукувань повинні стати пропозиції по максимальному збереженню басейнової екосистеми; 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.

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.

У таблиці 1 представлені показники оцінки стану ПТГЕС залежно від конфігурації остаточного компонування рішення і співвідношення величин ПГЕС-Т і ПТГЕС+Т (де ПГЕС – площа природних ландшафтів у межах басейну з природним стабільним гомеостазом, Т – площа, відведена під будівництво, ПТГЕС – площа існуючих техногенно змінених ландшафтів у межах басейну).

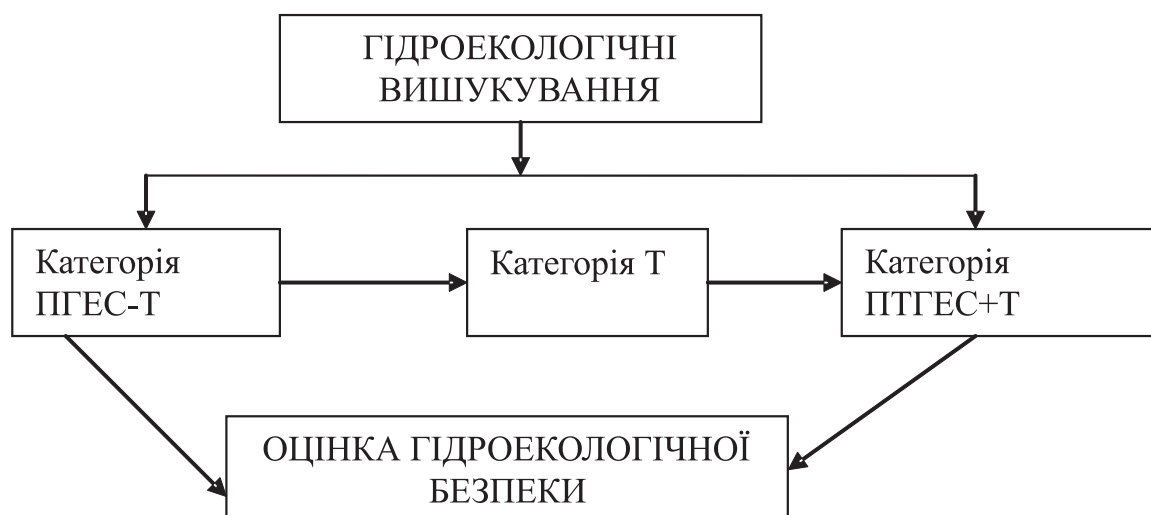


Рис. 1. Модель оцінки гідроекологічної безпеки при проведенні гідроекологічних вишукувань

Таблиця 1

Показники оцінки стану природно-техногенної гідроекосистеми

Конфігурації компонувального рішення	Оцінка стану уразливості	Категорія стану гідроекосистеми
ПГЕС	Гідроекосистема з природними стабільними взаєминами (гомеостаз екосистеми)	<i>Стан буферний</i> ( $K_p < 0,05$ , зона екологічної рівноваги) <i>Стан оптимальний</i> ( $0,05 < K_p < 0,1$ , стійка динамічна рівновага)
ПТГЕС+Т	1. Міра порушеності ландшафту басейнової екосистеми ( $0,1 < K_p < 0,3$ ) не призводить до порушення динамічної рівноваги	<i>Стан напруження адаптації</i> ( $0,1 < K_p < 0,3$ ), при якому розвиток природно-техногенних процесів не призводить до порушення динамічної рівноваги
	2. Міра порушеності ландшафту басейнової екосистеми ( $0,3 < K_p < 0,5$ ) призводить до порушення динамічної рівноваги	<i>Стан несимуму</i> ( $0,3 < K_p < 0,5$ ), при якому розвиток природних і природно-техногенних процесів призводить до порушення динамічної рівноваги гідроекосистеми і може сприяти виникненню критичних ситуацій в експлуатації техногенних об'єктів
ПТГЕС+Т	3. Міра порушеності ландшафту басейнової екосистеми в межах: ( $K_p > 0,5$ ) – призводить до критичного порушення динамічної рівноваги, незворотних негативних змін в продуктивності гідроекосистеми; ( $K_p > 0,7$ ) – кризове зниження ресурсів життєзабезпечення; ( $K_p > 0,9$ ) – рівень катастрофічної порушеності ландшафтів гідроекосистеми загрозливий для життя і здоров'я населення	<i>Стан критичний</i> ( $0,5 < K_p < 0,7$ ), при якому розвиток природно-техногенних процесів призводить до критичного порушення динамічної рівноваги і сприяє виникненню локальних аварійних ситуацій на техногенних об'єктах; <i>кризовий</i> – при значеннях показника $0,7 < K_p < 0,9$ характеризується зниженням ресурсів життєзабезпечення населення і техногенних об'єктів; <i>катастрофічний</i> (зона екологічного лиха) $K_p > 0,9$ – сприяє виникненню аварій і катастроф на техногенних об'єктах

У таблиці 1 –  $K_p$  – коефіцієнт площинної порушеності ландшафту басейнової екосистеми:

$$K_p = (СПТГЕС + ST) / СПГЕС, \quad (1)$$

де СПТГЕС – площа існуючого техногенного навантаження на ландшафти басейнової екосистеми,  $m^2$ ;

ST – площа проекційної забудови на рівні використовуваного масштабу (на макрорівні і мезорівні),  $m^2$ ;

СПГЕС – площа природного ландшафту басейнової екосистеми з природним і стабільним гомеостазом,  $m^2$ .

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 з 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.

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  $C_e(y_{1e}, y_{2e}, \dots, y_{ne})$  і 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:

$$l(C_j, C_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 (y_j - y_{i0})^2}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (2)$$

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:

$$y_{i*} = y_i - y_{i\min}, i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

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

При такій уніфікації ідеальний варіант проєктованої 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 проєктованих 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

$$y_{iH} = \frac{y_i}{\beta_i}, \quad (4)$$

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

$\beta_i$  – нормуючий коефіцієнт.

Як нормуючий коефіцієнт вибираємо наступне його значення [1]:

$$\beta_i = y_i^{\max}; i = \overline{1, n}, \text{ де} \quad (5)$$

$y_i^{\max}$  – максимальне значення  $i$ -го часткового гідроекологічного показника.

**Висновки.** Таким чином, теорія, методологія і методи оцінки гідроекологічної безпеки ПТГЕС може бути застосована на передпроектних стадіях будівництва техногенних об'єктів в межах гідроекосистем.

### Література

1. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / 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. СНИП 11-02-96
4. СП 11-102-97
5. Рудько Г.І. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: Монографія / Г.І. Рудько. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2006. – 480 с.

Поступила в редакцію 13 липня 2011 р.

Рекомендував до друку д.г.-м.н. О.М.Адаменко