

УДК 378 :004.77: 004.94; 502/504

Яцишин Андрій Васильович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, відділ цивільного захисту та інноваційної діяльності

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0001-5508-7017

andic@ua.fm

Попов Олександр Олександрович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник, відділ технологій захисту довкілля та радіаційної безпеки

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0002-5065-3822

sasha.popov1982@gmail.com

Ковач Валерія Омелянівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділ радіогеохімії

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0002-1014-8979

valeriakovach@gmail.com

Артемчук Володимир Олександрович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник, відділ моделювання енергетичних процесів і систем

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0001-8819-4564

ak24avo@gmail.com

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЇ МЕТОДАМ І ЗАСОБАМ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИЗЕМНОГО ШАРУ АТМОСФЕРИ

Анотація. У статті обґрунтовано важливість проведення екологічного моніторингу приземного шару атмосфери з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем. Описано основні напрями досліджень у галузі екологічного моніторингу приземного шару атмосфери. Коротко описано інформаційно-програмне забезпечення для задач моніторингу й контролю екологічного стану урбанізованих територій (система AISEEM), що було розроблено авторами даної статті. Обґрунтовано особливості проведення спецкурсу «Методи та засоби екологічного моніторингу приземного шару атмосфери» для навчання майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем. Визначено завдання спецкурсу й описано його змістові модулі: «Нормативно-правове забезпечення в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища»; «Екологічний моніторинг приземного шару атмосфери», «Методи та засоби вирішення задач екологічного моніторингу приземного шару атмосфери»; «Інформаційні системи в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища». Описано основні компоненти спецкурсу «Методи та засоби екологічного моніторингу приземного шару атмосфери» з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем для підготовки майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища. Пропонований спецкурс складається з лекцій і практичних занять, передбачає проведення консультацій і самостійну позааудиторну роботу студентів. Розглядаються переваги застосування сучасних комп'ютерних систем екологічного моніторингу для задач управління якістю атмосферного повітря. Використання майбутніми фахівцями в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища спеціалізованих програмно-моделюючих систем дозволить оволодіти знаннями і практичними навичками для розв'язання задач аналізу, моделювання, прогнозування та візуалізації даних моніторингу стану атмосферного повітря.

Ключові слова: майбутні фахівці в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища; спецкурс; програмно-моделюючі системи; екологічний моніторинг приземного шару атмосфери.

1. ВСТУП

Актуальність дослідження. Атмосферне повітря вважають найважливішим життєзабезпечуючим природним середовищем. Чисте атмосферне повітря є непорушною умовою для здорового життя. Разом з тим ресурсо- та енергоємне, морально й фізично застаріле технологічне і природоохоронне обладнання, а в окремих випадках – відсутність очисних споруд і ефективного контролю за діяльністю екологічно небезпечних підприємств, низька технологічна дисципліна, гострий дефіцит коштів для забезпечення нормальної експлуатації очисного устаткування і споруд, недостатній рівень інформаційного забезпечення і спеціалізованих засобів для визначення концентрацій забруднюючих речовин вказують на проблему забруднення повітряного середовища техногенно-навантажених регіонів [1].

Забруднене атмосферне повітря інтенсивно впливає не лише на людину і біоту, а й на гідросферу, ґрунтово-рослинний покрив, геологічне середовище, будівлі, споруди й інші техногенні об'єкти. Тому охорона атмосферного повітря й озонового шару є найпріоритетнішою проблемою екології, їй надається належна увага в усіх розвинених країнах [1], зокрема важливим є питання щодо моніторингу атмосферного повітря.

Моніторинг у сфері охорони атмосферного повітря в сучасному розумінні можна розглядати як інформаційно-аналітичну систему, яку використовують з метою [2], [3]:

- отримання, збору, збереження, аналізу інформації про стан атмосферного повітря і факторів, які впливають на його якість;
- оцінювання й аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря;
- прогнозування змін рівня забруднення і реальної загрози;
- розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для ухвалення рішень щодо охорони атмосферного повітря;
- оперативного інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- сприяння розвитку міжнародного співробітництва у сфері охорони атмосферного повітря, раціонального використання природних ресурсів і екологічної безпеки;
- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів і ефективності їх вживання.

Пріоритетними завданнями екологічного моніторингу приземного шару атмосфери (ЕМПША) вважають [1], [4]:

- довгострокові систематичні спостереження за станом приземного шару атмосфери;
- аналіз екологічного стану атмосферного повітря і прогнозування його змін;
- оцінювання рівнів і ступеня небезпечності забруднення для довкілля і життєдіяльності населення;
- оцінювання складу й об'ємів викидів забруднювальних речовин;
- узагальнення даних щодо рівня забруднення на певній території за певний проміжок часу;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з охорони атмосферного повітря, раціонального використання природних ресурсів і екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій.

Найважливішою завданням ЕМПША є забезпечення інформацією для визначення стратегій і ухвалення рішень щодо управління екологічною безпекою атмосферного повітря. Розв'язання даної задачі дозволить визначати величину понесеного збитку від забруднення приземного шару атмосфери, рівень захворюваності населення, дає змогу вибирати райони перспективної забудови, визначати стан забруднення окремих районів міста та рівень фонових забруднень атмосфери [1], [3].

