

УДК 504.4.054:574.64

О. М. КРАЙНЮКОВ, канд. геогр. наук, доц.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
пл. Свободи 6, м. Харків, 61077
alkraynukov@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОТЕСТУВАННЯ І КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ВОДИ

На основі використання великого масиву експериментальних даних методами регресійного аналізу (покрокової множинної регресії) здійснено моделювання зв'язку результатів біотестування і вимірювань компонентного складу поверхневих і стічних вод.

Показано, що у кожному із випадків набір значимих фізико-хімічних показників, які корелюють з даними біотестування, різний і залежить від компонентного складу поверхневих і стічних вод. Перевірка рівнянь регресії на значущість за критерієм Фішера довела, що їх можна вважати адекватними і значимими.

Ключові слова: моделювання, компонентний склад, біотестування, рівні токсичності, стічні води, поверхневі води

Krainsukov A. N. DESIGN OF INTERCOMMUNICATION OF RESULTS OF BIOTESTING AND MEASURING OF COMPONENT COMPOSITION OF WATER

On the basis of the use of large array of experimental data the methods of regressive analysis (incremental multiple regression) are carry out the design of cross-correlation intercommunication of results of biotesting and measuring of component composition of superficial and sewer waters.

It is shown that in each of cases set of meaningful physical and chemical indexes which correlate with data of biotesting, different and depends on component composition of superficial and sewer waters. Checking of equalizations of regression for meaningfulness on the criterion of Fisher showed that they can be considered adequate and considerable.

Key words: design, component composition, biotesting, levels of toxicness, sewages, waters are superficial

Крайнюков А. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ

На основе использования большого массива экспериментальных данных методами регрессионного анализа (пошаговой множественной регрессии) осуществлено моделирование связи результатов биотестирования и измерений компонентного состава поверхностных и сточных вод.

Показано, что в каждом из случаев набор значимых физико-химических показателей, которые коррелируют с данными биотестирования, различный и зависит от компонентного состава поверхностных и сточных вод. Проверка уравнений регрессии на значимость по критерию Фишера показала, что их можно считать адекватными и значительными.

Ключевые слова: моделирование, компонентный состав, биотестирование, уровни токсичности, сточные воды, поверхностны воды

ВСТУП

Постановка проблеми. У Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» відзначається, що «...питне водопостачання України майже на 80 відсотків забезпечується використанням поверхневих вод і екологічний стан поверхневих водних об'єктів і якість води в них є основними чинниками санітарного та епідемічного благополуччя населення. Водночас біль-

шість водних об'єктів за ступенем забруднення віднесена до забруднених та дуже забруднених».

Існуюча система контролю якості води водних об'єктів, екологічно непродуктивна із-за неефективності прийнятих нині нормативів якості – гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин. ГДК приймають у вигляді єдиних нормативів для великих адміністративних територій, тоді як дія чинників залежить від специфічних фонових, кліматичних, господарських і

багатьох інших характеристик конкретного регіону. Кількість речовин, для яких встановлені ГДК, складає близько 1,5 тис., тоді як кількість забруднюючих речовин антропогенного походження перевищило мільйон найменувань. Традиційна оцінка екологічного стану водних об'єктів в районах зосередження підприємств різних галузей економіки зводиться до виміру за допомогою фізико-хімічних методів аналізу вмісту нафтопродуктів, важких металів, інших токсичних речовин у поверхневих і стічних водах і порівнянню отриманих результатів з гранично допустимими їх концентраціями, де також не враховуються непрямі ефекти і віддалені наслідки шкідливих дій, адаптаційний потенціал біоти, цільове призначення і категорії використання природних об'єктів [1, 2]. З іншого боку, тільки методи біотестування дозволяють отримати інтегральну токсикологічну характеристику компонентів навколишнього природного середовища незалежно від складу забруднюючих речовин [3].

Стан питання. Аналіз літературних джерел свідчить, що у зв'язку з життєдіяльністю людської цивілізації синтезується і потрапляє в навколишнє середовище сотні тисяч нових хімічних сполук з невиясненими токсикологічними характеристиками. Значна частина забруднюючих речовин, у зв'язку з відсутністю устаткування, методик

і стандартів, аналітично не визначається, часто не вдається виявити нестійкі з'єднання або кількісно визначити ультра малі концентрації екотоксикантів [4].

Разом з аналітичними методами контролю показників екологічної безпеки природних об'єктів починають широко використовуватися методи біологічного тестування, що дозволяють оцінити усю сукупність властивостей середовища з позиції сприйняття її живими тест-об'єктами. Біотести виявляють інтегральні характеристики якості середовища, оскільки дозволяють оцінити сумарну міру дії забруднюючих речовин на тест-об'єкт і екстраполювати отримані результати для оцінки впливу на людину [5-7].

