

ДО 100-РІЧЧЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

УДК 504, 528

О.М. ТРОФИМЧУК, М.Л. МИРОНЦОВ

СУЧАСНІ ДИСЕРТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСТИТУТУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ: ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

***Анотація.** Наведено основні теоретичні і практичні результати, що увійшли в дисертаційні дослідження, які були успішно захищені працівниками (або під їх науковим керівництвом) Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. Матеріал подано у вигляді анотаційного узагальнення основних наукових друкованих праць у періодичних міжнародних та вітчизняних фахових виданнях, монографіях, матеріалах наукових конференцій та авторських свідоцтв.*

***Ключові слова:** інформаційні технології.*

Вступ

Це остання з трьох статей, мета яких – відмітити історичну дату – сторіччя Національної академії наук [1], згадавши найбільш важливі результати, що увійшли до дисертаційних досліджень, які були успішно захищені безпосередньо співробітниками Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (ІТГП НАНУ) або були захищені під їх науковим керівництвом з моменту створення Спеціалізованої Вченої Ради Д 26.255.01 (при ІТГП НАНУ).

Метою першої статті [2] було викладення основних результатів за спеціальностями «01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи» (три докторські та шість кандидатських робіт) і «05.23.02 – основи і фундаменти» (одна докторська робота), метою другої [3] – викладення результатів досліджень за спеціальністю «05.13.06 – інформаційні технології» (три докторські та сім кандидатських робіт). Цю статтю присвячено висвітленню результатів за спеціальністю «21.06.01 – екологічна безпека».

Зазначимо, що майже всі наведені нижче результати доповідались на щорічних конференціях «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» [4–8], головним організатором яких є ІТГП НАНУ.

1. Основні результати

Розроблення системи екологічного моніторингу природно-заповідного фонду Західного Полісся (2013 р., на здобуття наукового ступеня д.т.н.; науковий консультант чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук).

Робота **В.І. Мокрого** [9] присвячена розробленню теоретичних основ створення системи екологічного моніторингу природно-заповідного фонду Західного Полісся та підвищенню інформативності даних для забезпечення управління екологічною безпекою природних і антропогенізованих екосистем на основі комплексного підходу до сучасних інформаційно-аналітичних технологій та інструментальних засобів.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [10–16]:

1. Вперше синтезовано тематичні еколого-картографічні моделі Шацького національного природного парку (НПП), використовуючи профільно-діаграмні характеристики космознімків та топографічні карти. На відміну від існуючих конструктивно-географічних методів, даний підхід забезпечує оперативну класифікацію ступенів гомогенності природних та антропогенно змінених екосистем Західного Полісся. Тематичне застосування ДЗЗ/ГІС-технологій забезпечує кількісне і якісне оцінювання змін морфометричних параметрів лісових і водних екосистем Шацького поозер'я завдяки синтезу даних космічного моніторингу та карт лісонасаджень. На відміну від існуючих методів лісовпорядкування, даний підхід дозволяє уніфікувати використовувані методи для фіксації постмеліоративних, сільватизаційних, рекреаційно-дигресійних та резерватогенних явищ і ефектів, властивих Західнополіським екосистемам, одержувати швидкі способи доступу до просторових даних і економити інформаційні ресурси.

2. Вперше розроблено методологію застосування ДЗЗ/ГІС-технологій оцінок рекреаційного навантаження на акваторію озерних екосистем Шацького НПП шляхом ідентифікації площ рекреаційно-порушеного дна водойм. На відміну від існуючої описової реєстрації рекреаційних навантажень, даний підхід забезпечує об'єктивність первинної, аналітичної і прогностичної екомоніторингової інформації та узгодженість нормативного, організаційного й методичного забезпечення аналізу рекреаційного потенціалу лімносистем.

3. Вперше одержано математичні моделі кінетики флуоресценції хлорофілу рослин Шацького НПП за кореляцією вимірних флуоресцентних параметрів з біофізичними механізмами фотосинтезу як інтегрального параметра стану навколишнього середовища. На відміну від інших біоіндикаційних методів і моделей, запропонований підхід забезпечує розроблення узагальненої динамічної математичної моделі, що відображає різні електрон-конформаційні стани, які відрізняються взаємним розташуванням донорних і акцепторних компонентів та відповідно реакційною здатністю потенційної активності фотосинтетичного апарату. Він дає змогу розв'язати задачу ранньої діагностики якості довкілля, використовуючи диференційну резистентність рослин до забруднень, і одержувати швидкі способи доступу до просторово-часових даних впливу природно-антропогенних факторів на розрахований індекс життєвості рослин та економити інформаційно-технологічні ресурси.

4. Вперше одержано математичні моделі фазових переходів суцесійних процесів лісових угруповань Західного Полісся, що описують зміни листяного насадження на хвойне використанням феноменології екологічних фазових переходів. На відміну від класичних лісотаксаційних методів, пропонується підхід визначення імовірнісних меж зміни видового складу лісомеліорованих екосистем, в умовах обмеженої апріорної інформації про критичні значення фітомаси насадження, дає змогу встановити взаємозв'язок між поточним станом об'єкта і прогнозованими суцесіями та сформувати простір параметрів управління, які визначають тренд змін кількісних і якісних характеристик лісотвірних процесів на територіях Західнополіського регіону.

5. Удосконалено комплексну методологію ідентифікації мульти-спектральних космознімків природних і антропогенних об'єктів ландшафту Шацького НПП шляхом профільно-діаграмного аналізу. На відміну від інших дешифрувальних методів, даний підхід дозволяє виконати тематичну класифікацію результатів дистанційного зондування в умовах обміну даними наземних звірок та незалежними ознаками об'єктів. Використовувані методологічні принципи полігонно-калібрувальних робіт базуються на інтегруванні інформації польового рекогносцирування лісорослинних умов, з фотобіологічними характеристиками рослин для екологічної інтерпретації даних космічного моніторингу. Виміряні інтегральні оптико-спектральні параметри рослин є інформаційноємними індикаторами стану довкілля, оскільки флуоресцентне експрес-тестування має високу чутливість і роздільну здатність, що забезпечує сумісність технічного, інформаційного і програмного забезпечення складових частин комплексного моніторингу лісових екосистем.

6. Отримали подальший розвиток моделі, програмні засоби та інформаційні технології моніторингу поглинання вуглецю, які ґрунтуються на розподіленому оцінюванні поглинання парникових газів. На відміну від інших методів інвентаризації вуглецевого балансу, при визначенні стоку вуглецю територіальної одиниці (Шацького НПП) враховано її особливості, з подальшим узагальненням даних для лісових екосистем Західного Полісся, що дає можливість побудови кадастрів вуглецевого балансу.

