

УДК 504.05: 615.9 + 378.147

Г. О. ЧЕРНИШЕНКО, канд. біол. наук, доц.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ ТА ЇЇ МІСЦЕ У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ-ЕКОЛОГІВ

Розглянуто основні проблеми викладання та методичного забезпечення курсу з основ екологічної токсикології для студентів екологічних спеціальностей. Доведено необхідність чіткої структуризації курсу та відокремлення від інших екологічних дисциплін, запропоновано шляхи вдосконалення підготовки фахівців у даному напрямку.

Ключові слова: екотоксикологія, токсикологія, хімічне забруднення довкілля, екологія, вища екологічна освіта

Чернышенко А. А. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЭКОЛОГОВ

Рассмотрены основные проблемы, касающиеся преподавания и методического обеспечения курса «Основы экологической токсикологии» для студентов экологических специальностей. Доказана необходимость четкой структуризации курса и размежевания его с другими учебными дисциплинами, предложены пути усовершенствования подготовки специалистов в данном направлении.

Ключевые слова: экотоксикология, токсикология, химическое загрязнение окружающей среды, экология, высшее экологическое образование

Chernyshenko A. ECOTOXICOLOGY AND IT'S PLACE IN ECOLOGICAL EDUCATION

The main problems concerned to teaching and methodic supplying of course "Ecotoxicology basis" for students of ecological specialization are considered. The necessity of the course's detailed structuring and definition from other ecological disciplines is proved. Ways of improving in ecological specialists' preparing are proposed.

Keywords: ecotoxicology, toxicology, chemical pollution of environment, ecology, higher ecological education

Постановка проблеми. На даному етапі розвитку нашої цивілізації основною проблемою, що стоїть перед людством і загрожує його існуванню, є проблема забруднення навколишнього середовища. Особливу небезпеку становить хімічне забруднення довкілля різноманітними сполуками, в тому числі і чужорідними для біосфери, які природно не передбачені у її кругообігу. Багато з цих речовин завдають шкоди як окремим популяціям та видам, так і цілим екосистемам, оскільки порушують життєдіяльність організмів аж до загибелі, руйнують екосистемні зв'язки, втручаються у процеси обміну речовин та енергії.

Ситуація із хімічним забрудненням біосфери ускладнюється через постійне збільшення обсягів виробництва і надходження у довкілля нафтопродуктів, важких металів, добрив, органіки тощо, а також завдяки синтезу нових речовин (пестициди, фармацевтичні препарати, складні органічні сполуки). Вплив останніх на навколишнє середовище, в тому числі масштаб та наслідки, може бути оцінений лише протягом тривалого часу.

Для багатьох країн екологічна безпека відноситься до основних складових разом із економічною та оборонною безпекою держави. Це повною мірою стосується і України, яку можна віднести до найбільш забруднених країн світу. Вирішувати наші екологічні проблеми разом з усім людством ми зможемо лише базуючись на твердому науковому підґрунті, маючи фундаментальну прикладну та теоретичну базу і високоосвічених фахівців.

Вивчення різних аспектів проблеми хімічного забруднення навколишнього середовища та пошук шляхів її вирішення відбувається у рамках багатьох наукових галузей: екологічних, медичних, хімічних, біологічних, географічних тощо. Але у повному обсязі саме цією проблемою займається екотоксикологія – розділ екології, що вивчає дію на екосистеми отруйних речовин тваринного, рослинного і промислового походження, а також шляхи обмеження надходження промислових токсинів до навколишнього середовища. Можна зробити висновок, яке важливе місце повинна займати ця галузь у структурі загальної екологічної науки та екологічної освіти.

Аналіз попередніх досліджень. Уперше як самостійний міждисциплінарний науковий напрямок екотоксикологія згадується у 1969 р. [6] Разом з цим терміном у іноземній науковій літературі використовується поняття *environmental toxicology* (токсикологія навколишнього середовища). Екотоксикологія є досить молодого науковою галуззю, яка з самого початку розвивається як міждисциплінарний напрямок, саме у такому руслі її розглядають багато фахівців, фіксуючи це у визначенні науки [7].

Приводяться також визначення екотоксикології як розділу класичної токсикології [6], що не є цілком коректним, оскільки екотоксикологія є однією з екологічних наук, що найтіснішим чином взаємодіє з органічною та неорганічною хімією, біохімією, геохімією, фізіологією, медициною, фармакологією, генетикою та ін. Протягом тривалого часу, до того як ця наука виділилась у окрему галузь, її розвиток, накопичення знань відбувалося, дійсно, у рамках загальної токсикології. Проте, остання являє собою розділ медицини, що вивчає властивості отруйних речовин, механізм їхньої дії на живий організм, сутність спричиненого ними патологічного процесу (отруєння), методи його лікування і попередження. Слід чітко розрізняти спектр проблем, що досліджуються у рамках екотоксикології, і проблем, які відносяться до сфери медичної чи біохімічної токсикології, хоча проблеми ці, безумовно, найтіснішим чином взаємопов'язані і взаємозалежні.

