

УДК 504. 064.2 (477. 86)

Міщенко Л.В.

Геоінформаційна система екологічного аудиту та екологічного моніторингу на території м. Івано-Франківська

Актуальність теми. Екологічний аудит – новий напрямок в екологічній науці (Шевчук та ін., 2000; Міщенко, 2003) та природоохоронній галузі, нова навчальна дисципліна у вищих закладах освіти для підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів з екології та охорони навколишнього середовища. Екологічний аудит проводять по відношенню до територій держави, регіону, адміністративних областей і районів, населених пунктів (міст і сіл) або до народногосподарських об'єктів – промвузлів, заводів, фабрик і інших об'єктів промисловості, транспорту, енергетики, хімії, гірництва, зв'язку і т.д. Раніше ми розробили методiku екологічного аудиту територій на прикладі Снятинського району Івано-Франківської області (Адаменко, Міщенко, 2000), а при виконанні даного проекту – на прикладі міста Івано-Франківська.

Мета дослідження. Екологічний аудит – це визначення сучасного екологічного стану усіх компонентів навколишнього середовища (літосфери та мінерально-сировинних ресурсів; геофізичних полів Землі і Космосу та їх впливу на довкілля і здоров'я людей; геоморфосфери (рельєфу) та небезпечних ендо- та екзогеодинамічних процесів, руйнуючих літосферу і перетворюючих рельєф; поверхневої та підземної гідросфери і водних ресурсів; атмосфери і кліматичних ресурсів; фіто- та зоосфер і біологічних ресурсів; демосфери та стану здоров'я населення у зв'язку з екологічними чинниками; техносфери та її впливу на всі попередні компоненти природних екосистем). Кінцевою метою екологічного аудиту є визначення відповідності сучасної екологічної ситуації екологічним стандартам, які б забезпечували оптимальний стан довкілля та безпеку життєдіяльності людини.

Екологічний аудит міста виконаний на прикладі Івано-Франківська і його результатом є комп'ютерна система кореляції захворюваності населення міських територій від екологічних чинників, яка включає: 1) бази даних різних рівнів захворюваності населення у різних мікрорайонах міста по 28 хворобах згідно

діючої міжнародної класифікації хвороб (МКХ); 2) бази даних з хімічного забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами; 3) комп'ютерні карти екологічного стану геологічного середовища, геофізичних полів, геоморфосфери, ландшафтів; 4) електронні карти хімічного забруднення 12 компонентами ґрунтів, гідросфери, атмосфери і фітосфери; 5) карти екологічного стану техносфери міста. Комп'ютерний кореляційний аналіз баз даних захворюваності кожної із груп хвороб МКХ разом з комп'ютерними (електронними) картами екологічного стану кожного із компонентів довкілля міської території дозволив визначити пряму кореляційну залежність між різними захворюваннями і ступенем трансформації довкілля.

Результати дослідження. Для рішення поставлених задач був обраний полігон на території, яка повністю включає місто Івано-Франківськ в адміністративних кордонах разом з прилеглими землями сільськогосподарського використання. На площі біля 100 км² була розбита мережа із 178 точок спостережень, які більш-менш рівномірно охоплюють весь полігон. Робочий масштаб польових досліджень 1 : 10 000. Географічні координати і абсолютні висоти (альтитуди) точок спостережень визначені з допомогою ГІС MAP INFO з топографічної карти масштабу 1 : 10 000.