7. Отримали подальший розвиток алгоритми адаптації математичних моделей флуоресцентних параметрів рослин Шацького НПП з геоінформаційними системами для просторового аналізу процесів стоку й емісії вуглецю в екосистемах Західного Полісся за рахунок автоматизованого експрес-флуоресцентного нормування фрагментів екосистем із їхньою координатною прив'язкою, а також алгоритми обчислення оцінок і вирішальних правил, що максимально відповідають закономірностям біоіндикації. На відміну від існуючих інерційних і технологічно ємних методів радіоізотопних міток та інфрачервоного газоаналізу, даний підхід дозволяє істотно підвищити точність і швидкодію алгоритмів визначення просторово-часових змін киснево-вуглецевого балансу в реальному часі, мінімізувати похибки вимірювань, усунути суб'єктивізм людського фактора та економити інформаційно-технологічні ресурси.

Екологічна безпека техноприродних геосистем регіону (на прикладі Тернопільської області); (2016 р., на здобуття наукового ступеня д.т.н.; науковий консультант чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук).

Робота **В.М. Триснюка** [17] присвячена вдосконаленню наукових основ забезпечення екологічної безпеки техноприродних геосистем у межах регіональних територій та створення нових методів та засобів, спрямованих на покращення здоров'я населення.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [4, с. 108-118; 5, с. 44-54; 6, с. 71-76; 7, с. 18-25; 18-25]:

1. Запропоновано систему оперативного і стратегічного управління техноприродних екосистем, яка за рахунок розширення функціональних можливостей екологічного моніторингу та науково обґрунтованої оцінки стану екосистем дозволяє прогнозувати вплив природних та антропогенних факторів на екосистемну динаміку та еколого-економічну базу для попередження і відвернення загроз та забезпечення екологічної безпеки природних комплексів Тернопільської області. Теоретично обґрунтовані техноприродні геосистеми та здійснена їх математична формалізація.

2. Розроблено методологію оцінювання рівня екологічної безпеки техноприродних систем регіону від забруднень навколишнього середовища мікроелементами на основі ДЗЗ/ГІС-технологій, цифрового моделювання урбанізованих територій методами параметричної оптимізації та статистичної екстраполяції моніторингу екосистем. Її використання при тематичному дешифруванні й спільному аналізі великої кількості різночасових даних ДЗЗ з різним просторовим розрізненням дозволяє економити інформаційні ресурси (за рахунок зменшення обсягу оброблюваних даних (економія часових ресурсів досягає 53%, а витрати оперативної пам'яті зменшуються у 8 разів).

3. Розроблено методологію синтезу тематичних еколого-картографічних моделей екосистем, яка підвищує ефективність адаптації алгоритмів аналізу зображень до специфіки прикладних завдань моніторингу природно-антропогенних комплексів та своєчасно забезпечує інформаційну підтримку управлінських рішень.

4. Використовуючи системний аналіз функціонування комп'ютерної системи екологічної безпеки, розроблено методи і моделі ідентифікації техногенезу ґрунтів, на основі обробки й аналізу дистанційних і лабораторно-польових вимірювань, запропоновано карту забруднення екологічного стану ґрунтів Тернопільської області та інструментів управління екологічною безпекою природоохоронних об'єктів.

5. Досліджена спеціалізація забруднення регіону та охарактеризовані медико-екологічні параметри забруднення території, як вагомого чинника здоров'я населення. Встановлено статистичну залежність між концентраціями мікроелементів у ґрунтах, водних ресурсах і захворюваністю та смертністю населення, знайдено функціональні залежності, що адекватно моделюють ці зв'язки на основі створеної математичної моделі. Створено інформаційну аналітичну комп'ютерну систему для екологічних служб і комплексну галузеву методіку «Прогнозування показників екологічної безпеки за результатами моніторингу ґрунтів», які впроваджено в департаменті екології та природних ресурсів Тернопільської області.

6. Проведений методико-екологічний аналіз показав, що рівень захворюваності і смертності населення в значній мірі залежить від ландшафтно-геохімічних особливостей території (вмісту макро- і мікроелементів, лужно-кислотних і окисно-відновних умов, ступеня техногенного забруднення і самоочищення, вмісту мінеральних елементів у

харчових продуктах та ін.). Розроблено комп'ютерну програму EcoForecast, що дозволяє прогнозувати зміни здоров'я населення в залежності від концентрацій хімічних елементів територій проживання. Результати аналізу реальних даних забруднення території і захворюваності людей за розробленою методологією показали збіг 90%. Порівняльний аналіз методів прогнозування змін забруднення показав, що точність прогнозу за розробленими методами від 6 до 8% в залежності від концентрації забруднень.

7. Створено фактографічні та картографічні моделі техногенного та антропогенного навантаження на локальну лімнологічну систему з одночасним поєднанням контактних і дистанційних методів, проведено батиметричну зйомку та картографування глибин і рельєфу дна водойм.

8. Розроблено карту сучасної екологічної ситуації Тернопільської області на основі тематичної еколого-картографічної моделі, використовуючи профільно-діаграмні характеристики космознімків та топографічні карти, а також розрахунково-графічні методи визначення вмістів хімічних речовин у компонентах довкілля.

9. Встановлено загальні принципи техніко-технологічного управління екологічною безпекою в умовах техногенного забруднення; розроблено систему управління технічною безпекою в умовах техногенного забруднення; розроблено систему технічних рішень щодо досягнення прийняттого рівня екобезпеки, яка враховує профілізацію регіонів та позиційність джерел небезпеки. Запропоновано методичний підхід щодо оцінки стану екологічної безпеки в умовах інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

10. Науково обґрунтовано алгоритм прийняття рішення на основі комплексного поєднання польових методів спостереження, методів математичного моделювання і методів ДЗЗ з активним використанням технологій ГІС, які рекомендується застосовувати не тільки для окремих техногенно-небезпечних об'єктів, а й для адміністративно-територіальних та фізико-географічних одиниць.

Оцінка якості поверхневих вод методами сучасних геоінформаційних технологій (на прикладі р. Сіверський Донець); (2011 р., на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук).

Робота Є.С. Анпілової [26] присвячена розробці і реалізації методів та засобів, спрямованих на вирішення задач оцінки якості поверхневих вод та удосконалення їх моніторингу.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [27–31]:

1. Створено новий метод оцінки якості поверхневих вод, який відрізняється від існуючих використанням геостатистичних методів інтерполяції даних моніторингу та удосконаленим методом обробки даних про якість по класах та категоріях, що дозволяє покращити ведення екологічного моніторингу поверхневих вод.

2. Виявлено закономірності зміни якості поверхневих вод по всьому басейну р. Сіверський Донець, зокрема, визначено місця підвищеної концентрації речовин, які впливають на екологічний стан басейну річки.

3. Дістали подальшого розвитку картографічні моделі антропогенного навантаження та якості поверхневих вод (на прикладі басейну р. Сіверський Донець).

Оцінка екологічного стану природно-заповідних територій засобами геоінформаційних технологій (2017 р., на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник **чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук**).