У сучасних умовах метою підготовки майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища є:

1) підготовка висококваліфікованих професійних екологів, здатних розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі екології, охорони навколишнього природного середовища і природокористування, що передбачає застосування теорій і методів наук, пов'язаних з екологією, охороною довкілля та природокористування, які характеризуються міждисциплінарністю [5];

2) підготовка висококваліфікованих і професійних екологів, здатних розв'язувати наукові задачі та питання щодо зменшення рівня антропогенного впливу на природне середовище, розробки ефективних природоохоронних заходів, а також розв'язувати практичні завдання у галузі екології й охорони навколишнього середовища [6].

Також, необхідним у підготовці майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища є використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що допомагають здійснювати моделювання і прогнозування техногенних навантажень на довкілля, а тому вміння застосовувати ці технології є важливим для подальшої професійної діяльності. З огляду на те, що ІКТ постійно удосконалюють і розробляються нові спеціалізовані системи для розв'язання задач ЕМПША, важливим у підготовці студентів є ознайомлення їх з новітніми розробками, системами і програмними засобами, а також, розвиток у майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища навичок застосовувати ці засоби у подальшій професійній діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підставі аналізу закордонних і вітчизняних публікацій у галузі охорони навколишнього природного середовища було виділено й узагальнено основні напрями досліджень у сфері ЕМПША [1]:

- розробка нової або вдосконалення існуючої методичної бази ЕМПША, а також підходи щодо забезпечення її наукової підтримки;
- розробка підходів щодо розв'язання проблеми комплексної оцінки впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище;
- виявлення комплексу показників (індикаторів), що характеризують екологічний стан атмосфери і потенційно небезпечних об'єктів контрольованої території, визначення експозиції для населення, проведення оцінювання ризику для здоров'я і дослідження кореляційного зв'язку рівня забруднення із захворюваністю населення;
- розробка автоматизованих систем екологічного моніторингу атмосфери або автоматизація існуючих мереж;
- проведення аналізу й оцінювання екологічного стану атмосферного повітря на основі даних спостережень і прогнозування його змін на певній території;
- визначення рівня забруднення на певній території за певний проміжок часу, визначення кількісних і якісних показників техногенного навантаження атмосфери за рахунок антропогенної діяльності та їх динаміки, екологічне районування територій регіону з врахуванням комплексної оцінки стану ЕМПША й екологічного ризику на основі геоінформаційних технологій, оцінка складу й об'ємів викидів забруднюючих речовин техногенними джерелами забруднення;
- розробка і використання математичних методів і засобів моделювання для

визначення рівня техногенного впливу на стан атмосфери, а також його прогнозування;

- розробка інформаційного забезпечення ЕМПША, включаючи створення програмного забезпечення у вигляді автономних спеціалізованих комп'ютерних систем і баз даних.

Частково окреслені вище задачі вже були розглянуті у попередніх публікаціях авторів даної статті, зокрема [1], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Різні аспекти підготовки та підвищення кваліфікації фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища досліджено у роботах [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21]. Однак, у розглянутих вище публікаціях недостатньо уваги приділено підготовці майбутніх фахівців до розв'язання задач ЕМПША, оцінювання екологічних ризиків, моделювання та прогнозування техногенних навантажень на довкілля із застосуванням ІКТ і спеціалізованих програмно-моделюючих систем.

Мета дослідження – обґрунтувати особливості проведення спецкурсу «Методи та засоби ЕМПША» для навчання майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даному дослідженні було використано низку методів: аналіз, систематизація, вивчення практичного досвіду розв'язання задач ЕМПША; метод порівняльного аналізу; добір спеціалізованих програмно-моделюючих систем, доцільних для розв'язання задач ЕМПША; моделювання техногенних навантажень на довкілля; аналіз досвіду навчання майбутніх фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища; метод систематизації теоретичних знань для розробки практичних занять і завдань для самостійного опрацювання.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведені дослідження показали, що на сьогоднішній день система екологічного моніторингу приземного шару атмосфери (ЕМПША) України є малоефективною, має значні проблеми і недоліки. Так, мережу моніторингу якості повітря встановлено ще в 1970-х роках відповідно до стандартів колишнього СРСР. Схеми розміщення станцій (постів) моніторингу і їх кількість, методи пробовідбору й аналізу реалізовано згідно із положенням, яке було прийняте в колишньому СРСР у 1989 р. і яким керуються донині. Існуюча мережа стаціонарних спостережень у сучасних умовах уже не є оптимальною для виявлення і порівняння фонових, середніх та максимальних рівнів забруднення повітря. Такий стан мережі моніторингу стану атмосферного повітря України не дає можливості ефективно розв'язувати задачі ЕМПША, а тому потребує суттєвої модернізації в багатьох аспектах. Для розв'язання даної проблеми у 2007 р. Кабінет Міністрів України прийняв постанову «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища». Метою цієї Програми є забезпечення розвитку єдиної державної системи моніторингу навколишнього середовища, спрямованого на підвищення ефективності її функціонування і рівня інформатизації, технічне переоснащення й удосконалення нормативно-методичного забезпечення згідно сучасних загальноєвропейських вимог і стандартів. Це стосується всіх компонентів навколишнього природного середовища і, у тому числі, атмосферного повітря.

Також, важливим для підвищення ефективності функціонування системи ЕМПША є підготовка висококваліфікованих фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища. Це, у свою чергу, потребує розробки нових або вдосконалення існуючих програм для підготовки таких фахівців із застосуванням сучасних спеціалізованих програмно-моделюючих систем, що спрямовані на відпрацювання практичних умінь і навичок для розв'язання задач ЕМПША. З цією метою і було розроблено спецкурс «Методи та засоби ЕМПША», що складається з чотирьох модулів: 1) «Нормативно-правове забезпечення в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища»; 2) «Екологічний моніторинг приземного шару атмосфери»; 3) «Методи та засоби вирішення задач ЕМПША»; 4) «Інформаційні системи в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища».

