

Ю. М. Архангельська, кандидат технічних наук,
доцент кафедри математичного забезпечення
електронно-обчислювальних машин
Дніпропетровського національного університету
імені Олеся Гончара

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА СТАН ПІДЗЕМНИХ ПИТНИХ ВОД

На підставі методів теорії марковських процесів запропоновано технологію оцінки впливу техногенного навантаження на стан питної води.

Ключові слова: *гідрохімічний моніторинг; питна вода; оцінка стану питної води.*

On the basis of methods of theory of markov processes, technology of estimation of influence of the technogenic loading is offered on the state of drinking-water.

Key words: *hydrochemical monitoring; drinking water; assessment of drinking water.*

Постановка проблеми. В умовах урбанізації природи та підвищення техногенного навантаження на гідросферу оцінка якості води і стану водних екосистем є одним з основних завдань спеціалістів-екологів. У зв'язку з цим ставиться завдання щодо необхідності розробки технології оцінки впливу техногенного навантаження на стан питної води, яка б урахувала недоліки методик, розроблених раніше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для практичного виконання завдань, пов'язаних з оцінкою стану водних об'єктів, використовуються фізико-хімічні, біологічні методи та методи, що використовують біологічні та фізико-хімічні показники. Фізико-хімічні методи ґрунтуються на використанні як індивідуальних [1–3], так і комплексних показників [4–6]. Індивідуальними показниками водного становища виступають гранично допустима концентрація (ГДК), гранично допустиме скидання (ГДС) та біологічна потреба кисню. Використання індивідуальних показників – це найпростіший аналіз стану водного середовища, яке ґрунтується лише на порівнянні концентрації гідрохімічного показника води з одним із вищезазначеним параметром і не враховує всіх параметрів водного середовища. Однак значення ГДК використовується як нормативна основа в декількох десятках методик комплексної оцінки якості води. Найпоширенішими комплексними показниками, що використовуються для оцінки водних екосистем, ПХЗ-10 (показник хімічного забруднення), В (комбінаторний індекс забрудненості), показник Ерісмана, критерій Моїсеєнко та ІЗВ (індекс забрудненості води). До біологічних і змішаних методів відповідно належать S (індекс сарбонтності), ОІ (олігохетний індекс), БІ (біотичний індекс Вудівісса), Н (індекс Шенона) та ТRІХ (індекс ефтрофікації) [7–9]. Однак використання цих груп методів складне як в інженерній практиці, так і для побудови прогнозних розрахунків.

Мета статті. У дослідженні запропоновано технологію оцінки техногенного впливу на стан підземних питних вод, що ґрунтується на використанні методів теорії марковських процесів.

Виклад основного матеріалу. Загальний вигляд технології подано на рис. 1. Розглянемо детальніше кожен із пунктів зазначеної технології.

© Ю. М. Архангельська, 2014

Як вхідні дані виступають дані про концентрацію гідрохімічних показників питної води у вигляді масиву:

$$\{g_{i'}^{(j')} \mid i' = \overline{1, n}; t = \overline{1, m}; j' = \overline{1, l}\}, \quad (1)$$

де i' – кількість гідрохімічних показників;

t – момент часу дослідження;

j' – кількість точок забору питної води;

$g_{i'}^{(j')}$ – концентрація i' -го гідрохімічного показника в t -й момент часу для j' -ї точки забору води.



Рис. 1. Технологія оцінки техногенного впливу на стан підземних питних вод

Відповідно до зазначеного масиву (1) з використанням моделі поведінки концентрації гідрохімічних показників питної води [10] визначаємо:

– інтенсивності переходів з одного в інший стан $\lambda_{ij} = \text{const}, i, j = \overline{0, 2}$;

– ймовірності $P_{ik}^{(j')} \mid (k = \overline{0, 2})$ визначення гідрохімічних показників питної води у трьох заданих станах: “0” – фоновий стан води; “1” – вода для побутово-питних потреб; “2” – вода для побутових потреб як для стаціонарного, так і для динамічного режимів;

– визначаємо час переходу системи у стаціонарний режим $T_{i'}^{(j')}$.