Робота **С.А. Загородньої** [32] присвячена оцінці екологічного стану та аналізу впливу антропогенних чинників на екосистему природоохоронної території засобами геоінформаційних технологій на прикладі Білоозерської ділянки Рівненського природного заповідника.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [7, с. 49-53; 25, 33–38]:

1. Проведено аналіз науково-методологічних основ оцінки сучасного стану природно-заповідного фонду України. Запропоновано новий підхід до забезпечення збереження природоохоронних об'єктів на основі впровадження інформаційних технологій для науково обґрунтованої оцінки стану екосистем. Такий підхід дозволить оперативно накопичувати дані, що забезпечить якісну оцінку та прогнозування наслідків впливу природних та антропогенних факторів на природні комплекси, які підлягають особливій охороні, для екологічної безпеки природно-заповідних територій.

2. Визначено методичні підходи до вдосконалення системи фонового моніторингу довкілля, підвищення його об'єктивності та наочності подачі даних на основі сучасних ДЗЗ/ГІС-технологій із врахуванням статусу, особливостей та специфіки природоохоронних територій. Запропоновано для проведення дослідження динаміки змін стану природних територій використовувати інформаційно-аналітичні технології обробки даних ДЗЗ. Для збирання, накопичення, обробки, формалізації і презентації даних про фактори впливу і стан природоохоронної екосистеми використано інтегровані в ArcGis інструменти, що забезпечують інтерпретацію результатів аналізу в графічній формі на електронних картах та реалізацію математичних методів оцінки інтенсивності антропогенного впливу і моделювання його екологічних наслідків.

3. Встановлено, що для дешифрування типів біотопів з метою тематичного картографування і прогнозування змін території Білоозерської ділянки Рівненського природного заповідника достатні космічні знімки середнього просторового розрізнення Landsat (30 м/піксель), що дозволило забезпечити загальну точність класифікації даних на рівні 97% на незалежній вибірці. Визначено інформативні ознаки та показники досліджуваної екосистеми, а саме: екологічний стан, природно-ресурсний потенціал, продуктивність природної екосистеми, можливість її використання в рекреаційно-господарському комплексі, ступінь рекреаційної дигресії.

4. Отримано карти біотопів Білоозерської ділянки Рівненського природного заповідника станом на 1989 та 2015 рр. в результаті тематичної обробки даних ДЗЗ та виявлені зміни в площах і розподілі типів біотопів, а саме станом на 2015 рік мілководдя збільшились на 7,61 га, вода зменшилась на 4,40 га. Місця вирубки на досліджуваній території у 1989 році не спостерігались, у 2015 році дешифровані ділянки площею – 25,78 га. Місця відкритого ґрунту та забудови зменшились на 20,27 га, це свідчить про те, що на Білоозерській ділянці Рівненського природного заповідника збільшилась площа залісненості території.

5. Створено тематичні шари для інформаційно-аналітичної системи та отримано комплекс електронних еколого-картографічних моделей у ГІС-середовищі, які відображають стан біотопів території, її рельєф, гідрологічну мережу, розміщення водно-болотних угідь, ландшафтні комплекси, рекреаційні зони, лісові насадження з відповідними таксаційними характеристиками, а також атрибутивні дані щодо видів тваринного та рослинного світу, які потребують особливої охорони, завантажені у геоінформаційну базу даних. Побудована інформаційно-аналітична модель із відповідними тематичними шарами є засобом інтеграції розрізненої інформації про об'єкт дослідження для оцінки та аналізу екологічного стану природно-заповідної території, як інструмент управління екологічною безпекою.

6. Проведено екологічну оцінку стану екосистеми Білоозерської ділянки Рівненського природного заповідника шляхом побудови модифікованої матриці Леопольда, що є тринарною та відображає канали та інтенсивність впливу на компоненти екосистеми, визначені експертно. Використано нормовану оціночну шкалу, згідно з якою максимальна інтенсивність впливу дорівнює 1. Для Білоозерської ділянки Рівненського природного заповідника оцінка сили впливу значно перевищила середнє значення ($I_{\text{норм.}} = 0,79$). Встановлено основні фактори антропогенного впливу на досліджувану природоохоронну територію: лісозаготівки, лісові пожежі та рекреаційна діяльність.

7. Розроблено концептуальну схему організації державної системи контролю та екологічної оцінки стану природно-заповідних територій на основі геоінформаційної моделі для підтримки прийняття управлінських рішень. На основі результатів дослідження та відповідних розрахунків, згідно з існуючою нормативно-правовою базою і міжнародними зобов'язаннями України обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення режиму охорони заповідних природних комплексів та об'єктів для забезпечення їх екологічної безпеки на рівні збереження здатності до самовідтворення.

8. Результати дисертаційної роботи впроваджені та використовуються у Рівненському природному заповіднику при виконанні наукових досліджень, створенні геоінформаційної системи, розробці управлінських рішень та системи заходів з охорони і раціонального використання території заповідника, а також у навчальному процесі на кафедрі землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики Національного університету водного господарства та природокористування при підготовці спеціалістів та магістрів за напрямком підготовки 193 Геодезія та землеустрій (землеустрій та кадастр, геоінформаційні системи та технології).

Оцінка стану складових довкілля з використанням технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем (2017 р., на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник д.т.н. Г.Я. Красовський).

Робота Д.Л. Крети [39] присвячена удосконаленню інформаційної системи екологічного моніторингу для оцінки впливу техногенного забруднення на складові довкілля великих промислових міських агломерацій.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [36, 38, 40-42]:

1. Аналіз сучасної системи моніторингу основних складових довкілля України (грунтів, водної поверхні, атмосферного повітря) показав

необхідність її вдосконалення, в першу чергу, за рахунок використання можливостей ДЗЗ і ГІС. Причому особливої уваги потребує спостереження за станом атмосферного повітря як первинного реципієнту забруднення. Для цього доцільно використовувати дистанційно-контактні методи контролю забруднення від джерел викидів.

2. Програмна платформа сучасних ГІС дає змогу інтегрувати зовнішні бази даних і знань, стандартні інструменти та спеціалізовані модулі геопросторового і статистичного аналізу, що відкриває принципово нові можливості для створення систем моніторингу техногенного забруднення довкілля на основі дистанційних методів і модельних розрахунків. Зокрема, інтегрування у ГІС уніфікованої моделі ОНД-86 з розрахунку зон атмосферного забруднення від стаціонарних джерел долає труднощі забезпечення даними і дозволяє використовувати її для визначення зон осадження техногенних домішок із забрудненої атмосфери за результатами дешифрування космічних знімків снігового покриву навколо великих міських агломерацій і вздовж автодоріг. Запропонована автором методика визначення димових шлейфів за зонами забруднення снігового покриву значно технологічніша, ніж стандартна, оскільки базується лише на використанні матеріалів ДЗЗ та інструментів ГІС-аналізу. Дешифрувальними ознаками зон забруднення снігового покриву на космічних знімках мають бути S (Saturation) та V (Value) кольорового формату даних SHV. Оскільки саме вони найбільш придатні до застосування в алгоритмах автоматизованого дешифрування та збільшують точність виявлення ареалів димових шлейфів і зон сталого осадження твердих домішок.