Маршрути проводились для картування деградаційних явищ міських ландшафтів на основі візуальних спостережень, для складання карт забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря та порушень геологічного середовища. Під час маршрутів, крім польового картування окремих компонентів урбоєкосистеми, відбирались проби (зразки) ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності. Всього було відібрано 178 проб ґрунтів, 41 проба поверхневих і 75 проб ґрунтових вод, 153 проби атмосферного повітря і 105 проб рослинності. Всі проби були проаналізовані різними методами: рентгенофлюоресцентним на приладі НАТ - аналізаторі токсичних елементів у Івано-Франківській обласній санітарно-епідеміологічній станції, на плазмокванті Івано-Франківської державної медичної академії, на атомно-адсорбційному спектрофотометрі Сумського машинобудівного об'єднання в лабораторії Державного управління екології та природних ресурсів в Івано-Франківській області і на такому ж прикладі фірми Zeis та на хроматографах ЛХМ-80 і ЛХМ-8 МД в лабораторіях екології атмосфери та газової хроматографії Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Контрольні дослідження вмісту деяких хімічних елементів в рослинності виконувались методом плазмової спектроскопії на атомно-емісійному спектрометрі IGAR-9000 фірми «Термо-Дженерал-АМ» (США) в Російському науково-дослідному інституті охорони природи та заповідної справи.

Результати аналітичних досліджень відібраних проб зведені в базах даних, які можна обробляти методами комп'ютерних технологій на ПЕОМ. Бази даних, що характеризують екологічний стан кожного окремого компонента навколишнього середовища, були введені в персональний комп'ютер Intel Pentium IV за допомогою програмного забезпечення геоінформаційної системи (ГІС) MAP INFO на кафедрі екології ІФНТУНГ. Користуючись програмним забезпеченням SURFER, були складені електронні карти забруднення тими чи іншими хімічними інгредієнтами кожного компоненту довкілля. В результаті були виготовлені

комп'ютерні (електронні) еколого-техногеохімічні карти ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря і рослинності.

Аналіз таких карт виконано відповідно до розробленої О.М. Адаменко КСЕБ – комп'ютерної інформаційно-аналітичної та прогнозно-керуючої системи екологічного моніторингу, екологічної безпеки, моделювання, прогнозу та попередження екологічних криз та надзвичайних ситуацій. Ця система дозволяє моделювати на комп'ютері екологічний стан усіх десятих компонентів природно-антропогенних геоекосистем, прогнозувати їхні зміни природним шляхом та під впливом техногенного навантаження. Залежно від запланованого сценарію розвитку взаємодії між природою, господарством і суспільством задаються необхідні екологічні обмеження господарської діяльності на території, в галузі або на підприємстві. Система є новою інформаційною технологією, що дозволяє здійснювати керований контроль та автоматизоване управління екологічною безпекою території держави, регіону, галузі, області, району, міста, підприємства. КСЕБ включає 8 ієрархічних рівнів (біосфера Землі, континент, регіон, держава, область, район, населений пункт, підприємство), для кожного із яких створюються бази даних екологічної інформації з усіх 10 компонентів геоекосистеми (літосфера, геофізичні поля, рельєф, гідро-, атмо-, педо-, фіто-, зоо-, демо- і техносфери). Сучасний екологічний стан будь-якої території або геоекосистеми того чи іншого ієрархічного рівня визначається згідно алгоритму, як функція екологічних станів усіх цих компонентів (8 ієрхічних рівнів з 10 компонентів екосистеми на кількість змінних параметрів кожного компоненту, а їх може бути до 100). Таким чином, запропонований нами алгоритм включає кілька тисяч змінних екологічних параметрів. Вони мають різну динаміку: геологічне середовище змінюється досить повільно, тоді як атмосфера багато разів на добу. Тільки маючи певні дані по всіх показниках КСЕБ можна бути впевненим, що екологічна ситуація тримається під контролем.