Для оцінки техногенного навантаження на стан питної води за отриманими ймовірностями визначення гідрохімічних показників у заданих станах уведемо h_γ – ваговий коефіцієнт впливу гідрохімічного показника за l -м класом шкідливості, $\gamma = \overline{1,4}$. Класи шкідливості згідно з [1] подано у табл. 1.

Таблиця 1

Класи шкідливості хімічних речовин

Клас шкідливості хімічної речовини	Назва класу шкідливості	Ваговий коефіцієнт
I	Надзвичайно небезпечні	0,4
II	Дуже небезпечні	0,3
III	Небезпечні	0,2
VI	Помірно небезпечні	0,1

Використовуючи введені вагові коефіцієнти впливу хімічного показника на стан питної води, введемо поняття впливу техногенного навантаження на стан питної води відповідно у динамічному та стаціонарному режимах:

$$TN^{j'} t = \sum_{s=1}^{d_1} P_{i'1}^{j'} t + P_{i'2}^{j'} t \cdot h_1 + \sum_{s=1}^{d_2} P_{i'1}^{j'} t + P_{i'2}^{j'} t \cdot h_2 + \sum_{s=1}^{d_3} P_{i'1}^{j'} t + P_{i'2}^{j'} t \cdot h_3 + \sum_{s=1}^{d_4} P_{i'1}^{j'} t + P_{i'2}^{j'} t \cdot h_4.$$

При $t \rightarrow \infty$

$$TN^{j'} = \sum_{s=1}^{d_1} P_{i'1}^{j'} + P_{i'2}^{j'} \cdot h_1 + \sum_{s=1}^{d_2} P_{i'1}^{j'} + P_{i'2}^{j'} \cdot h_2 + \sum_{s=1}^{d_3} P_{i'1}^{j'} + P_{i'2}^{j'} \cdot h_3 + \sum_{s=1}^{d_4} P_{i'1}^{j'} + P_{i'2}^{j'} \cdot h_4,$$

де d_1, d_2, d_3, d_4 , – кількість гідрохімічних показників питної води, що використовуються для аналізу відповідно I–IV класів шкідливості;

$TN^{j'} \overset{\sim}{\leftarrow}$ – вплив техногенного навантаження на стан питної води у динамічному режимі;

$TN^{j'}$ – вплив техногенного навантаження на стан питної води у стаціонарному режимі.

Запропоновану методику апробовано за даними гідрохімічного моніторингу питної води Дніпропетровського району Дніпропетровської області за 14 точками водозабору на період із 2003–2010 рр.:

– лівобережна частина Дніпропетровського району: № 1, 2, 3 с. Чумаки; смт Ювілейне; № 1, 2 с. Партизанське; с. В. Маївка; с. Степове; с. Зоря; м. Підгородне, вул. Робоча (№ 1); м. Підгородне, вул. Енергетиків (№ 2); м. Підгородне, вул. Геологів (№ 3);

– правобережна частина Дніпропетровського району: с. Новомиколаївка, с. Сурсько-Литовське.

Визначення техногенного впливу на стан питної води за рахунок великої кількості гідрохімічних показників питної води було проведено на прикладі таких показників: NH_4^+ (III клас шкідливості), NO_2^- (II клас шкідливості), NO_3^- (III клас шкідливості), Cu (VI клас шкідливості), Fe (VI клас шкідливості).

Використовуючи математичну модель поведінки концентрації гідрохімічних показників питної води за даними Дніпропетровського району, було знайдено функції визначен-

ня концентрації ГХП ПВ у різних станах для динамічного, стаціонарного режимів та час переходу у стаціонарний режим, який становить 6 років, і за похибки $\alpha = 0,05$ відбувся на початку 2008 р. Відповідно в табл. 2, 3 частково подано час переходу у стаціонарний режим за кожним з ГХП ПВ та ймовірність визначення ГХП ПВ у стаціонарному режимі.