3. Програмно реалізована підсистема оцінки зон техногенного забруднення снігового покриву передбачає створення тематичних шарів градацій забруднення снігу (в період сталого снігового покриву). Підвищення точності оцінки здійснюється шляхом зменшення дисперсії статистичними методами обробки даних та поєднання оцінок забруднення міських агломерацій з оцінками забруднення вздовж доріг. Для цього розроблена підсистема оцінки зон осадження техногенних домішок з атмосфери вздовж автодоріг. Отримані оцінки техногенного забруднення снігового покриву стають вхідними даними для підсистеми оцінки зон забруднення атмосфери навколо великих міських агломерацій, де відбувається моделювання поля концентрацій викидів в атмосферу.

4. Оцінка даних забруднення атмосфери методами геостатистичного аналізу на нормальність розподілу, стаціонарність та просторову структуру забезпечує визначення їх просторової тенденції та екстремальних випадючих значень. Порівняльний аналіз значень помилок просторової інтерполяції в опорних точках потрібний для вибору найбільш точного і ефективного методу інтерполяції. Встановлено, що найкращим методом інтерполяції поля забруднення в промислових регіонах є метод ординарного кригінгу.

5. З використанням цього методу побудовані карти: обсягів викидів забруднюючих речовин; імовірності змін обсягів викидів забруднюючих речовин і парникових газів підприємствами Запорізької та Дніпропетровської областей у 2009 р.; стандартної помилки інтерполяції категорії обсягів викидів забруднюючих речовин (значення помилки збільшується зі збільшенням відстані від точок вимірювання). Причому встановлено, що

оцінка концентрації атмосферного забруднення, розрахована за традиційною методикою ОНД-86, відхиляється від отриманої в тих самих пунктах інтерполяційним методом ординарного кригінгу (модуль Geostatistical Analyst системи ArcGis) не більше ніж на 12%.

6. На прикладі екологічних карт дванадцяти областей України опрацьовано структуру і змістове наповнення еколого-картографічних моделей для інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень з питань охорони навколишнього природного середовища на регіональному рівні. За результатами еколого-картографічного моделювання розроблено екологічний атлас Київської області з деталізацією до рівня району як суб'єкта адміністративного устрою. Це дало змогу обґрунтувати також форму і зміст періодичних бюлетенів оцінки стану екологічної безпеки визначених територій областей з високим рівнем техногенного навантаження на атмосферне повітря.

Комплексна оцінка та прогнозування впливу сміттєзвалищ на складові довкілля (2015 р., на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник **чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук**).

Робота **Н.А. Новохацької** [43] присвячена комплексній оцінці природно-техногенної системи із структурним ядром сміттєзвалище та прогнозуванню екологічного впливу складованих відходів на основні компоненти навколишнього природного середовища на прикладі Київської області.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [4, с. 158-165; 5, с. 13-16; 21, 38, 41, 44, 45]:

1. Проаналізовано та узагальнено фактичний стан поводження з ТПВ, в результаті встановлено, що в Київській області зокрема та в Україні в цілому має місце недостатній контроль за суб'єктами поводження з ТПВ, що призводить до появи величезної кількості стихійних несанкціонованих сміттєзвалищ у лісосмугах, ярах, балках, поблизу населених пунктів. Ці сміттєзвалища являють собою серйозну екологічну небезпеку, оскільки існує можливість виносу забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти, зокрема, разом з талими та зливовими водами.

2. Узагальнено підходи ефективного контролю за станом навколишнього природного середовища в природно-техногенній системі, які включають в себе: ідентифікацію джерела впливу та обстеження місцевості; визначення напрямку розповсюдження впливу та шляху міграції забруднюючих елементів; обґрунтування негативного впливу на рецептор; поліпшення ситуації за допомогою відповідних заходів.

3. Розроблено метод виявлення та розпізнавання сміттєзвалищ, який ґрунтується на дистанційному зондуванні Землі з космосу. Модель автоматизованого виділення полігону звалища розроблено у середовищі Erdas (Model Maker) за критеріями середнє, дисперсія, асиметрія та ексцес. Створено базу даних характеристик полігонів побутових відходів за різними класами та базу даних еталонних об'єктів з тих полігонів для ТПВ, які паспортизовані та мають систему моніторингу. У результаті обробки знімків території Києво-Святошинського району Київської області виявлено 21 несанкціоноване сміттєзвалище, загальною площею 19,12 га, похибка складає від 1% до 15%. За допомогою дистанційного зондування Землі також досліджено динаміку збільшення сміттєзвалищ.

4. Синтезовано просторову картографічну модель інвентаризації сміттєзвалищ засобами геоінформаційних систем, шляхом обробки та аналізу інформації, отриманої методами космічного моніторингу та гідрогеологічних даних. Встановлено, що більшість виявлених несанкціонованих стихійних сміттєзвалищ розташовані в безпосередній близькості до критичної зони, де підземні води природно не захищені. У середовищі ArcGIS отримано триангуляційну модель території навколо полігону ТПВ. Створено відеофайл із 3D зображенням досліджуваної території.

5. Побудовано картографічну прогнозу модель зони впливу при надзвичайній ситуації на полігоні ТПВ біля с. Тарасівка Києво-Святошинського району Київської області, а саме залповому виліву фільтрату із ставка-накопичувача, що може виникнути при аномальній зливі чи таненні снігу, шляхом просторового моделювання території об'єкта дослідження. Визначено, що основними рецепторами є другий водоносний горизонт та р. Сіверка, яка є «перехоплювачем» забруднюючих елементів, мігруючих за напрямком потоку. Встановлено загальний об'єм забруднених стоків, що досягне рибогосподарського ставка $Q = 46\ 340\ \text{м}^3$.

6. Виконано математичне моделювання міграції фільтраційного потоку та впливу забруднюючих елементів на підземні води, побудовано гідрогеологічний прогноз впливу сміттєзвалищ. Встановлено закономірності розподілу концентрації забруднення ґрунтових вод в зоні впливу полігону ТПВ. Прогнозна зона забруднення ґрунтових вод від полігону ТПВ біля с. Тарасівка становить 25–30 га за 24 роки існування досліджуваного полігону.

7. Запропоновано концептуальну систему екологічного контролю за станом довкілля та техногенно-екологічною безпекою в зоні впливу сміттєзвалищ з урахуванням міжнародних стандартів, для прийняття ефективних рішень з питань поводження з відходами та запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям. Розроблено перелік першочергових завдань, які спрямовані на формування та реалізацію заходів щодо поліпшення стану довкілля.

