

В.П. ДМИТРИКОВ, д-р. техн. наук, проф., Н.М. ОПАРА, канд. сільгосп. наук, доц.,  
Полтавська державна аграрна академія

### Моніторинг екотоксикантів аграрної продукції: проблеми і рішення

Проаналізовано способи забруднення природних середовищ і аграрної продукції органічними екотоксикантами. Розглянуто схему комплексного моніторингу аграрної, переробної і харчової продукції. На прикладі техногенних поліциклічних ароматичних сполук показано шляхи їх міграції в агроєкосистемі. Запропоновано методи оперативного вимірювання в аналітах субмікрокількостей органічних екотоксикантів.

Ключові слова: аграрна продукція, агроєкосистема, органічні екотоксиканти, поліциклічні сполуки, фізико-хімічні методи аналізу

Моніторинг екотоксикантів в об'єктах навколишнього природного середовища (НПС) давно став нагальною необхідністю, оскільки при неухильному зростанні числа екотоксикантів постійно змінюється їх якісний і кількісний склад, неухильно росте їх число. В повітрі, воді і ґрунті акумулюється декілька тисяч органічних екотоксикантів (антропогенні викиди і викиди автотранспорту), визначення яких в повному об'ємі є надзвичайно проблематичним [7].

Продукти технічної і хімічної переробки нафти і вугілля, а також продукти їх екологічної і хімічної деградації займають одне з перших місць серед органічних екотоксикантів антропогенного походження. Дослідники низки країн показали, що забруднення НПС може походити не тільки від регіональних джерел, але і від тих, які розташовані за сотні і, навіть, тисячі кілометрів. Залежно від потужності викидів і атмосферних умов при такому видаленні антропогенне наванта-

ження на екосистему може досягати 50%

Органічні екотоксиканти, що потрапляють в НПС, проникають через ланцюги живлення в живі організми, у т.ч. і організм людини, де повністю і/або частково беруть участь в процесах метаболізму, піддаючи організми ризику захворювання і/або отруєння. При цьому слід враховувати процеси «попередніх» перетворення екотоксикантів в НПС. Наприклад, процеси окиснення в атмосферних умовах під впливом кисня/озона/ультрафіолета і водних середовищ у зв'язку з постійно зростаючою окиснювальною здатністю водних ресурсів [5].

У верхніх шарах ґрунтів присутність нітратів і нітритів ініціює утворення гідроксильних радикалів - проміжних активних сполук окиснювальних процесів органічних екотоксикантів. Моніторинговий контроль вмісту в ґрунті і аграрній продукції мікро- і субмікрокількостей пестицидів, стимуляторів зростання рослин, мікотоксинів і ін. екотоксикантів має самостійне значення [8].

Дослідження зв'язків між процесами і складовими екосистем, у т.ч. агроєкосистем, впливу на них природних і антропогенних чинників виявляє загальні закономірності функціонування, особливості стану екосистем і компонентів біосфери на різних моніторингових рівнях [12].

Агроєкологічний моніторинг необхідний для отримання нових знань з використанням сучасних методів оцінювання і прогнозування стану об'єктів агроєкосистем, розкриваючи їх взаємозв'язки і взаємовплив. Більшість проблем екологічного

моніторингу в даний час вирішують при використанні бібліотек спектрів і хроматограм, математичного програмного забезпечення, зокрема із застосуванням експертних систем [1,9].

Моніторинг НПС використовує різно-

манітні методи отримання різнобічної корисної первинної і вторинної інформації від інформаційно-пошукової системи і інформаційно-аналітичної системи (рисі).