Метою спецкурсу є підготовка майбутніх фахівців для формування у них знань щодо нормативно-правового забезпечення в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища, зокрема про ЕМПША і розвиток у них здатності до розв'язання задач ЕМПША із застосуванням спеціальних методів і засобів, а також здатності до використання спеціалізованих програмно-моделюючих систем у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища у подальшій професійній діяльності.

Спецкурс складається з лекцій і практичних занять, передбачає проведення консультацій і самостійну позааудиторну роботу студентів з вивчення додаткової і наукової літератури.

На вивчення дисципліни відводиться 60 годин / 2 кредити ЄКТС (16 год. лекцій, 24 год. практичних, 20 год. самостійної роботи).

Основні завдання спецкурсу полягають в тому, щоб:

- ознайомити студентів з нормативно-правовим забезпеченням у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища, зокрема про ЕМПША;
- навчити здійснювати оцінку сучасного стану ЕМПША, основних й пріоритетних задач ЕМПША в різних регіонах України;
- навчити прогнозувати стан приземного шару атмосфери використовуючи методи математичного моделювання;
- ознайомити студентів з основними поняттями і методами, які використовуються в оцінюванні впливу техногенних об'єктів на атмосферне повітря і сформувані вміння їх застосовувати;
- сформувати вміння для розв'язання задач ЕМПША із застосуванням спеціальних методів і засобів;
- сформувати вміння використовувати спеціалізовані програмно-моделюючі системи в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища у подальшій професійній діяльності;
- розвивати мислення і екологічну грамотність студентів;
- розвивати навички самостійної роботи.

Під час *лекційного курсу* передбачено виклад основних питань щодо нормативно-правового забезпечення в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища, зокрема про ЕМПША.

Під час *практичних занять* пропонується ознайомлення з вітчизняними і закордонними сучасними спеціалізованими програмно-моделюючими системами. Доцільність використання даних систем зумовлена тим, що вони значно розширюють можливості розв'язання задач управління якістю атмосферного повітря.

На сьогоднішній день, для розв'язання завдань ЕМПША, застосовують вітчизняні і закордонні інформаційні програмно-моделюючі системи, а саме: система екологічного моніторингу ЕОЛ-2000[h], система «Повітря», АРМ ЕКО, «ЕкоГІС-Київ»,

«Екотранс», EcoStat, «ЭРА-Воздух», «ЭПК РОСА», УПРЗА «Эколог», «Магистраль-город 2.3», «ГИС – атмосфера», ZONE комплекс оперативного аналізу дозиметричної ситуації КАДО, «RADExpert», RODOS (загальноєвропейська система), RECASS і NOSTRADAMUS (Росія), ARGOS (Данія, Швеція), JSPEEDI (Японія), NARAC, MEPAS (США) тощо.

Важливим практичним аспектом у даному курсі є використання майбутніми фахівцями, розробленого авторами даної статті, інформаційно-програмного забезпечення для задач моніторингу і контролю екологічного стану урбанізованих територій (система AISEEM), що включає блок статистичного аналізу й попередньої оцінки техногенних навантажень на атмосферне повітря; блок математичного моделювання і прогнозування рівнів забруднення атмосфери і ризиків для населення; блок візуалізації і побудови екологічних карт.

Розроблене інформаційно-програмне забезпечення спрямоване на розв'язання багатьох наукових і практичних задач ЕМПША. Основними з них є [1], [7], [8], [13]:

- збір, збереження та опрацювання даних екологічного моніторингу;
- вибірка даних екологічного моніторингу, їх графічна візуалізація та статистичний аналіз;
- побудова і визначення актуальних задач ЕМПША;
- визначення розподілів концентрацій забруднюючих речовин за різними сценаріями;
- обчислення екологічних і техногенних ризиків;
- обґрунтування вибору координат щодо раціонального розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря;
- дослідження стійкості територіальних систем (дослідження динаміки ризиків протягом різних проміжків часу);
- визначення залежності впливу дії забруднювальних речовин на інші фактори;
- візуалізація різноманітних екологічних даних з використанням графіків, діаграм, електронних карт тощо.

На рис. 1 показано приклади роботи деяких модулів системи AISEEM.

На сьогоднішній день розроблене інформаційно-програмне забезпечення впроваджено в Управлінні інформаційно-аналітичного забезпечення МНС України, Всеукраїнському науково-дослідному інституті цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, Державному міському підприємстві „Івано-Франківськтеплокомуненерго”, Дніпропетровському обласному центрі з гідрометеорології, Департаменті організації заходів цивільного захисту ДСНС України, відокремленому підрозділі «Науково-технічний центр» державного підприємства «НАЕК «Енергоатом».

Розглянемо основні модулі розробленого спецкурсу «Методи та засоби ЕМПША».

У першому змістовому модулі «Нормативно-правове забезпечення в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища» передбачає розгляд таких нормативно-правових актів: Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (2007 р.), Постанова КМУ «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» (2007 р.), Директива № 2008/50/ЄС Європейського парламенту і Ради «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи», CORINAIR Інвентаризація атмосферних вибросов в Європе; IPPC; Руководство по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС 2013, Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017 р.), Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок (2017 р.), Проект Закону про

стратегічну екологічну оцінку (№ 6106 від 20.03.2018), Регіональні публікації Всесвітньої організації охорони здоров'я тощо.