Техносфера м. Івано-Франківська впливає як на урбоекосистему так і на здоров'я населення. 80 діючих підприємств створюють антропогенне (техногенне) навантаження на ґрунти, водні ресурси, атмосферне повітря та інші компоненти урбоекосистеми. Площа міської території 3648га забудована на 75%. Населення – 252,6 тис. чол. Житловий фонд 2,9 млн.м². Середньодобова потужність водопроводу – 108,8 тис.м³, каналізацій – 250,0 тис. м³, очисних споруд – 145,0 тис. м³. За останні 10 років спостерігалось значне щорічне зменшення споживання води і в 2004р. цей показник склав 30,7 млн. м³. Обсяги забруднення водних об'єктів також зменшувались. Так у 2004 р. у поверхневі водотоки скинуто 53,9млн.м³ стічних вод, а це 28,69 тис. т різноманітних забруднюючих речовин, в тому числі хлориди, сульфати, азот амонійний та ін. В ріках Бистриця Надвірнянська та Бистриця Солотвинська спостерігається перевищення ГДК деяких речовин. В 2004р. в атмосферне повітря м. Івано-Франківська стаціонарними джерелами 80 підприємств та пересувними засобами (біля 40 тис. автомобілів) було викинуто 15,9 тис. т шкідливих речовин, що на 11,5% більше, ніж у 2003р. 85% забруднень повітря у місті надходить від пересувних джерел. Перевищення ГДК характерно для центральних вулиць міста і основних автомагістралей. Отже промисловим і автотранспортним підприємствам є над чим працювати, щоб зробити міське повітря більш сприятливим для життєдіяльності населення.

Медико-екологічні дослідження 2004 року були проведені під керівництвом Є.М. Нейка і Н.І. Кольцової (Івано-Франківська державна медична

академія) і виявили на території міста 12 окремих мікрорайонів (екологічних дільниць – ЕД) з різними рівнями захворювань. Порівняно із 1991 роком, показники характеризуються меншою варіабельністю: від $687,5 \pm 9,9$ до $853,0 \pm 8,0$ на 1000 населення. Загалом же рівень поширеності захворювань у 2004 році значно збільшився. Порівняно з 1991 роком, темп росту цих показників у 2004 році склав 168,2% на кожен ЕД, що забезпечило 4,8% щорічного приросту на одну ЕД. Найбільші показники загальної захворюваності реєструвались у мешканців територій, які належать до ЕД № 2 (кінець вул. Коновальця, виїзд на с. Цуцилів та навколишні вулиці – $853,0 \pm 8,0$ ‰), ЕД № 11 (вулиці Хриплинська, Микитинецька, Нова тощо – $837,1 \pm 8,9$ ‰), ЕД № 5 (мікрорайон “Позитрон” – $813,5 \pm 7,1$ ‰), ЕД № (мікрорайон “Пасічна” – $813,1 \pm 7,1$ ‰), ЕД № 9 (старий центр міста – вул. Івана Франка, район залізничного вокзалу – $812,1 \pm 7,15$ ‰). Найменші рівні поширеності захворювань (але у 2,5 – 2,8 рази більше, ніж у 1991 році) відмічаються на ЕД № 10 ($687,5 \pm 9,9$ ‰ – вулиці Київська, Товарна, кінцева частина вул. С.Бандери тощо) та № 3 ($693,9 \pm 9,9$ ‰ – район с. Крихівці, вул. Об’їзна та ін.). Негативні зміни ситуації полягають у тому, що на фоні загального збільшення показників відмічається формування нових ЕД, значущих з точки зору захворюваності. Зокрема, виявляються такі території, які потребують підвищеної уваги медичних працівників, фахівців з екології: мікрорайон «Позитрон», територія Хриплинського комплексу і аеропорту, при збереженні значущості колишніх домінуючих зон (старий центр міста, мікрорайон Пасічна). Відбувається інтенсивний приріст поширеності захворювань – екологічних маркерів: крові і кровотворних органів, зокрема анемії (у 11 – 20 разів), хронічного бронхіту (у 1,5-8 разів), бронхіальної астми (у 2,5-5 разів) та хвороб органів травлення (у 1,4-2,8 разів). У місті відмічаються чотири ЕД з великим рівнем вперше зареєстрованих на 1000 населення онкологічних захворювань: ЕД № 8 – 6,59, № 6 – 6,31, № 9 – 6,06, № 4 – 5,11 (старий центр міста, мікрорайон Пасічної).