Незважаючи на істотний прогрес у вирішенні цієї проблеми, низка теоретичних і практичних запитань залишається недостатньо вивченою. Зокрема, не вивчений взаємозв'язок між екоаналітичними даними забрудненості об'єктів довкілля і результатами їх біотестування, не досліджена міра впливу окремих показників на інтегральну оцінку токсичності.

Мета роботи – моделювання взаємозв'язку результатів біотестування і вимірювань компонентного складу поверхневих і стічних вод на основі використання великого масиву експериментальних даних методами регресійного аналізу, а саме покрокової множинної регресії.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для встановлення зв'язку між рівнем забрудненості і токсичності води використано результати вимірювання компонентного складу та визначення токсичності стічних вод підприємств різних галузей економіки, що розташовані на території Дніпропетровської, Донецької, Миколаївської і Луганської областей, та поверхневих водних об'єктів, в які здійснюються скиди стічних вод.

У стічних та поверхневих водах вимірювали компонентний склад, токсичні властивості води визначали за допомогою методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів ракоподібних церіодафній. Рівні токсичності води оцінювали за шкалою згідно з [8].

Моделювання результатів біотестування за даними аналітичних досліджень здійснено на поверхневих і стічних водах енер-

гетичного, хімічного, нафтохімічного та гірничовидобувного виробництв та отримано такі первинні моделі, де Y – рівень токсичності стічних вод; X_n – вміст хімічних речовин, мг/дм³.

Для поверхневих і стічних вод підприємств енергетичного виробництва:

$$Y = 0,521 - 0,18 * X_1 + 0,088 * X_2 - 0,15 * X_3 + 0,244 * X_4 + 0,116 * X_5 - 0,07 * X_6 - 0,115 * X_7 - 0,17 * X_8 + 0,481 * X_9 + 0,260 * X_{10} + 0,175 * X_{11} - 0,370 * X_{12} - 0,40 * X_{13} + 0,994 * X_{14} + 0,177 * X_{15} - 0,21 * X_{16} \quad (1)$$

де: X_1 – сухий залишок; X_2 – сульфати; X_3 – хлориди; X_4 – азот амонійний; X_5 – нітриди; X_6 – нітрати; X_7 – завислі речовини; X_8 – ХСК; X_9 – фосфати; X_{10} – силікати; X_{11} – нафтопродукти; X_{12} – залізо загальне; X_{13} – мідь; X_{14} – кальцій; X_{15} – магній; X_{16} – СПАР;

Для поверхневих і стічних вод підприємств хімічного виробництва:

$$Y=0,95-0,28*X_1 + 0,224*X_2 + 0,063*X_3 + 0,06*X_4 + 0,054*X_5 + 0,16*X_6 - 0,13*X_7 - 0,1*X_8 + 0,261*X_9 + 0,009*X_{10} + 0,001*X_{11} - 0,32*X_{12} + 0,1*X_{13} + 0,01*X_{14} + 0,47*X_{15} + 0,073*X_{16} + 0,205*X_{17} + 1,13*X_{18}, \quad (2)$$

де: X_1 – сухий залишок; X_2 – хлориди; X_3 – сульфати; X_4 – азот амонійний; X_5 – нітриди; X_6 – нітрати; X_7 – фосфати; X_8 – завислі речовини; X_9 – ХСК; X_{10} – БСК₅; X_{11} – нафтопродукти; X_{12} – СПАР; X_{13} – мідь; X_{14} – цинк; X_{15} – нікель; X_{16} – алюміній; X_{17} – залізо загальне; X_{18} – хром⁶⁺;

Для поверхневих і стічних вод підприємств нафтахімічного виробництва:

$$Y=-1,073 + 1,84*X_1 - 0,8*X_2 + 0,709*X_3 - 0,04*X_4 + 0,15*X_5 - 0,19*X_6 + 0,273*X_7 + 0,037*X_8 + 0,213*X_9 - 0,35*X_{10} + 0,093*X_{11} + 0,615*X_{12} + 0,179*X_{13} - 0,22*X_{14}, \quad (3)$$

де: X_1 – завислі речовини; X_2 – сухий залишок; X_3 – хлориди; X_4 – сульфати; X_5 – азот амонійний; X_6 – нітрати; X_7 – нітриди; X_8 – фосфати; X_9 – ХСК; X_{10} – БСК₅; X_{11} – нафтопродукти; X_{12} – феноли; X_{13} – СПАР; X_{14} – алюміній;

Для поверхневих і стічних вод підприємств гірничовидобувного виробництва:

$$Y=0,28 + 0,246*X_1 + 0,15*X_2 - 0,11*X_3 - 0,11*X_4 + 0,104*X_5 + 0,01*X_6 - 0,08*X_7 - 0,05*X_8 - 0,14*X_9 + 0,464*X_{10} - 0,60*X_{11} - 0,05*X_{12}, \quad (4)$$

де: X_1 – мінералізація; X_2 – хлориди; X_3 – сульфати; X_4 – азот амонійний; X_5 – нітриди; X_6 – нітрати; X_7 – фосфати; X_8 – завислі речовини; X_9 – БСК₅; X_{10} – нафтопродукти; X_{11} – феноли; X_{12} – загальне залізо.