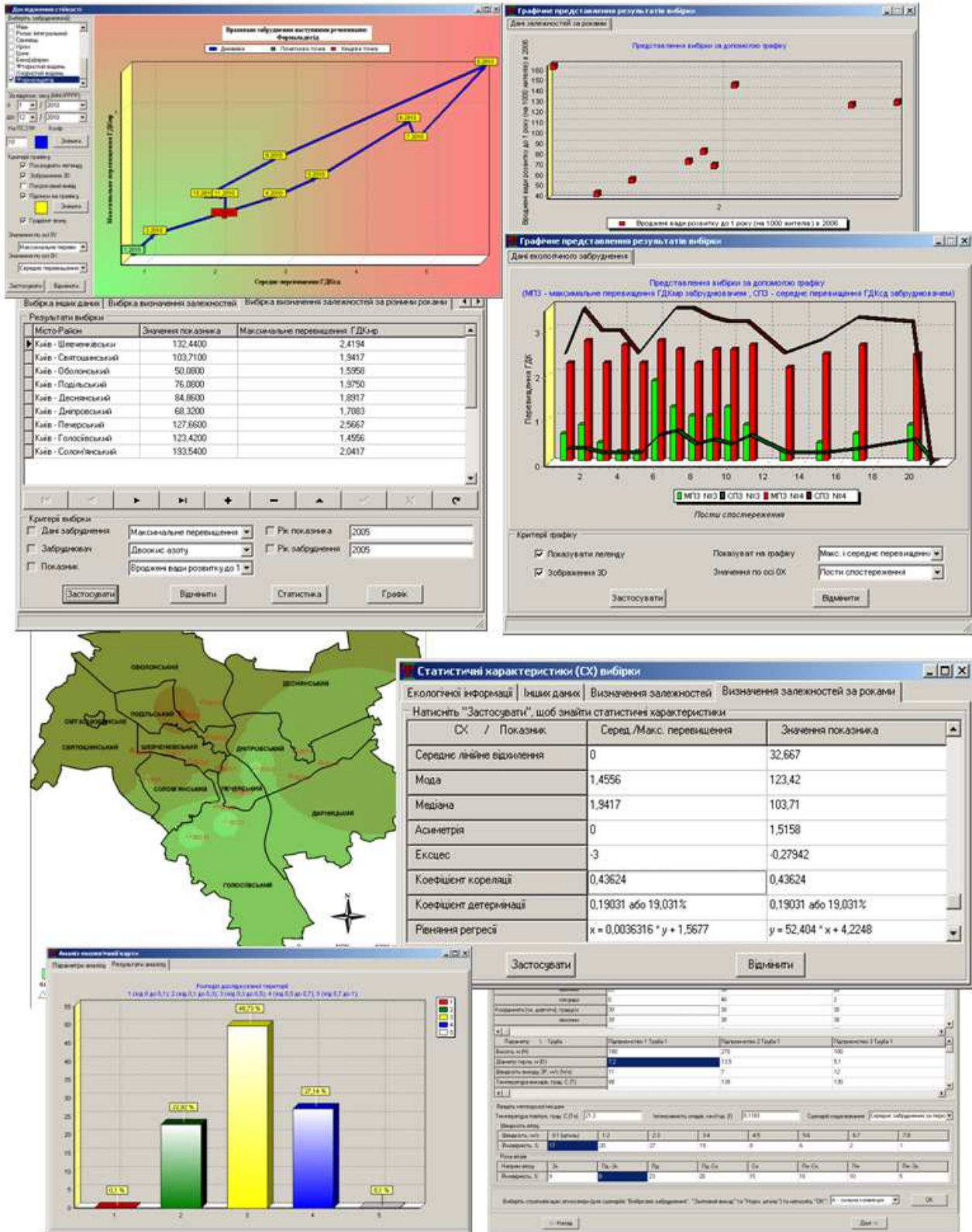


Рис. 1. Приклади роботи деяких модулів розробленого інформаційно-програмного забезпечення

У другому змістовому модулі «Екологічний моніторинг приземного шару атмосфери» висвітлюється роль екологічного моніторингу в задачах екологічної безпеки, розглядаються теоретичні основи ЕМПША та основні й пріоритетні задачі ЕМПША на території України. Визначаються завдання, які необхідно здійснити для забезпечення охорони повітряного басейну міста як складової його екологічної безпеки. Розглядається методика оцінювання території міста за ступенем забруднення повітряного середовища і напрями досліджень, за якими моніторинг у сфері охорони атмосферного повітря в сучасному розумінні можна реалізувати як інформаційно-аналітичну систему. Виділяються етапи процесу управління показниками якості атмосферного повітря. Розглядаються основні і пріоритетні задачі ЕМПША та визначається, що найважливішим завданням ЕМПША є забезпечення оперативною інформацією для визначення стратегій і ухвалення рішень щодо запобігання забруднення атмосфери. Розглядаються основні вимоги до організації мережі ЕМПША, джерела забруднення атмосферного повітря і вплив метеорологічних факторів на забруднення атмосфери. Аналізується сучасний стан ЕМПША в Україні.