Інтегральна оцінка техногенного забруднення довкілля регіону засобами геоінформаційних технологій (на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук).

Робота **В.О. Охарєва** [46] присвячена проведенню інтегральної оцінки впливу складових техногенного забруднення на екологічний стан території регіону на прикладі Рівненської області.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [5, с. 70-73; 6, с. 247-249; 22, 36-38, 47-50]:

1. Узагальнено теоретико-методологічні основи комплексного оцінювання характеру та інтенсивності техногенного забруднення довкілля в контексті управління екологічною безпекою територій. Визначено доцільність вирішення даної задачі за допомогою сучасних інформаційних технологій, зокрема методів дистанційного зондування Землі з космосу та інструментарію геоінформаційних систем.

2. Проведено аналіз масиву статистичної інформації, що характеризує екологічні процеси в навколишньому середовищі Рівненської області, територія якої була обрана для інтегральної оцінки техногенного забруднення. Застосований метод аналізу динамічної кореляції, реалізований на основі

розробленого програмного забезпечення, може бути використаний для інвентаризації додаткових джерел або об'ємів забруднення на певній ділянці території, що підтверджує аналіз даних екологічного моніторингу м. Рівне.

3. Локалізовано шляхом використання методів тематичного дешифрування космічних знімків місця несанкціонованого видобутку бурштину на землях сільськогосподарського призначення та на лісовкритих площах, що призводить до незворотних порушень природного ландшафту, деградації ґрунтів та фітоценозів. Запропоновано комплексування методів ДЗЗ та ГІС-технологій (використання методів класифікації підстильної поверхні за вегетаційними індексами) для оцінки ризиків розподілу техногенного забруднення при надзвичайній екологічній ситуації. На прикладі Хмельницької АЕС, яка розташована на території сусіднього регіону, доведено необхідність обов'язкового урахування фактора транскордонного забруднення при проведенні екологічної оцінки.

4. Виконано інтегральну оцінку рівня техногенного забруднення довкілля території Рівненської області в 2007–2014 рр., для чого адаптовано та модифіковано існуючі підходи до комплексного оцінювання на основі використання методів математичної статистики, методу головних компонент і факторного аналізу. Класифіковано адміністративно-територіальні одиниці згідно з науково-практичними підходами у сфері екологічної безпеки. Визначено, що найвищий рівень техногенного забруднення характерний для Рівненського району ($I_{2014} = 2,6$); найнижчий – для Зарічненського району ($I_{2014} = 8,4$). Встановлено поступове погіршення екологічної ситуації в північних районах регіону, пов'язане з неконтрольованим видобутком мінеральних ресурсів.

5. Запропоновано концептуальну схему оцінки техногенного забруднення, засновану на використанні геоінформаційних технологій, що містить послідовність практичних заходів, спрямованих на підтримку прийняття рішень у сфері управління екологічною безпекою регіону.

Екологічний моніторинг лімнологічних систем методами дистанційного зондування Землі (на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник **чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук**).

Робота **І.В. Радчука** [51] присвячена підвищенню оперативності та повноти інформації при проведенні оцінки евтрофікації та стратегічних запасів прісної води в лімнологічних системах різного геологічного походження, на основі технологій ДЗЗ, ГІС та натурних випробувань.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [4, с. 185-190; 5, с. 70-73; 21, 22, 25, 34, 35, 37, 38, 40, 52]:

1. Проведено змістовний аналіз науково-методологічних основ комплексного оцінювання інтенсивності та характеру техногенного та антропогенного впливу на стан лімноекосистем, на основі якого були обґрунтовані методи дослідження, що використані в роботі. Виявлено особливості та закономірності процесів техногенного та антропогенного впливу на екологічний стан лімнологічних систем з використанням інформаційно-аналітичних інструментів і технологій.

2. Запропоновано та математично обґрунтовано нову методику дослідження явищ поглинання та розсіювання, створена експериментальна модель апаратури для контактного дослідження явищ поглинання, розсіювання та відбиття світла, проведені первинні випробування. Вперше

при дослідженнях озер Світязь та Нобель було застосовано нові методики, сучасні прилади і програмне забезпечення для батиметричної зйомки озер. На основі проведених експедицій було побудовано карту ізобат та рельєфу дна окремих частин оз. Світязь, зокрема затоки Бужня та найглибшої частини озера.

3. Відпрацьовано методику гідроакустичного вивчення донного рельєфу озер, яка достатньо ефективна для морфолітогенетичного аналізу різних за походженням озерних улоговин, створено картографічні моделі техногенного та антропогенного навантаження на локальну лімнологічну систему з одночасним поєднанням контактних і дистанційних методів, проведено батиметричну зйомку та картографування глибин і рельєфу дна озера Синевир. За підсумками досліджень надані рекомендації щодо оптимальних форм управління екологічною безпекою прісних озер на основі аналізу динаміки евтрофікації лімнологічних систем.

4. Розроблено 3D модель акваторії та берегової лінії озер на основі ГІС/ДЗЗ технологій з відображенням особливостей та основних параметрів функціонування лімнологічної екосистеми. Виявлена та підтверджена за допомогою ГІС/ДЗЗ проблема раціонального використання Шацьких озер, запропоновані рекомендації із забезпечення охорони від забруднень та створення умов для збереження ресурсів.

5. Розроблено електронний паспорт озера Нобель, наведено перелік методів біотестування та визначена логічна структура, на основі даних, зібраних під час проведення експедицій, створена інформаційна модель паспорта озера, при розробці якої застосовано метод онтологій та визначені правила побудови запитового підходу для формування інтерфейсу користувача для роботи з паспортом лімнологічного об'єкта через веб-інтерфейс. У паспорті зrealізоване використання послідовного алгоритму для пошуку інформації. За допомогою методу GOMS-KLM проведена оцінка трудомісткості інтерфейсу розробленого паспорта лімнологічного об'єкта. Середній час операції з введення пошукового слова до відповіді на пошук в системі за запитом складає 16,1 с.

Моніторинг природно-заповідних територій та об'єктів з використанням геоінформаційних технологій (на прикладі Тернопільської області); (на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник чл.-кор. НАНУ, д.т.н. О.М. Трофимчук).

Робота **Т.В. Триснюка** [53] присвячена розкриттю особливостей екологічного моніторингу природно-заповідних територій та об'єктів для прогнозування оцінки її екологічного стану засобами ГІС на прикладі Тернопільської області.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [4, с. 151-157; 5; с. 134-137; 6, с. 134-137; 7, с. 134-137, 19, 20, 22-24, 54-56]:

1. Проведено аналіз науково-методологічних основ оцінки сучасного стану природно-заповідних територій. Запропоновано новий науковий підхід забезпечення збереження природно-заповідних об'єктів на основі впровадження інформаційних технологій для науково обґрунтованої оцінки стану екосистем, що дає змогу оперативного накопичувати дані про оцінку та прогнозування наслідків впливу природних та антропогенних факторів природно-заповідних систем.