Таблиця 2

Значення ймовірностей гідрохімічної системи у стаціонарному режимі

Точка водозабору питної води	Гідрохімічний показник								
	Fe			Cu			NO ₂ ⁻		
	Ймовірність перебування у стані								
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
№ 1 с. Чумаки	0,35	0,50	0,15	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
№ 2 с. Чумаки	0,15	0,25	0,60	1,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00
№ 3 с. Чумаки	0,12	0,17	0,71	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
смт. Ювілейне	0,33	0,24	0,43	1,00	0,00	0,00	0,81	0,19	0,00
с. Партизанське № 1	0,49	0,27	0,24	1,00	0,00	0,00	0,79	0,21	0,00
с. Партизанське № 2	0,49	0,27	0,24	1,00	0,00	0,00	0,41	0,42	0,17

Використовуючи отримані ймовірності визначення ГХП ПВ у різних станах, було знайдено оцінку впливу техногенного навантаження на стан питної води для стаціонарного режиму за кожним водозабором і проведено ранжування водозаборів питної води Дніпропетровського району щодо впливу техногенного навантаження. Результати аналізу стану питної води подано на рис. 2.

Таблиця 3

**Стаціонарний режим системи.
Середній час переходу (за місяцями)**

Точка водозабору питної води	Гідрохімічний показник				
	Fe	Cu	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
№ 1 с. Чумаки	9,14	–	–	10,98	19,42
№ 2 с. Чумаки	18,35	–	28,72	12,42	
№ 3 с. Чумаки	72,72	–	–	7,14	19,42
смт Ювілейне	51	–	16,60	23,49	28,85
с. Партизанське № 1	28,84	–	–	8,60	–
с. Партизанське № 2	28,84	–	8,06	6,32	–
“–” – концентрація гідрохімічного показника перебуває в одному стані					

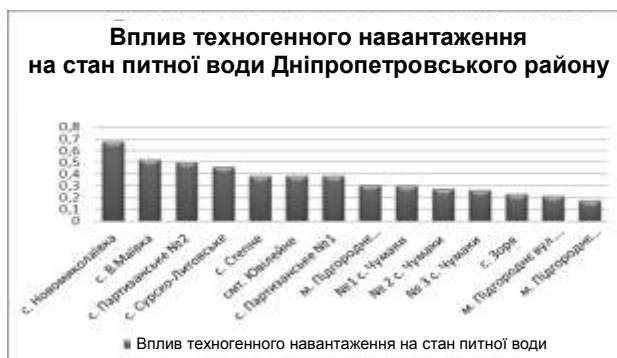


Рис. 2. Ранжування водозаборів питної води відносно впливу техногенного навантаження

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Запропонована у статті технологія дозволяє оцінити вплив техногенного навантаження на стан підземних питних вод з ранжуванням водозаборів питної води відносно впливу техногенезу. Дана технологія дає можливість спеціалістам-екологам отримати дані для підтримки прийняття рішень щодо стану питної води та своєчасного визначення пріоритетних заходів щодо запобігання шкідливому впливу хімічних речовин на стан води, а також і на здоров'я людини.

Список використаних джерел:

1. Про затвердження Державних санітарних правил і норм “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” [Електронний ресурс] : ДСанПіН № 136/1940-96. – [Чинний від 1997-04-15]. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1035.94.0>
2. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Электронный ресурс] : ГОСТ 2874-82. – Режим доступа : http://www.gosty.org.ua/_content/view/411/4
3. Майстренко В. Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов / Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. – М. : Химия, 1996. – 319 с.
4. Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям / Д. Б. Гелашвили, Т. Д. Зинченко, Л. А. Выхристюк, А. А. Карандашова // Изв. СамНЦ РАН. – 2002. – № 2. – С. 270–275.
5. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод, утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250-1163. – М., 1986. – 5 с.
6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утверждено приказом Минприроды РФ от 30 ноября 1992 г. // Зеленый мир. – 1994. – № 11. – 51 с.
7. Яковлев В. А. Методы оценки качества вод по зообентосу озера Имандра / В. А. Яковлев // Мониторинг природной среды Кольского Севера. – Апатиты, 1984. – С. 39–50.
8. Shannon C. E. The Mathematical Theory of Communication / C. E. Shannon, W. Weaver. – Urbana (Illinois) : Univ. of Illinois Press, 1963. – 345 p.
9. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов / А. И. Баканов // Биол. внутр. вод. – 2000. – № 1. – С. 68–82.
10. Архангельська Ю. М. Апроксимація неперервних випадкових процесів марковськими в системі гідрохімічного моніторингу / Ю. М. Архангельська // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – Дніпропетровськ : Навчальна книга. – 2012. – Т. 3. – С. 144–151.