Несприятливі тенденції у захворюваності населення міста формуються під комплексним впливом чинників навколишнього середовища. Однак, зниження якості життя на тлі недостатнього рівня імунного захисту організму, який має місце практично для всього населення України після Чорнобильської катастрофи, домінуючий розвиток у минулому в м. Івано-Франківську хімічної промисловості, ще більше поглиблюють сприйняття екологічних чинників, приводять до реструктуризації чинників середовища в бік посилення кумулятивного негативного ефекту, що відображається на первинній захворюваності та причинах смерті.

Потреба у підвищенні ефективності заходів протидії негативному впливу антропогенних та інших чинників довкілля вимагає об’єднання різноманітних діючих програм з цього питання у єдину систему управління з приєднанням, згідно рекомендацій ВООЗ, до програми “Здорові міста” і управлінням за рахунок місцевих владних структур. Необхідно створити у м. Івано-Франківську систему моніторингу показників здоров’я населення.

Для визначення сучасної екологічної ситуації на території міста Івано-Франківська була складена електронна карта у масштабі 1:10 000 з використанням ГІС-технологій. Характерною рисою більшості сучасних міст, в тому числі і Івано-Франківська, є перетворення первинних природних ландшафтів у нові природно-техногенні геоекосистеми та досить істотна зміна екологічного стану основних компонентів урбоєкосистеми. На екологічній карті відображені просторові особливості змін геологічного середовища, геофізичних полів,

рельєфу, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря, ґрунтового і рослинного покривів, стану здоров'я населення та об'єктів техносфери, яка істотно впливає на всі попередні складові міського середовища. Карта дозволила оцінити – на скільки змінені первинні ландшафти, як далеко зайшов процес урбанізації, які кількісні і якісні зміни відбулись у всіх компонентах довкілля і як ці трансформації вплинули на людину. Екологічна карта міста розроблялась у три етапи: 1) польові експедиційні дослідження міської території з відбором проб ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, атмосферного повітря та рослинності, а також вимірюванням геофізичних полів; 2) аналітичні (лабораторні) дослідження вмісту забруднюючих речовин в компонентах довкілля; 3) комп'ютерна обробка результатів аналізів, складання баз даних, побудова електронних еколого-техногеохімічних карт, їх синтезація і отримання карт сумарного забруднення та картографічні роботи в ГІС MAP INFO з побудовою Екологічної карти м. Івано-Франківська в масштабі 1:10 000. Контури різного ступеню трансформованості міського середовища під впливом техногенного навантаження виділені на ландшафтній основі шляхом інтеграції показників екологічного стану кожного компоненту урбоєкосистеми за рівнем його забруднення або порушеності. Якісно вони змінюються від сприятливого через задовільний, напружений до складного стану. Змін більшого ступеня (незадовільного, передкризового, критичного і катастрофічного), які є, наприклад у містах Придніпровсько-Донецького регіону, у місті Івано-Франківську поки що не виявлено. Контури екологічних зон показані на карті різним кольором. По суті Екологічна карта м. Івано-Франківська є сумою екологічних станів окремих компонентів. Така сумація виконувалась з допомогою комп'ютерних програм як по спільних контурах забруднення, так і по сумарному коефіцієнту забруднення. При районуванні міста на зони екологічного стану перевага віддавалась показникам з найвищими рівнями забруднення. Просторово вони співпали з медико-екологічними зонами міста, що свідчить про прямий зв'язок території різного рівня захворюваності з відповідними рівнями забрудненості і трансформованості урбоєкосистеми. В результаті було встановлено, що екологічний стан урбоєкосистеми м. Івано-Франківська залежить від трансформованості всіх її компонентів.