У третьому змістовому модулі «Методи та засоби вирішення задач екологічного моніторингу приземного шару атмосфери» висвітлюються дослідження основних методів і засобів щодо розв'язання задач ЕМПША. Наводяться порівняльні оцінки можливостей ЕМПША і методів моделювання, що застосовуються у розв'язанні базових задач забезпечення екологічної безпеки атмосфери. Аналізуються різні підходи математичного моделювання поширення домішок в атмосфері, визначаються їх основні переваги і недоліки. Розглядаються методи для прогнозування забруднення повітря, що базуються на результатах теоретичного й експериментального вивчення закономірностей поширення домішок від їх джерела. Розглядаються моделі оцінювання показників якості атмосферного повітря (моделі забруднення атмосферного повітря і моделі розсіювання домішок в атмосфері) та умовна класифікація моделей забруднення атмосферного повітря. Розглядаються поняття ризику, вітчизняні й закордонні моделі для оцінювання екологічних ризиків.

У четвертому змістовому модулі «Інформаційні системи в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища» висвітлюється характеристика найбільш відомих вітчизняних і закордонних інформаційних систем екологічного спрямування, які розв'язують задачі оперативного виявлення поточних змін стану атмосферного повітря, прогнозу поширення забруднення в просторі, виявлення місць підвищеної концентрації шкідливих речовин з метою ухвалення обґрунтованих адміністративних рішень щодо санітарно-гігієнічних, проектно-технічних та інших заходів забезпечення екологічної безпеки. Розглядаються сучасні геоінформаційні системи і переваги їх використання в задачах управління якістю атмосферного повітря. Розглядаються переваги застосування сучасних комп'ютерних систем екологічного моніторингу для задач управління якістю атмосферного повітря: Урядова інформаційно-аналітична система з питань надзвичайних ситуацій, Система екологічного моніторингу ЕОЛ-2000[h], інформаційно-аналітична система еколого-енергетичного моніторингу AISEEM, система «Повітря», АРМ ЕКО, «ЕкоГІС-Київ», «Екотранс», EcoStat, «ЭРА-Воздух», «ЭПК РОСА», УПРЗА «Эколог», «Магістраль-город 2.3», «ГІС – атмосфера», ZONE комплекс оперативного аналізу дозиметричної ситуації КАДО, геоінформаційний експертно-моделюючий комплекс «RADExpert» тощо. Розглядаються системи і програмні комплекси, що використовують АЕС, а саме: RODOS (загальноєвропейська система), RECASS і NOSTRADAMUS (Росія), ARGOS (Данія, Швеція), JSPEEDI (Японія), NARAC і MEPAS (США). Відбувається порівняння вище описаних систем і програмних комплексів за певними критеріями, і наводяться рекомендації щодо добору даних систем для оптимального розв'язання задач ЕМПША.

Оцінювання результатів навчання студентів пропонується проводити у формі заліку, а також проміжних контрольних робіт, виконання практичних робіт, усні відповіді, навчально-дослідницькі завдання. Основні результати навчання спецкурсу «Методи та засоби ЕМПША» з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Основні результати навчання спецкурсу «Методи та засоби ЕМПША» з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем

Знання	Уміння	Навички
Про нормативно-правову базу в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища, основні терміни, базові знання про моніторинг атмосферного повітря	Орієнтуватися в нормативно-правовому забезпеченні в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища	Використовувати нормативно-правове забезпечення в професійній діяльності
Про поняття та методи, які використовуються при розрахунках забруднення атмосферного повітря	Оцінити сучасний стан ЕМПША, основні й пріоритетні задачі ЕМПША в різних регіонах України	Провести систематизацію задач ЕМПША на території України, обчислювати індекси забруднення атмосфери
Про підходи, методи та моделі для оцінки стану атмосферного повітря	Володіти різними підходами методами і моделями для визначення просторового розподілу концентрації забруднювальних речовин	Знати класифікацію, переваги і недоліки моделей забруднення атмосферного повітря та моделей розсіювання домішок в атмосфері
Про екологічні ризики	Оцінювати екологічні ризики в умовах техногенного навантаження	Здійснювати оцінку ризиків хронічної інтоксикації та миттєвих ефектів токсичного впливу на населення, індивідуального канцерогенного ризику та коефіцієнта небезпеки впливу і-тої речовини
Про інформаційні системи ЕОЛ-2000[h], AISEEM, «Повітря» , АРМ ЕКО, «ЕкоГІС-Київ», «Екотранс», EcoStat, «ЭРА-Воздух», «ЭПК РОСА», УПРЗА «Эколог», «Магістраль-город 2.3», «ГІС – атмосфера», КАДО, «RADExpert», RECASS і NOSTRADAMUS, ARGOS, JSPEEDI, NARAC, MEPAS	Використовувати програмно-моделюючі системи для моделювання і прогнозування поширення забруднення в просторі, виявлення місць підвищеної концентрації шкідливих речовин	Застосовувати вітчизняні й закордонні інформаційні системи (програмно-моделюючі системи) для оцінювання техногенних навантажень на довкілля, мати навички роботи в комп'ютерних мережах, використання сучасних інформаційних технологій та програмних засобів
Знання загальних принципів моделювання і прогнозування стану довкілля	Здатність прогнозувати стан складових навколишнього природного середовища використовуючи методи математичного моделювання	Уміння обирати і використовувати методи математичного моделювання і прогнозування стану довкілля
Про методи опрацювання екологічної інформації	Уміння застосовувати методи опрацювання екологічної інформації, практичні навички одержання і візуалізації інформації щодо поточного стану різних компонентів довкілля	Здатність провести оцінку стану природних об'єктів за результатами моніторингу, здатність збирати, інтегрувати, опрацьовувати, аналізувати й оцінювати екологічну інформацію з використанням ІКТ

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасний стан ЕМПША України характеризується значними недоліками, що не дозволяє Україні виконувати повною мірою взяті на себе зобов'язання перед міжнародними організаціями в галузі охорони атмосферного повітря.