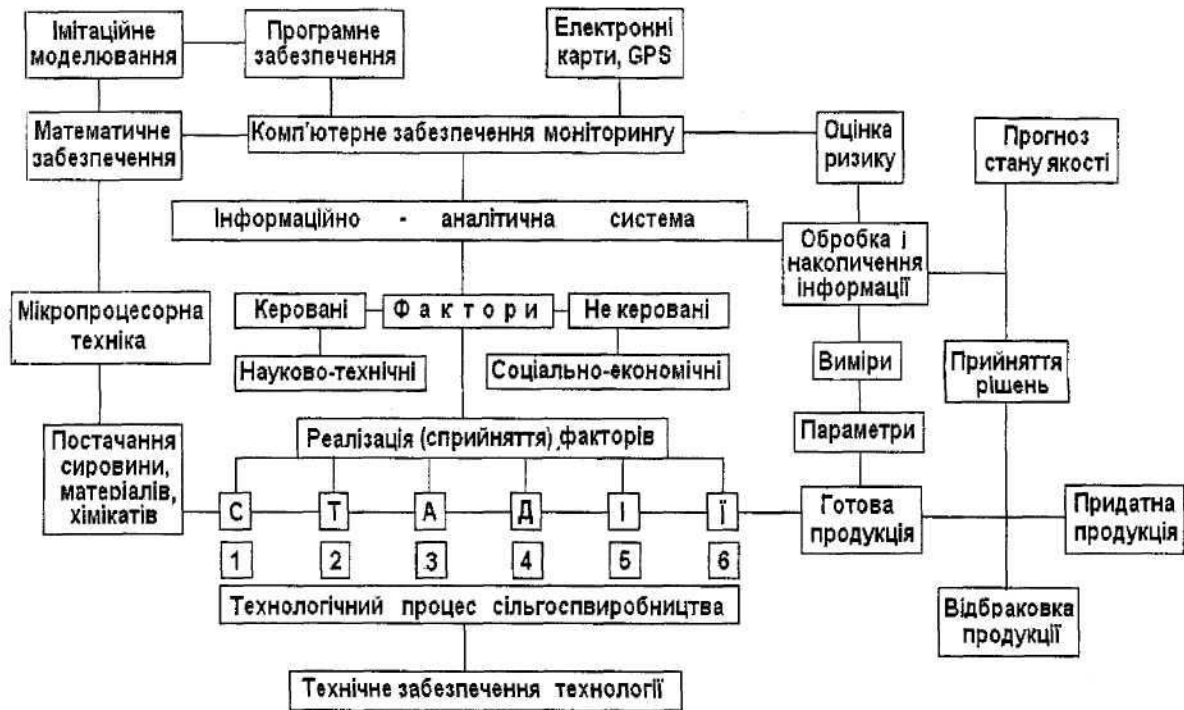


Рис. 1. Схема комплексного моніторингу аграрної продукції

У агроекологічному моніторингу для обробки баз даних, оцінювання і прогнозування застосовують метод аналогій (досліджуваній об'єкт оцінюють відповідно до його типової моделі), емпіричне узагальнення (вивчення зв'язків між явищами і процесами об'єкту дослідження), метод моделювання (побудова фізичних, математичних, цифрових моделей).

Достовірність інформації про стан і рівень забруднення аграрної продукції екоотоксикантами залежить від відбору методів аналізу даних. Як правило, для певних ситуацій необхідний підбір методів спостереження і дослідження, які допомагають отримати різнобічну і точну інфор-

мацію.

При екоаналітичному дослідженні агроecosystem і аграрної продукції використовують методи якісного і кількісного аналізу, які розділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні і біологічні методи [6].

Вибір конкретного методу дослідження залежить від вмісту екоотоксиканта і хімічного складу досліджуваного об'єкту. Застосування певного методу для агроекологічного моніторингу дає можливість визначити інгредієнти, характерні лише для певного об'єкту дослідження. Слід також відзначити зв'язок показників якості аграрної, переробної і харчової галузей промисловості, на що вказують ре-

зультати мошторингових досліджень (рис.2).

Серед органічних екотоксикантів особливе місце займають поліциклічні ароматичні сполуки (ПАС), основу яких складають поліароматичні вуглеводні [3,10]. Ці сполуки відносять до суперекотокси кантів 1-го класу небезпеки, оскільки багато хто з них володіє мутагенними і канцерогенними властивостями

і здібні до накопичення в природних об'єктах.