Математичні моделі з виключенням незначущих чинників, у порівнянні із первинними моделями, мають наступний вигляд:

$$Y=0,903+0,979*X_{13}, \quad (5)$$

$$Y=0,902-0,1*X_{12}+0,086*X_{17}+1,01*X_{18}, \quad (6)$$

$$Y=0,95-0,38*X_2+0,317*X_3+0,823*X_{12}, \quad (7)$$

$$Y=9,648+0,151*X_1+0,398*X_{10}-0,43*X_{11}, \quad (8)$$

Таким чином, найбільш значущими показниками, що корелюють з результатами біотестування стічних вод енергетичного є мідь (5), хімічного – СПАР, залізо загальне, хром⁶⁺ (6), нафтохімічного – сухий залишок, хлориди, феноли (7) та гірничовидобувного (8) виробництв є мінералізація, нафтопродукти і феноли (4).

Значення коефіцієнта множинної кореляції (R) між даними біотестування і результатами вимірювань фізико-хімічного складу поверхневих і стічних вод знаходилось у межах 0,935±0,05, коефіцієнт детермінації (R²) дорівнював 0,801±0,15 для всіх досліджуваних виробництв.

Перевірка рівнянь регресії на значущість за критерієм Фішера довела, що їх можна вважати адекватними і значними, оскільки у всіх випадках (F_p>F_т).

ВИСНОВКИ

Моделювання результатів біотестування за даними аналітичних досліджень здійснено на поверхневих і стічних водах енергетичного, хімічного, нафтохімічного та гірничовидобувного виробництв, що розташовані на території Дніпропетровської, Донецької, Миколаївської і Луганської областей.

За результатами моделювання зв'язку між даними біотестування і вимірювання фізико-хімічних показників поверхневих і стічних вод показано, що у кожному із ви-

падків набір значимих фізико-хімічних показників, які корелюють з даними біотестування, різний і залежить від компонентного складу стічних вод.

Наведені результати отримано вперше, вони ґрунтуються на використанні великої кількості експериментальних даних і мають важливе практичне значення, оскільки сприяють виявленню причин виникнення токсичних властивостей стічних вод для здійснення відповідних природоохоронних заходів щодо її усунення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левич А. П. Поиск целевых показателей качества для биоиндикаторов экологического состояния и факторов окружающей среды (на

примере водных объектов р. Дон) / А. П. Левич, Е. А. Забурдаева, В. Н. Максимов, Н. Г.

- Булгаков, С. В. Мамахин. // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36. – №6. – С. 730–742.
2. Конов В. В. Комплексная оценка качества сточных вод промышленных предприятий по результатам аналитического и токсикологического контроля / В.В. Конов, Г. П. Жариков, В. Н. Шишкин, М. М. Кузнецов. // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Материалы Второй науч.-практич. конференции. Том 1. – Ярославль: ВВО РЭА, 2002. – С.241-244
 3. Крайнюков О. М. Показник токсичності в системі моніторингу і оцінки якості води транскордонних річок / О.М. Крайнюков // Науковий вісник Чернівецького університету : збірник праць. Сер.: Географія. – 2012. –№1-2. – С. 614-615.
 4. Оценка гигиенической эффективности природоохранных мероприятий: методические рекомендации. / Минздрав РСФСР. – М., 1989. – 11с.
 5. Bulgakov N. G. A Method of Searching for Correlation Between Hydrobiological Indices and Abiotic Factors (Using Commercial Fish Catches and Productivity as Examples) / N. G. Bulgakov, V. G. Dubinina, A. P. Levich, A. T. Teriochin // Biology Bulletin of the Russian Academy of Science. – 1995. – V. 22. – № 2. – P. 184–190.
 6. Беднаржевский С. С. О корреляции информационных данных биотестирования и экоаналитического контроля окружающей среды в районах нефтедобычи / С. С. Беднаржевский, В. П. Голубятников, Е. С. Захариков и др.// Весник Новосибирского гос. ун-та:научный журнал. Сер.:Математика. Механика. Информатика. – 2007. – №1. – Т.7 – С.3-9.
 7. Крайнюков О.М. Регресійний аналіз залежності між результатами вимірювань компонентного складу і визначення рівнів токсичності води / О. М. Крайнюков // Вісник ХНУ. Сер.: Екологія. - №1004. – X. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – С.68-73.
 8. Методика визначення рівнів токсичності поверхневих і зворотних вод для контролю відповідності їх якості встановленим нормативним вимогам. – К.: Мінекобезпеки України, 2000. – 28с.

Надійшла до редколегії 16.09.2013