На екологічних спеціальностях університетів екотоксикологію стали читати як окрему дисципліну декілька років тому. До цього її у досить урізаному вигляді викладали в одному курсі разом із радіобіологією. Ці науки мають багато спільного, і зараз українські підручники з екологічної токсикології містять багато матеріалу щодо впливу радіонуклідів на екосистеми, радіаційної ситуації в Україні, тощо [3, 4, 9].

«Основи екологічної токсикології» відносяться до категорії дисциплін, що викладаються за вибором навчального закладу. Матеріал, що викладається у рамках цієї дисципліни, у різних вузах дещо відрізняється. Про це свідчать не лише навчальні програми, але й підручники, методичні вказівки, збірники тестових завдань.

У таблиці 1 приведені робочі програми курсу у декількох вузах України та Росії [5, 8, 9].

Посібником, на якому базуються українські підручники з екотоксикології стала робота Ю. І. Губського [1]. В ній містяться основні поняття про токсини та ксенобіотики, механізми їхньої дії на організм, відомості про основні класи техногенних токсичних сполук, джерела їх утворення та екологічну дію. Проте це – далеко не всі напрямки екологічної токсикології, до того ж в ній відбувається постійне оновлення знань.

Подальші посібники, що виходили, також мали недоліком вузьку спрямованість. Наприклад, підручник «Екологічна токсикологія» [2], майже весь теоретичний матеріал якого присвячений бойовим отруйним речовинам. Значно цікавішою є практична частина підручника, де описано лабораторні експерименти з визначення вмісту деяких промислових і сільськогосподарських отрут у різних середовищах.

Фундаментальна робота Корабльова А. І., Чесанова, Шапар [3] містить значний теоретичний та практичний матеріал. В ній присвячено велику увагу як антропогенним, так природним токсинам, механізмам їх біологічної дії. Дещо менше розглянуто питання токсикометрії, токсикокінетики, токсикологічного нормування. Багато матеріалу, що міститься в цьому підручнику, відноситься, скоріше, не до екотоксикології, а до інших суміжних з нею дисциплін.

Більш стислим та конкретним викладенням матеріалу характеризується посібник Удод В. М., Трофімовіч В. В., Волошкіна О. С. [4]. Але деякі напрямки з екологічної токсикології представлені у ньому дуже коротко. Окремий матеріал також відноситься, більшою мірою до суміжних дисциплін.

Мета дослідження. Обґрунтувати доцільність введення дисципліни «Основи екологічної токсикології» до складу основних нормативних дисциплін для екологічних спеціальностей, необхідність вдосконалення навчального плану і програм, навчально-методичної бази.

Результати досліджень. Аналіз окремих підручників з екотоксикології, що вийшли на даний момент, навчальних планів і програм дозволяє стверджувати, що зараз немає єдино-