Шляхи підвищення ефективності функціонування системи ЕМПША визначені у постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» у 2007 році.

Разом із технічним переоснащенням і вдосконаленням нормативно-методичного забезпечення системи ЕМПША України важливим є підготовка висококваліфікованих фахівців у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища. Вона передбачає проходження різних спецкурсів з даного напрямку.

У роботі запропоновано зміст і технологію навчання одного з таких спецкурсів, який отримав назву «Методи та засоби екологічного моніторингу приземного шару атмосфери». Пропонований спецкурс складається з лекцій і практичних занять, передбачає проведення консультацій і самостійну позааудиторну роботу студентів. Змістовими модулями спецкурсу є: «Нормативно-правове забезпечення в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища»; «Екологічний моніторинг приземного шару атмосфери», «Методи та засоби вирішення задач екологічного моніторингу приземного шару атмосфери»; «Інформаційні системи в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища».

Важливим практичним аспектом у даному курсі є використання майбутніми фахівцями, розробленою авторами даної статті, інформаційно-програмного забезпечення для задач моніторингу і контролю екологічного стану урбанізованих територій (система AISEEM). Це дозволить їм оволодіти знаннями і практичними навичками для розв'язання задач аналізу, моделювання, прогнозування і візуалізації даних моніторингу стану атмосферного повітря.

Отже, у результаті проведеного дослідження й на підставі власного досвіду використання спеціалізованих програмно-моделюючих систем для розв'язання задач ЕМПША, робимо такі **висновки**:

- важливо ознайомити студентів з нормативно-правовим забезпеченням у галузі екології й охорони навколишнього природного середовища, зокрема про ЕМПША;
- важливо ознайомити студентів з основними поняттями і методами, які використовуються в оцінюванні впливу техногенних об'єктів на довкілля і сформувати вміння їх застосовувати;
- важливо навчити студентів розв'язувати задачі ЕМПША із застосуванням спеціальних методів і засобів, а також розвинути здатність до використання спеціалізованих програмно-моделюючих систем в галузі екології й охорони навколишнього природного середовища у подальшій професійній діяльності.

Напрямки подальших наукових досліджень варто зосередити на створенні спеціалізованих курсів для підвищення кваліфікації осіб, які приймають рішення в галузі управління екологічною безпекою техногенно-навантажених територій і обґрунтуванні відповідних методик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 А. В. Яцишин, "Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненнях атмосферного повітря", дис. доктора технічних наук, ДУ «ІГНС НАН України», Київ, 2013.

- 2 О. І. Троянський, та О. А. Дашковський, *Моніторинг якості повітря*. Житомир, Україна: Волинь, 2004.
- 3 В. М. Боголюбов та ін., *Моніторинг довкілля : підручник*. Вінниця, Україна : ВНТУ, 2010.
- 4 Г.В. Лисиченко, Г. А. Хміль, та С. В. Барбашев, *Методологія оцінювання екологічних ризиків*. Одеса, Україна: Астропринт, 2011.
- 5 *Освітньо-наукова програма «Екологічна безпека», 101 «Екологія», Одеса, Україна: ОДЕКУ, 2017.*
- 6 *Освітньо-наукова програма «Охорона навколишнього середовища», 101 «Екологія», Одеса, Україна: ОДЕКУ, 2016.*
- 7 А. В. Яцишин, О. О. Попов, та В. О. Артемчук, "Комп'ютерні засоби прогнозування техногенних навантажень на атмосферу", *Східно-Європейський журнал передових технологій*, т. 41, № 5/2, с. 33-36, 2009.
- 8 А. В. Яцишин, О. О. Попов, та В. О. Артемчук, "Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою", *Праці Одеського політехнічного університету*, Вип. 2(36),с. 39–41, 2013.
- 9 И. П. Каменева, А. В. Яцишин, Д. А. Полишко, А. А. Попов, и Т. В. Бахурець, "ГИС-технологии построения экологических карт статистических поверхностей", *Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України*, Вип. 49, с. 81–88, 2008.
- 10 И. П. Каменева, А. В. Яцишин, и А. А. Попов, "Математико-картографическое моделирование техногенных нагрузок на атмосферу", *Моделювання та інформаційні технології*, Вип. 51, с. 58-64, 2009.
- 11 О. О. Попов, та А. В. Яцишин, "Інформаційні системи для вирішення задач комплексного радіоекологічного моніторингу АЕС", *Моделювання та інформаційні технології*, Вип. 72, с. 3-16, 2014.
- 12 А. В. Яцишин, И. П. Каменева, В. А. Артемчук, и А. А. Попов "Методы и технологии анализа рисков для здоровья на основе данных мониторинга", на *IV Международной научной конференции «МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012»*, Киев, 2012, с. 470-473.
- 13 В. О. Артемчук та ін., *Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики*. Київ, Україна: ТОВ «Наш формат», 2017.
- 14 Т. А. Сафранов, Д. В. Лукашов, З. М. Шелест, О. Г. Владимірова, та А.В. Чугай, "Стандарти вищої екологічної освіти України: сучасний стан та проблеми реалізації", *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Екологія*, Вип. 16, с. 141-149, 2017.
- 15 О. С. Гребьонкіна, "Професійна спрямованість навчання вищої математики студентів екологічних спеціальностей", *Педагогічна освіта: теорія і практика*, Вип. 15, с. 171-176, 2013.
- 16 С. Д. Рудишин, "Концепція професійної підготовки еколога у вищій школі України", *Креативна педагогіка*, № 4, с. 101-104, 2011.
- 17 О. С. Заблоцька, *Формування предметних компетенцій з хімії у студентів екологічних спеціальностей*. Житомир, Україна: ЖНАЕУ, 2011.
- 18 Н. О. Горбунова, "Використання спецкурсів хімічного спрямування для формування хімічної складової професійної компетентності майбутніх фахівців-екологів". [Електронний ресурс]. Доступно: <http://eprints.zu.edu.ua/21869/1/горбунова.pdf>. Дата перегляду: Бер. 28, 2018.
- 19 С. Д. Рудишин, *Біологічна підготовка майбутніх екологів: теорія і практика*. Вінниця, Україна: Темпус, 2009.
- 20 О. В. Кофанова, "Удосконалення фахової підготовки майбутніх інженерів з охорони навколишнього середовища за компетентнісного підходу", *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Педагогіка. Соціальна робота*, Вип. 31,с. 81–84, 2014.
- 21 В. С. Моркун, С. О. Семеріков, та С. М. Грищенко, "Зміст і технологія навчання спецкурсу «Екологічна геоінформатика» у підготовці майбутніх інженерів гірничого профілю", *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 57, № 1, с. 115-125, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1549/1139>. Дата перегляду: Бер. 27, 2018.