Бальна оцінка екологічного стану компонентів міського середовища хоча і є досить умовною, але все ж таки відображає відносні якості трансформованості кожного показника. Спираючись на них, ми виконали прогноз можливих змін компонентів урбоєкосистеми у залежності від різних сценаріїв соціально-економічного розвитку міста. Ми прийняли варіант розвитку, коли техногенне навантаження буде підсилюватись, тобто буде зберігатись та тенденція, яка зараз складалась у розвитку міської інфраструктури. Це дає можливість міській владі розробити відповідні стабілізаційні заходи. Із аналізу карти загальної захворюваності населення м. Івано-Франківська і залежності захворювань від екологічного стану довкілля витікає дуже важливий висновок: на прикладі 12 мікрорайонів (екологічних діляниць) міста доказаний прямий зв'язок між рівнями захворюваності і екологічним станом. При цьому і в 1991 р. і у 2004р. характер кривих коливань захворюваності від одної екологічної діляниці до іншої зберігається, вони подібні одна до одної, піки і депресії повторюються. Відмінним є те, що в 2004 р. рівні захворюваності значно зросли по відношенню до аналогічних показників 1991 р. і розбіжність між піками і депресіями зменшилась. Це може свідчити про те, що ті залежності між рівнями захворюваності і

екологічним станом відповідних ділянок, які склались на 1991 рік, зберігаються і в 2004 р., що ще раз підтверджує наш висновок про прямий тісний зв'язок між станом здоров'я населення і станом довкілля.

Висновки. Виконаний нами проект як і сама ідея є інноваційними тому, що запропонована авторами КСЕБ є новим інформаційним продуктом, по суті справи – це нова інформаційна технологія (НОУ-ХАУ), яка не має собі аналогів ні в Україні, ні за кордоном. Результатом виконання проекту є інформаційно-аналітична і прогнозно-керуюча комп'ютерна система кореляційної залежності рівнів захворюваності міського населення від екологічних чинників, яка дозволяє прогнозувати розвиток захворюваності у залежності від різних сценаріїв соціально-економічного розвитку міста (тобто від різного ступеня техногенного навантаження на урбоєкосистеми, в тому числі і на кожний компонент довкілля, а головне – на стан здоров'я населення). Користуючись розробленими кореляційними залежностями, можна задавати необхідний для безпеки життєдіяльності режим роботи підприємств-забруднювачів, так щоб вони не наносили шкоди довкіллю і людині. Таку систему можна використовувати не тільки для покращення ситуації в місті Івано-Франківську, а й у будь-якому іншому місті в Україні, або за її межами. Ми пропонуємо розроблений нами продукт міським адміністраціям, меріям або екологічним службам інших міських територій. А це означає, що запропонована КСЕБ життєздатна не тільки в даний час, а й на майбутнє, тому що її втілення не обмежується тільки одним об'єктом – містом Івано-Франківськом, на прикладі якого вона розроблена. Комп'ютерна система кореляційної залежності захворюваності населення від того чи іншого екологічного чинника буде основою екологічної безпеки життєдіяльності населення будь-якого іншого міста, чи іншої адміністративно-територіальної одиниці (адміністративних району чи області в Україні, повіту, воєводства, землі чи штату в інших країнах). КСЕБ можна тиражувати, змінюючи тільки наповнення баз і банку даних медичної та екологічної інформації і зміст електронних еколого-техногеохімічних карт. Сам принцип побудови карт, структури баз і банків даних будуть ефективними на будь-яких об'єктах. І тому розроблену нами КСЕБ можна довгі роки розповсюджувати на будь-які територіально-адміністративні одиниці або промислові об'єкти.

Розроблена нами методика екологічного аудиту міста на базі КСЕБ – комп'ютерної інформаційно-аналітичної та прогнозно-керуючої системи екологічного моніторингу, екологічної безпеки, прогнозу та попередження надзвичайних ситуацій – не претендує на універсальність, а є лише черговим прикладом нашого підходу до комплексних досліджень екологічного стану території. Наступним етапом буде розробка методики екологічного аудиту для народногосподарських об'єктів.

1. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. Екологічний аудит. К.: Вища школа, 2000. – 244 с. 2. Міщенко Л.В. Геоекологічний аудит впливу техногенного забруднення на довкілля (на прикладі регіону Покуття). Автореф. дис. ... канд. географ. наук. – Чернівці, 2003. – 21 с. 3. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 342 с.

The ecological audit of the country is executed on the example of Ivano-Frankivsk region. The computer system of morbidity correlation of the regional population from ecological factors on the given territories is the result of the ecological audit.