Таблиця 1

Плани лекційних занять з курсу екологічної токсикології

Національний університет хімічних технологій (м. Київ)	Національний технічний університет України (КПІ)	Тверський державний університет
<i>Лекція 1.</i> Загальні уявлення про токсикологію та екологічну токсикологію <i>Лекція 2.</i> Отрути та отруєння. Класифікація. <i>Лекція 3.</i> Механізм токсичної дії отрут та їх токсикодинаміка. <i>Лекція 4.</i> Надходження ксенобіотиків в організм, їх розподіл, метаболізм і виведення (токсикокінетика). <i>Лекція 5.</i> Токсикометрія, загальні положення. Екологічна токсикометрія. <i>Лекція 6.</i> Принципи регламентації ксенобіотиків. Гігієнічна та екологічна регламентація. <i>Лекція 7.</i> Шкідливі речовини в навколишньому середовищі та їх вплив на організм людини, стан біоценозів і т.і. Роль промисловості, сільського господарства, транспорту у забрудненні довкілля. <i>Лекція 8.</i> Промислова, сільськогосподарська та комунальна токсикологія. <i>Лекція 9.</i> Харчова токсикологія. <i>Лекція 10.</i> Харчова радіотоксикологія. <i>Лекція 11.</i> Харчові отруєння мікробного походження. <i>Лекція 12.</i> Харчові отруєння немікробного походження.	<u>Тема I.</u> Екологічна токсикологія як частина сучасної екології. <i>Лекція 1.</i> Предмет і задачі сучасної токсикології. <u>Тема II.</u> Зв'язок екологічних факторів з токсичним ефектом. <i>Лекція 2.</i> Токсичний ефект і фактори середовища. Токсико-кінетика. <i>Лекція 3.</i> Токсикометрія. Токсикологічні класифікації. <i>Лекція 4.</i> Екотоксикологія. Порушення стану екосистем під впливом техногенних забруднень. <u>Тема III.</u> Нормування вмісту шкідливих речовин в довкіллі. <i>Лекція 5-6.</i> Шляхи визначення гранично допустимих концентрацій хімічних речовин в повітрі і воді водоймищ. <i>Лекція 7.</i> Нормування вмісту антропогенних забруднень в ґрунтах і продуктах харчування. <i>Лекція 8.</i> Принципи нормування вмісту забруднень в довкіллі в різних країнах світу. Екологічний ризик.	<i>Лекція 1.</i> Вступ, предмет екологічної токсикології. <i>Лекція 2.</i> Основні поняття екологічної токсикології. <i>Лекція 3.</i> Хімічні фактори. <i>Лекція 4.</i> Радіація і радіоактивне забруднення. <i>Лекція 5.</i> Глобальні екологічні проблеми. <i>Лекція 6.</i> Вплив токсичних речовин на організм. <i>Лекція 7.</i> Популяційна екотоксикологія. <i>Лекція 8.</i> Генетика популяцій. <i>Лекція 9.</i> Популяційна екотоксикологія людини. <i>Лекція 10.</i> Екотоксикологія угруповань. <i>Лекція 11.</i> Екотоксикологічний моніторинг. <i>Лекція 12.</i> Екологічне нормування в екотоксикології. <i>Лекція 13.</i> Токсичність і спори її оцінки.

го чіткого уявлення, які теми та у якому обсязі мають викладатися у даному курсі і де конкретно пролягають границі між екотоксикологією та іншими суміжними дисциплінами. Причин цього декілька. По-перше, екотоксикологія є дуже молодою наукою, яка тільки формується. По-друге, ця галузь є дійсно міждисциплінарним утворенням, що охоплює у собі обсяг знань та проблем з досить різних областей: хімії, медицини, фармації, геології, законодавства, військової справи, сільськогосподарських, технічних наук та ін. Щодо біологічних наук, то екотоксикологія переплітається з біохімією, біофізикою, генетикою, цитологією, мікробіологією, фізіологією, має спільні питання з систе-

матикою, анатомією, морфологією, тобто вивчає процеси, що відбуваються на усіх рівнях організації живої матерії. По-третє, екотоксикологія має вирішувати широке коло прикладних завдань, наприклад, розробка методів оцінки токсичності середовища, в тому числі біологічних, оцінка загальної екологічної ситуації та ступеню екологічної безпеки територій, розробка токсикометричних методик, визначення нешкідливих та гранично припустимих рівнів забруднення довкілля, впровадження у законодавство природоохоронних принципів через встановлення екологічних нормативів [3, 4]. А ці напрямки викладаються при вивченні таких курсів як «Моніторинг», «Біоіндикація», «Еко-

логічна ситуація в Україні», «Моделювання і прогнозування стану довкілля», «Екологічні катастрофи» та інших дисциплін.

Водночас, у рамках дисципліни «Основи екологічної токсикології» студенти мають вивчати конкретні проблеми і вирішувати конкретні завдання, що стосуються саме впливу на довкілля шкідливих факторів хімічної природи. Це як техногенні речовини, тобто ксенобіотики, які, як правило, негативно діють на організми, так і природні токсичні речовини біологічного та геологічного походження. Обом групам має приділятися увага при вивченні дисципліни, але антропогенні токсиканти потребують більшого обсягу, враховуючи актуальність проблеми забруднення довкілля.

Обов'язковим є вивчення методів оцінки стану довкілля, зокрема, ступеню його хімічного забруднення. Базою для цього є курси моніторингу і біоіндикації, гідробіології. На заняттях з екотоксикології бажано займатися визначенням токсичних речовин у тканинах живих організмів, оцінювати загальну токсичність ґрунту, водного середовища, повітря, визначати вміст окремих політантів. Тобто мають проводитися хімічні та біохімічні експерименти. Адекватно оцінювати стан токсикологічного ураження організмів та екосистем студенти зможуть, лише ознайомившись з поняттями про токсичні дози, токсикометричні показники та нормативи. Знання принципів токсикологічного нормування довкілля будуть використовуватися і глибше вивчатися студентами на подальших курсах.