Матеріал надійшов до редакції 03.04.2018 р.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ МЕТОДАМ И СРЕДСТВАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Яцишин Андрей Васильевич

доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник,
отдел гражданской защиты и инновационной деятельности
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
andic@ua.fm

Попов Александр Александрович

доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник,
отдел технологий защиты окружающей среды и радиационной безопасности
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-5065-3822
sasha.popov1982@gmail.com

Ковач Валерия Емельяновна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел радиогеохимии,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-1014-8979
valeriakovach@gmail.com

Артемчук Владимир Александрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник,
отдел моделирования энергетических процессов и систем
Институт проблем моделирования в энергетике им. Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-8819-4564
ak24avo@gmail.com

Аннотация. В статье обоснована важность проведения экологического мониторинга приземного слоя атмосферы с использованием специализированных программно-моделирующих систем. Описаны основные направления исследований в области экологического мониторинга приземного слоя атмосферы. Коротко описано информационно-программное обеспечение для задач мониторинга и контроля экологического состояния урбанизированных территорий (система AISEEM), которое было разработано авторами данной статьи. Обоснованы особенности проведения спецкурса «Методы и средства экологического мониторинга приземного слоя атмосферы» для обучения будущих специалистов в отрасли экологии и охраны окружающей природной среды с использованием специализированных программно-моделирующих систем. Определены задачи спецкурса и содержательные модули: «Нормативно-правовое обеспечение в отрасли экологии и охраны окружающей природной среды»; «Экологический мониторинг приземного слоя атмосферы»; «Методы и средства решения задач экологического мониторинга приземного слоя атмосферы»; «Информационные системы в отрасли экологии и охраны окружающей природной среды». Описаны основные результаты обучения спецкурса «Методы и средства экологического мониторинга приземного слоя атмосферы» с использованием специализированных программно-моделирующих систем для подготовки будущих специалистов в отрасли экологии и охраны окружающей среды. Предлагаемый спецкурс состоит из лекций и практических занятий, предусматривает проведение консультаций и самостоятельную внеаудиторную работу студентов. Рассматриваются преимущества применения современных компьютерных систем экологического мониторинга для задач управления качеством атмосферного воздуха. Использование будущими специалистами в области экологии и охраны окружающей природной среды специализированных программно-моделирующих систем позволит овладеть знаниями и практическими навыками для решения задач анализа, моделирования, прогнозирования и визуализации данных мониторинга состояния атмосферного воздуха.

Ключевые слова: будущие специалисты в отрасли экологии и охраны окружающей природной среды; спецкурс; программно-моделирующие системы; экологический мониторинг приземного слоя атмосферы.

THE METHODOLOGY OF FUTURE SPECIALISTS TEACHING IN ECOLOGY USING METHODS AND MEANS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE ATMOSPHERE'S SURFACE LAYER

Andrii V. Iatsyshyn

doctor of technical sciences, senior researcher,
Department of Civil Protection and Innovation
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
andic@ua.fm

Oleksandr O. Popov

doctor of technical sciences, senior researcher
Department of Environment Technology and Radiation Safety
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-5065-3822
sasha.popov1982@gmail.com

Valeriia O. Kovach

PhD of technical sciences, senior researcher,
Department of Radiogeochemistry
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1014-8979
valeriakovach@gmail.com

Volodymyr O. Artemchuk

PhD (technical sciences), senior researcher,
Department of Energetic Processes Modeling and Systems
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-8819-4564
ak24avo@gmail.com

Abstract. The article substantiates the importance of carrying out the environmental monitoring of the surface layer of the atmosphere using specialized software-modeling systems. The main directions of the research in the field of environmental monitoring of the surface layer of the atmosphere are described. The article contains brief description of informational software for monitoring and environmental control of urbanized territories using AISEEM system which has been developed by the authors of the article. Peculiarities of the special course “Means and methods of environmental monitoring of ground atmosphere layer” for training of future specialists in the sphere of environmental protection by software modeling systems are grounded. It has been described tasks and modules of the special course: «Normative and legislative support in the sphere of environmental protection and ecology»; «Environmental monitoring of ground atmosphere level»; «Means and methods of tasks solution of environmental monitoring of ground atmosphere level»; «Informational systems in the sphere of ecology and environmental protection». The authors have presented the main results of training future specialists in the sphere of ecology and environmental protection on the course «Means and methods of environmental monitoring of ground atmosphere layer» using specialized modeling software systems. The offered course consists of lectures and practical classes, provides consultations and independent extra-curriculum work for students. The advantages of using modern computerized environmental monitoring systems for the control of the quality of atmospheric air are considered. The use of specialized software-modeling systems by the future specialists in the field of ecology and environmental protection will enable to acquire knowledge and practical skills for solving problems of analysis, modeling, forecasting and visualization of monitoring data of atmospheric air.