2. Запропоновано визначати екологічний стан ґрунтів природно-заповідних територій з урахуванням фонових концентрацій окремих хімічних елементів та розроблено відповідні картосхеми. Визначено рівень забруднення ґрунтів важкими металами, радіонуклідами, пестицидами і нафтопродуктами на територіях національних парків («Кременецькі гори», «Дністровський каньйон», природного заповідника «Медобори»), який на 90% відповідає регіональному геохімічному фону.

3. Запропоновані картографічні геомоделі та аналіз різночасових знімків дають можливість визначати динаміку розвитку процесів підтоплення природно-заповідних територій.

4. Розроблена картографічна модель взаємодії підтоплень геосистем при дощовій погоді Національного парку «Дністровський каньйон» з просторовою прив'язкою гідрологічних елементів і точок спостереження на основі цифрової моделі рельєфу.

5. У результаті експедиційних досліджень екосистеми Тернопільського ставу з одночасним поєднанням контактних і дистанційних методів встановлено, що інтенсивна евтрофікація водойм зумовлена зміною хімічного складу води. Вода Тернопільського ставу відноситься до 5-ї категорії (посередні, помірно забруднені). Запропонована 3D модель та електронна карта глибин показали, що середня глибина ставу дорівнює 3,75 м, а найбільша становить 12 м, що дозволяє здійснювати контроль за станом водних систем та аналізувати антропогенне навантаження на об'єкт.

6. На основі розробленої моделі організації інформаційної системи природно-заповідних територій та рекреаційних ресурсів запропоновано систему управління екологічною безпекою природно-заповідних територій в умовах інтенсивного забруднення навколишнього середовища, яка базується на використанні інформаційних технологій. Розроблена комп'ютерна програма оцінювання стану ґрунту в залежності від концентрації та природного фону окремих хімічних елементів природоохоронних територій (EcoFonIndex).

Система екологічного моніторингу деградації ґрунтів на прикладі Бродівського району Львівської області (на здобуття наукового ступеня к.т.н.; науковий керівник д.геол.н. **В.В. Радчук**).

Робота **В.О. Шумейка** [57] присвячена підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень щодо покращення стану ґрунтів шляхом удосконалення системи екологічного моніторингу за рахунок комплексного оцінювання впливу антропогенного забруднення ґрунтового покриву та прогнозування змін його якісного складу.

До основних результатів цієї роботи слід віднести такі [5, с. 44–54; 6, с. 247–249, 7, с. 16–20; 22, 25, 36, 37, 58, 59]:

1. Проведено аналіз сучасної організації державного моніторингу ґрунтів. Запропоновано технологію оцінки антропогенного забруднення ґрунтів шляхом комплексного використання даних ДЗЗ, наземних вимірів та ГІС.

2. Розроблено систему прогнозування деградації ґрунтів та напрямів міграції розчинних забруднюючих речовин за непрямыми дешифрувальними ознаками – вмістом гумусу. Встановлено закономірність процесів деградації ґрунтів в залежності від їх агрохімічних властивостей (вміст гумусу, реакція ґрунтового розчину, вміст рухомих сполук азоту, фосфору і калію). Внесення надлишкових доз фізіологічно кислих мінеральних добрив (аміачна селітра,

аміак рідкий, аміак водний, сульфат амонію, сульфат амонію-натрію, хлористий амоній, сечовина (карбамід)) призводить до неприродного підкислення ґрунтового покриву та переходу їх у важкодоступні для рослин сполуки.

3. Розроблено систему оцінки антропогенного забруднення ґрунтів за допомогою розрахунку балу екологічного стану для кожної окремої сільськогосподарської ділянки. Створено еколого-агрохімічну картограму стану земель сільськогосподарського призначення для Бродівського району Львівської області, яка дозволяє визначити забруднені ділянки і поля, на яких можливо вирощувати екологічно чисту продукцію.

4. Встановлено техногенно забруднені поля в Бродівському районі Львівської області. Виявлено динаміку антропогенної деградації земель сільськогосподарського призначення (зниження вмісту гумусу, підвищення кислотності ґрунтів, зменшення кількості внесених органічних добрив, необґрунтоване використання мінеральних добрив, недотримання технології сівозмін, порушення правил обробітку ґрунту).

5. Розроблено інформаційно-аналітичну систему екологічного моніторингу ґрунтів. Запропоновано заходи покращення екологічного стану та відновлення родючості ґрунтів. Створено методику диференційованого внесення добрив, яка дозволяє при менших фінансових витратах отримувати високі врожаї. Розроблено рекомендації щодо контролю використання земельних ресурсів для органів землекористування Львівської області.

Висновки

Необхідно особливо відмітити результати, опубліковані в міжнародних журналах: «Ferroelectrics» **V. Mokryi** [16]; «Journal of Environmental Science and Engineering» **O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, N. Novokhatska, I. Radchuk** [21]; «Water Supply and Wastewater Removal» **V. I. Mokryy, O. M. Trofimchuk, I. V. Radchuk, V. V. Radchuk, C. A. Zagorodnia, V. M. Trysniuk, V. O. Shumejko** etc. [25]; «Journal of Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis Presoviensis» **V. Mokryy, O. Trofimchuk, V. Radchuk, I. Radchuk, S. Zagorodnya** etc. [35]; «J. Environ. Sci. and Engineering» **O. Trofymchuk, D. Kreta, M. Myrontsov, V. Okhariev, V. Shumeiko, S. Zagorodnia** [36].

Також необхідно відмітити результати, що доповідались на міжнародних наукових конференціях: у Польщі, 2006 р. та 2010 р., **Mokryi V. I.** [60, 61]; в Азербайджані, 2014 р., **Novokhatska N. A.** [62], 2015 р., **Zagorodnia S.** [63], 2015 р., **Y. S. Anpilova, V. I. Klymenko, N. A. Novokhatska, D. L. Kreta** [64]; у Болгарії, 2013 р., **V. Radchuk, N. Novokhatska** [65], **S. Zagorodnya, I. Radchuk** [66].

Окремо слід відзначити, що деякі з наведених результатів вже стали об'єктами права інтелектуальної власності. Зокрема, це результати, що увійшли до докторської роботи **В.М. Триснюка** [67] та кандидатської роботи **Т.М. Триснюка** [68].