Базою для вивчення патологічних процесів хімічного ураження живих організмів, наслідків цього ураження та формування адаптивних механізмів є такі галузі як біохімія, фізіологія, генетика. Курсу «Біологія», який читається протягом семестру і має охопити усі основні напрямки наук про життя, на жаль, край замало для того, щоб дати студентам достатній рівень знань для глибокого розуміння процесів і явищ, що відбуваються з живою матерією і, відповідно, механізмів впливу на неї таких негативних факторів, як отруйні сполуки, радіація, антропогенний тиск, тощо. Це обов'язково слід враховувати під час розг-

лядання молекулярно-клітинних та фізіологічних механізмів дії отрут в організмі.

До речі, бажано відокремлювати питання хімічної і радіаційної безпеки. Для вивчення останніх існує курс «Радіоекологія», який відноситься до складу основних нормативних дисциплін на екологічних спеціальностях. Саме у цьому курсі доцільно вивчати такі питання як вплив на довкілля радіонуклідів, поводження з радіоактивними відходами, наслідки Чорнобильської катастрофи. А в «Основах екологічної токсикології» слід зосередитися саме на проблемі хімічного забруднення та хімічної безпеки.

Важливою складовою екотоксикології є екологічна токсикокінетика, що вивчає процеси міграції і біотрансформації токсичних ксенобіотиків у компонентах екосистем. У цьому розділі слід зосередитися на процесах перетворень токсикантів як в екосистемах так і в окремих організмах.

Також важливим є формування у студентів вміння проводити оцінку конкретної екотоксикологічної ситуації, визначення екотоксикологічного ризику. Це дає можливість прогнозувати розвиток екотоксикологічного стану довкілля, проводити екотоксикологічний аудит. Аналіз та управління екотоксикологічною ситуацією на різному рівні мають бути завершальною частиною вивчення дисципліни.

Висновки. З усього вищезгаданого можна зробити такі пропозиції:

1. З урахуванням важливості масштабів хімічного забруднення навколишнього середовища сполуками техногенного походження і тих явищ, що виникли як наслідок цього забруднення, у підготовці фахівців-екологів вивчення основ екологічної токсикології повинно займати значно більший обсяг, зокрема, цей курс має бути віднесений до основних нормативних дисциплін на екологічних спеціальностях і факультетах університетів.

2. Для кращого розуміння шляхів і механізмів дії екотоксикантів і живих організмів майбутніми фахівцями-екологами слід збільшити обсяг викладення матеріалу з таких галузей як біохімія, генетика, фізіологія. Для цього слід збільшити обсяг загальної біології, що викладається екологам, а деякі теми та

поняття можна розглядати і безпосередньо у рамках основ екологічної токсикології.

3. Курс з дисципліни основ екологічної токсикології має включати такі теми:

- основні механізми токсичної дії речовин на молекулярному, клітинному та фізіологічному рівні;

- основні поняття про природні токсини та їх екологічну функцію;

- основні класи техногенних токсичних сполук, джерела їх утворення та надходження до навколишнього середовища, загальну дію на екосистеми;

- токсикометрія та токсикологічне нормування довкілля;

- екологічна токсикокінетика, включаючи перетворення токсикантів у екосистемах та організмах і механізми природної адаптації до них на різному рівні;

- моделювання екотоксикологічної ситуації, екотоксикологічне прогнозування стану довкілля

Усі ці теми мають бути відображеними у підручниках, які видаватимуться.

4. У навчальному плані з цієї дисципліни слід суттєво збільшити обсяг лабораторних годин, на яких студенти, крім іншого, мають проводити експерименти з визначення токсичних речовин у тканинах живих організмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Губский Ю.И. Химические катастрофы и экология. – К.: Здоров'я, 1993. – 223 с.
2. Екологічна токсикологія
3. Корабльова А.І., Чесанов, Шапар. Вступ до екологічної токсикології. – Дніпропетровськ, 2005.
4. Удод В.М., Трофімовіч В.В., Волошкіна О.С. Основи екотоксикології. – К.: КНУБА, 2008. – 88 с.
5. Основи екологічної токсикології: Методичні вказівки до вивчення дисципліни та підготовки рефератів / Уклад. О.І.Семенова та ін. – К.: НУХТ, 2005. – 10 с.
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
7. soil.msu.ru/index.php?option=com_content&task=view
8. www.eco-paper.kpi.ua/doc/ecotoxic.pdf
9. ecology.tversu.ru/stud.umk/eco_tox.doc

Надійшла до редколегії 28.10.2011