Keywords: future specialists in the sphere of ecology and environmental protection; special course; modeling software system; environmental monitoring of ground atmosphere level.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- 1 A.V. Iatsyshyn "Comprehensive assessment and management of environmental safety in air pollution" dissertation for a Doctor's degree in Technical Sciences, SI «Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine», Kyiv, 2013 (in Ukrainian).
- 2 O.I. Troyans'kyy, and O.A. Dashkovs'kyy, *Air quality monitoring*. Zhytomyr, Ukraine: Volyn', 2004 (in Ukrainian).
- 3 V.M. Boholyubov and al., *Environmental monitoring: a textbook*. Vinnitsa, Ukraine: VNTU, 2010 (in Ukrainian).
- 4 H.V. Lysychenko, H.A. Khmil', ta S.V. Barbashev, *Methodology for Assessing Environmental Risks*. Odessa, Ukraine: Astroprint, 2011 (in Ukrainian).
- 5 *Educational and scientific program "Ecological safety", 101 "Ecology"*, Odessa, Ukraine: ODEKU, 2017 (in Ukrainian).
- 6 *Educational and scientific program "Environmental protection", 101 "Ecology"*, Odessa, Ukraine: ODEKU, 2016 (in Ukrainian).
- 7 A.V. Iatsyshyn, O.O. Popov, and V.O. Artemchuk, "Computer means for forecasting technogenic loads on the atmosphere ", *Edition of Eastern-European journal of enterprise technologies*, Issue 41, № 5/2, p. 33-36, 2009 (in Ukrainian).
- 8 A.V. Iatsyshyn, O.O. Popov, and V.O. Artemchuk, "The use of information technologies in the tasks of environmental safety management", *Proceedings of the Odessa Polytechnic University*, Issue 2(36), p. 39-41, 2013 (in Ukrainian).
- 9 I.P. Kameneva, A.V. Iatsyshyn, D.A. Polyshko, A.A. Popov, and T.V. Bakhurets', "GIS-technologies for the construction of ecological maps of statistical surfaces", *Collection of scientific Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine*, Issue 49, p. 81-88, 2008 (in Russian).
- 10 I.P. Kameneva, A.V. Iatsyshyn, and A.A. Popov, "Mathematical-cartographic modeling of technogenic loads on the atmosphere", *Simulation and informational technologies*, Issue 51, p. 58-64, 2009 (in Ukrainian).
- 11 O.O. Popov, and A.V. Iatsyshyn, "Information Systems for the Solving of Complex Radioecological Monitoring of Nuclear Power Plant", *Simulation and informational technologies*, Issue 72, p. 3-16, 2014 (in Ukrainian).
- 12 A.V. Iatsyshyn, I.P. Kameneva, V.A. Artemchuk, and A.A. Popov "Methods and technologies for risk analysis for health based on monitoring data", *IV International scientific conference "MODELING-2012"*, Kyiv, 2012, p. 470-473 (in Russian).
- 13 V.O. Artemchuk and al., *Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects*. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format», 2017 (in Ukrainian).
- 14 T.A. Safranov, D.V. Lukashov, Z.M. Shelest, O.H. Vladymyrova, and A.V. Chuhay, "Professional orientation of teaching higher mathematics students of environmental specialties", *Visnyk KHNU imeni V.N. Karazina. Ecology*, Issue 16, p. 141-149, 2017 (in Ukrainian).
- 15 O.S. Hreb'onkina, " Professional orientation of teaching higher mathematics students of environmental specialties", *Pedagogical education: theory and practice*, Issue 15, p. 171-176, 2013 (in Ukrainian).
- 16 S.D. Rudyshyn, "Concept of professional training of an ecologist in the high school of Ukraine", *Creative pedagogy*, № 4, p. 101-104, 2011 (in Ukrainian).
- 17 O.S. Zablots'ka, *Formation of Subjects Competence in Chemistry from Environmental Sciences Students*. Zhytomyr, Ukraine: ZHNAEU, 2011 (in Ukrainian).
- 18 N.O. Horbunova, "Use of special courses of chemical direction for the formation of the chemical component of the professional competence of future environmentalists". [online]. Available: <http://eprints.zu.edu.ua/21869/1/horbunova.pdf>. Accessed on: March, 28, 2018 (in Ukrainian).
- 19 S.D. Rudyshyn, *Biological Preparation of Future Ecologists: Theory and Practice*. Vinnitsa, Ukraine: Tempus, 2009 (in Ukrainian).
- 20 O.V. Kofanova, "Improvement of the Professional Training of Future Environmental Engineers in a Competency Approach", *Scientific Bulletin of Uzhgorod National University. Pedagogy. Social work*, Issue 31, p. 81-84, 2014 (in Ukrainian).
- 21 V.S. Morkun, S.O. Semerikov, and S.M. Hryshchenko, "Content and teaching technology of course "Ecological Geoinformatics" in training of future mining engineers", *Journal of Information Technologies in Education*, Issue 57, № 1, s. 115-125, 2017. [online]. Available: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1549/1139>. Accessed on: March, 27, 2018 (in Ukrainian).