Автори висловлюють подяку **Л.В. Зотовій** за надані матеріали під час підготовки рукопису статті та не можуть не відзначити її постійну технічну допомогу всім співробітникам ІТГП НАНУ при захистах їх дисертаційних робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Історія Академії наук України 1918-1923: документи і матеріали / відп. ред. П.С. Сохань. Київ: Наук. думка, 1993. – 375 с.
2. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: інформаційні технології // Математичне моделювання в економіці. – 2018. – №1. – С. 7–30.
3. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: інформаційні технології // Математичне моделювання в економіці. – 2018. – №2. – С. 5–25.
4. XIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» – Київ, 2013 – 386 с.
5. XIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» – Київ, 2014 – 340 с.
6. XIV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» – Київ, 2015 – 428 с.
7. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Матеріали 15-ої Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, Пуща-Водиця, 03-06 жовтня 2016 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2016. – 258 с.
8. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях / Колективна монографія за матеріалами 16-ої міжнародної науково-практичної конференції (Київ, Пуща-Водиця, 03-04 жовтня 2017 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2017. – 252 с.
9. Мокрий В.І. Розроблення системи екологічного моніторингу природно-заповідного фонду Західного Полісся: автореф. дис. докт. тех. наук. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2013. 41 с.
10. Капустяник В. Б. Прикладна спектроскопія: навч. посіб. / В. Б. Капустяник, В. І. Мокрий. – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2009. – 320 с.
11. Мокрий В. І. Інформаційні технології моніторингу рекреаційних дигресій лісів Західного Полісся / В. І. Мокрий // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАНУ і Київ. нац. ун-ту буд-ва і архіт. – Вип. 10. – К., 2012. – С. 25–37.
12. Мокрий В. І. Моделі фазових переходів сукцесійних процесів лісових угруповань Західного Полісся / В. І. Мокрий, В. Б. Капустяник, П. Г. Хомюк // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАНУ і Київ. нац. ун-ту буд-ва і архіт. – Вип. 8. – К., 2011. – С. 94–118.
13. Мокрий В. І. Технології оцінки рекреаційного потенціалу озер Шацького національного природного парку / В. І. Мокрий // Національна безпека: український вимір: зб. наук. праць Ін-ту проблем національної безпеки. – № 6(25). – К., 2009. – С. 128–139.
14. Красовський Г. Я. Актуальність інформаційно-технічного забезпечення управління Шацьким національним природним парком / Г. Я. Красовський, В. І. Мокрий // Екологія і ресурси: зб. наук. праць Ін-ту проблем національної безпеки. – Вип. 13. – К., 2006. – С. 101–111.
15. Crystalloptical Properties of Ferroics with the Dimethylammonium Cation (DMA-MeCl₄, Me = Cu, Zn; DMA-MnCl₃) in the Region of their Phase Transitions / [V. Kapustianyk, V. Bazhan, Yu. Korchak, S. Sveleba, V. Mokryi] // Ukrainian Journal of Physical Optics. – 2002. – V.3, №4. – P. 258–263.

16. Phase Transitions in $(\text{NH}(\text{CH}_3)_3)_2\text{ZnCl}_4$ Ferroelectric Crystals / [V. Kapustianik, S. Sveleba, V. Vaidanich, V. Mokryi, I. Polovinko, S. Dacko] // *Ferroelectrics*. – 1997. – V.192. – P. 121–127.
17. Триснюк В.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем регіону (на прикладі Тернопільської області): автореф. дис. докт. тех. наук. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2016. 37 с.
18. Трофимчук О.М. Потенціал геоінформаційних технологій у вирішенні проблем екологічної безпеки водних об'єктів / О.М. Трофимчук, В.М. Триснюк // *Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць*. 2012 – Вип. 11. – С. 19–29.
19. Триснюк В.М. Модельне дослідження важких металів екосистеми Тернопільського ставу / В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк // *Науковий Вісник НЛТУ України: зб. наук. праць*. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.17. – С. 112–127.
20. Триснюк В.М. Локальна система космічного моніторингу лімнологічних систем / В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк // *Scientific Journal «ScienceRise» України*. – 2014. – Вип. №2 (2) – С. 68–72.
21. Geoinformation Technologies in decision issues of municipal solid waste / [O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, N. Novokhatska, I. Radchuk] // *Journal of Environmental Science and Engineering*. – 2014. – A 3. – P. 183–187.
22. Триснюк В.М. Інформаційні технології дослідження штучно створених екосистем на прикладі Тернопільського ставу / В.М. Триснюк, І.В. Радчук, В.О. Охарев, Т.В. Триснюк, О.В. Атрасевич, В.О. Шумейко // *Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць*. 2014 – Вип. 15. – С. 15–21.
23. Триснюк В.М. Інформаційні моделі еколого-безпечного розвитку природоохоронних територій / В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal) / Warszawa, Polanf №2, 2015. S. 132–137.*
24. Триснюк В.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем регіону / В.М. Триснюк, О.М. Трофимчук, Т.В. Триснюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту: збірник наукових праць*, 2015 р. – Вип. 5 (122). – С. 30–34.
25. Information support of conception of environmental safety of water supply and wastewater treatment / [V. I. Mokryy, O. M. Trofymchuk, S. L. Vasilenko, O. A. Bobush, O. G. Chajka, I. V. Radchuk, V. V. Radchuk, C. A. Zagorodnia, V. M. Trysniuk, V. O. Shumejko, G. J. Krasovskiyy, O. S. Butenko, A. V. Mokra, R. T. Gasko, I. M. Kurliak] // *Water Supply and Wastewater Removal*. – Politechnika Lubelska, edited by Henryk Sobczuk, Beata Kowalska. – Lublin. – 2016. – P. 132–145.
26. Анпілова Є.С. Оцінка якості поверхневих вод методами сучасних геоінформаційних технологій (на прикладі р. Сіверський Донець). К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2011. 19 с.
27. Використання ГІС-технологій для інвентаризації джерел забруднення поверхневих вод транскордонних об'єктів / [Анпілова Є.С., Волошкіна О.С., Трофимчук О.М., Цибульський А.І.] // *Екологія і ресурси*. – 2007. – №16. – С. 46–51.
28. Василенко С.Л. Застосування аперіодичних ланок системи автоматичного управління для моделювання адвективно-дифузійного переносу розчинених сполук у водотоках / С.Л. Василенко, Є.С. Анпілова // *Екологія і ресурси*. – 2007. – №17 – С. 95–98.
29. Аналитико-статистический подход к моделированию трансформации загрязняющих веществ в зоне смешения речной и возвратной воды / С.Л. Василенко, А.Н. Трофимчук, Е.С. Анпилова // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*. – 2007. – С. 35–42.
30. Анпілова Є.С. Щодо питання ведення моніторингу на створах річки Сіверський Донець / Є.С. Анпілова // *Екологія і ресурси*. – 2006. – №13. – С. 127–132.