ПАС найчастіше зустрічаються в технічних продуктах, зразках НПС, біологічних об'єктах і представлені азот-, кисне- і сірковмісними сполуками. Значну токсичність представляють галоген (в основному поліхлор) заміщені поліциклічних вуглеводнів.

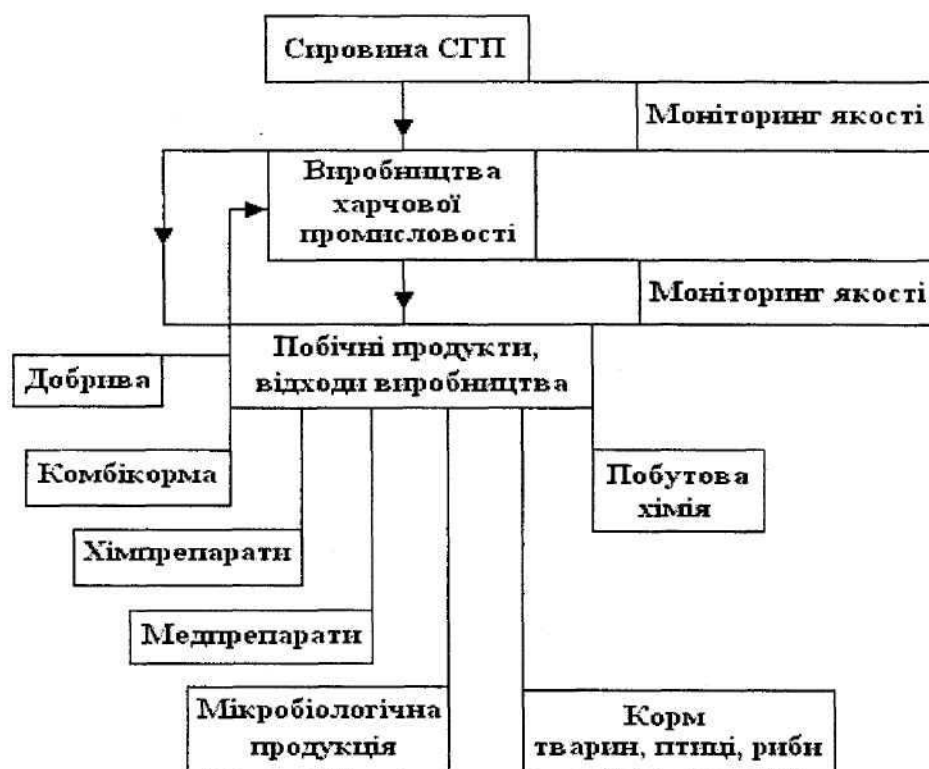


Рис.2. Зв'язок методів моніторингу якості з аграрною сировиною і продуктами її переробки

У зв'язку з тим, що поліароматичні вуглеводні з НПС потрапляють і накопичуються в аграрних продуктах і продуктах харчування, для них встановлені ГДК (зерно, копчені м'ясні і рибні продукти) нарівні 1 мкг/кг [2].

З сотень ПАС різної будови, виявлених в об'єктах НПС, для постійного контролю вибрано вузький ряд пріоритетних сполук. У Росії це лише один бенз(а) пирен; у країнах Європейської Співдружності - 6 сполук; у США - 16 сполук [4].

У зимову пору року відбувається акумуляція цих екотоксикантів в сніжному покриві, який є зручним об'єктом для дослідження з метою оцінки рівня забруднення приземного шару атмосфери і встановлення шляхів перенесення ПАС від їх джерел в аграрну продукцію [10].

Оперативно визначити кожен з органічних екотоксикантів в багатокомпонентних складних сумішах за індивідуальними методиками практично неможливо. З цієї причини зарубіжні методики давно

вже орієнтовані на одночасне визначення цілих класів органічних сполук з використанням традиційних для екоаналітики методів ідентифікації і кількісного аналізу [8].

Серед різноманітності фізико-хімічних методів, використовуваних для моніторингу органічних екотоксикантів в різних природних середовищах і, зокрема, в агропродукції, особливе місце займають хроматографічні методи в поєднанні з одним, а також у поєднанні із спектральними методами, питома вага цих дослідницьких комплексів достатньо висока.

Практично будь-яка методика включає етапи вилучення і концентрування аналіту, його розділення на компоненти і детектування компонентів. Прикладом може служити метод ЕРА 8310 для аналізу зразків ґрунтів (твердофазна екстракція, концентрування, аналіз високоефективною рідинною хроматографією в зворотньо-фазовому варіанті, флуоресцентне детектування).

Сучасна мас-спектрометрія є найбільш інформативним методом ідентифікації і кількісного визначення екотоксикантів. Для надійної ідентифікації і кількісного визначення екотоксикантів в матрицях будь-якої складності (протеїни, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти) використовують мас-спектрометрію у поєднанні з газовою або рідинною хроматографією або тандемну мас-спектрометрію.

Визначення хімічних і біологічних компонентів ґрунтів при скринінговому контролі на рівні  $10^{-15}$  г і менш є цілком вирішуваним завданням для мас-спектрометрії, зокрема із застосуванням інтерпретаторів мас-спектрів типу NIST, AMDIS і ін. [4].

**Висновки.** Таким чином, для забезпечення безпеки людини необхідний постійний моніторинг разом з прогнозом і практичними рекомендаціями по зменшенню вмісту екотоксикантів в НПС,

продовольчій сировині і харчових продуктах до рівнів, що не перевищують ГДК. Цьому сприяє розвиток сучасних методів оперативного вимірювання в аналізах субмікрोकількостей екотоксикантів.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дмитриков В.П. Нечеткости определенй экспертной системы мониторинга загрязнителей / В.П. Дмитриков // Вестник НТУ „ХПИ”. - 2004. - №38. - С. 17-21.
2. Другое Ю.С. Экологическая аналитическая химия / Ю.С. Другов. - М.: Химия, 2000. - 432 с.
3. Клюев Н.А. Определение полиароматических углеводородов в объектах окружающей среды / Н.А. Клюев, Т.С. Чуранова, Е.И. Соболева, Е.Я. Мир-Кадырова и др. // Аналитика и контроль. - 1999. - №2. - С.4-18.
4. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / А.Т. Лебедев. - Москва: Техносфера. - 2013. - 632 с.
5. Майстренко В.Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. - М.: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2013.-323 с.
6. Мальшева А.Г. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды / А. Г. Мальшева, Ю. А. Рахманин. - Санкт-Петербург : Професионал, 2014. - 716 с.
7. Посудш Ю.І. Мошторинг довоуля з основами метрологи / Ю.І. Посудш. - К.: Видавництво НУ БЕЛ, 2012. - 426 с.
8. Суздорф А.Р. Полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде: источники, профили и маршруты превращения / А.Р.Суздорф, С.В.Морозов, Л.И.Кузубова, Н.Н.Анщиц, А.Г. Анщиц // Химия в интересах устойчивого развития. - 1994.-№2-3.-С. 511-540.
9. Bordean D.M. Mathematical model for environment contamination risk evaluation/ D.M.Bordean, I.Gergen, L.Harmanescu etc. // Journal of Food, Agriculture and Environment/ - 2010. - Vol.8(2). - P.1054-1057.
10. Montone R.C. Distribution of sewage input in marine sediments around a maritime Antarctic research station indicated by molecular geochemical indicators / R.C. Montone, C.C. Martins, M.C. Bicego, S. Taniguchi, etc // Science of the Total Environment. - 2010. - Vol. 408.-P. 4665-4671.
11. Tjioe S. W. Separation and characterization of tetrol metabolites of benzo(a)pyrene-DNA adduct using HPLC and solid matrix room temperature luminescence / S. W.Tjioe, R. J. Hurtubise// Talanta. - 1995. - Vol. 42, №1. -P. 59-64.
12. Wezel A. Agroecology as a science. A movement and a practice. A review /
13. Wezel, S. Bellon, T. Dore, C Francis etc // Agron. Sustain. Dev. - 2009. - V.29. -P.503 - 515.