31. Анпілова Є.С. ГІС-технології для оцінки техногенного впливу нафтопроводів на навколишнє середовище та оцінки збитків / Є.С. Анпілова, В.І. Клименко // Екологія і ресурси. – 2003. – №8. – С. 52–58.
32. Загородня С.А. Оцінка екологічного стану природно-заповідних територій засобами геоінформаційних технологій. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2016. 21 с.
33. Красовський Г.Я. Інформаційні ресурси інтерактивної системи підтримки рішень з питань управління екологічною безпекою українського сектору Чорного моря / [Г. Я. Красовський, В. В. Радчук, С. А. Загородня] // Геоінформатика. – 2016. – №1(57). – С. 57– 65.
34. Інформаційне забезпечення гідроакустичного моніторингу озер Західного Полісся / [О. М. Трофимчук, В. І. Мокрий, В. В. Радчук, І. В. Радчук, С. А. Загородня] // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – Вип. 1(17). – С. 5–15.
35. Biophysical monitoring of forest ecosystems / [V. Mokryy, O. Trofymchuk, V. Pohrebennyk, R. Politylo, V. Radchuk, I. Radchuk, S. Zagorodnya] // Journal of Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis Presoviensis, Natural sciences, Slovak Republic. Presov. – 2016. – Vol. XLIII. – P. 167–172.
36. Information Technology in Environmental Monitoring for Territorial System Ecological Assessment / [O. Trofymchuk, D. Kreta, M. Myrontsov, V. Okhariev, V. Shumeiko, S. Zagorodnia] // J. Environ. Sci. and Engineering. – 2015. – A4. – P. 79–84.
37. Реалізація інформаційних технологій моніторингу лісноекосистем на заповідних територіях (На прикладі НПП «Синевир») / [С. А. Загородня, В. О. Охарев, І. В. Радчук, В. О. Шумейко] // Екологія – 2015 / Ecology – 2015 : збірник наукових статей, 23–26 вер. 2015 р., – Вінниця, 2015. – С. 86.
38. Застосування сучасних інформаційних технологій для досліджень екологічного стану Шацьких озер / [В.І. Клименко, С.А. Загородня, Д.Л. Крета, В.О. Охарев, І.В. Радчук, Н.А. Шевякіна, О.С. Бутенко, В.Ю. Вишняков] // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. – К., 2010. – Вип. 6. – С. 103–122.
39. Крета Д.Л. Оцінка стану складових довкілля з використанням технологій дистанційного зондування землі та геоінформаційних систем. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2017. 20 с.
40. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / [Пашенко Р. Е., Радчук В. В., Красовський Г. Я. та ін.] // Під ред. С. О. Довгого. – Київ : ФОП Пономаренко Є.В., 2013. – 316 с.
41. Новохацька Н. А. Моделювання та прогнозування впливу сміттєзвалищ на підземні води / Н. А. Новохацька, Д. Л. Крета // Екологічні науки – 2015. – № 1/2015(7). – С. 71–79.
42. Просторовий аналіз розповсюдження забруднень поверхневих вод і ґрунтів засобами ДЗЗ та ГІС / [Є. С. Анпілова, В. І. Клименко, Д. Л. Крета, О. М. Трофимчук] // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – № 14. – С. 59–69.
43. Новохацька Н.А. Комплексна оцінка та прогнозування впливу сміттєзвалищ на складові довкілля. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2015. 20 с.
44. Новохацька Н. А. Методологія просторового моделювання зони забруднення навколо місць видалення відходів / Н. А. Новохацька // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – № 15. – С. 53–60.
45. Новохацька Н. А. Технологія інвентаризації місць видалення відходів методами дистанційного зондування Землі / Н. А. Новохацька, О. М. Трофимчук // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – № 14. – С. 31–40.
46. Охарев В.О. Інтегральна оцінка техногенного забруднення довкілля регіону засобами геоінформаційних технологій: автореф. дис. канд. тех. наук. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2016. 21 с.
47. Космічний моніторинг та ГІС-технології для моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій на об'єктах атомної енергетики / [О.М. Трофимчук,

- В.В. Радчук, В.О. Охарев, В.О. Шумейко] // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – К.: ДЕА, 2015. – №7. – С. 146–151.
48. Волошкіна О.С. Реалізації технологій космічного моніторингу та геоінформаційних систем для проведення екологічної оцінки складових довкілля та районування територій / О.С. Волошкіна, В.О. Охарев // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. – К., 2011. – Вип. 8. – С. 55–65.
49. Красовський Г.Я. Районування територій за рівнем антропогенного навантаження із залученням технологій дистанційного зондування Землі з космосу та геоінформаційних систем / Г.Я. Красовський, В.О. Охарев // Екологічна безпека і природокористування: зб. наук. пр. – К., 2010. – Вип. 5. – С. 5–48.
50. Бутенко О.С. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту / О.С. Бутенко, В.О. Охарев // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. – К., 2009. – Вип. 3. – С. 14–33.
51. Радчук І.В. Екологічний моніторинг лімнологічних систем методами дистанційного зондування Землі. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2016. 19 с.
52. Радчук І.В. Реалізація геоінформаційних технологій підтримки прийняття рішень для управління екологічною безпекою озерних екосистем / І.В. Радчук // Екологічні науки: науково-практичний журнал – К.:ДЕА, 2015 – №7. – С. 141–145.
53. Триснюк Т.В. Моніторинг природно-заповідних територій та об'єктів з використанням геоінформаційних технологій (на прикладі Тернопільської області). К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2017. 18 с.
54. Триснюк Т.В. З історії розвитку охорони природи на Тернопільщині / Т.В. Триснюк // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.1. – С. 131–134.
55. Триснюк В.М. Інформаційні технології та просторово часові методи регіональної системи моніторингу / В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ); Івано-Франківськ: Симфонія форте. – 2014, №2 (10) – С. 120–128.
56. Триснюк Т.В. Експериментальні дослідження рекреаційного навантаження на природоохоронні території Тернопілля / Т.В. Триснюк // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць. – К.: – 2015. Вип. 18. – С. 31–36.
57. Шумейко В.О. Система екологічного моніторингу деградації ґрунтів на прикладі Бродівського району Львівської області: автореф. дис. канд. тех. наук. К.: М-во освіти та науки України, Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2016. 20 с.
58. Шумейко В.О. Методика проведення еколого-економічної оцінки сільськогосподарських угідь з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем / В.О. Шумейко // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – №16. – С. 123–127.
59. Шумейко В.О. Інформаційні технології екологічного моніторингу земель сільськогосподарського призначення / К.В. Сметанін, В.О. Шумейко // Моделювання та інформаційні технології. – 2014. – №73. – С. 105–113.
60. Mokryi V. I. Geoecological aspects of complex ecological-qualifying practice of students / V. I. Mokryi // Geoeducational potential of southern and southwestern margin of the Ukrainian craton: m-ly Międzynarod. konfer. nauk. – Wrocław, 2006. – P. 113–116.
61. The complex monitoring of the degraded landscapes of Chervonograd mining-industrial region / [V. I. Mokryi, L. I. Kopyi, M. M. Paslavskyy, Y. I. Pankivskyy] // Przyrodnicze wykorzystanie ubocznych produktów spalania węgla, biomasy oraz węgla z biomasa: m-ly Międzynarod. konfer. nauk.-techn. – Szczecin, 2010. – P. 41–44.

62. Novokhatska N. A. Use of modern information technologies for management of place the accumulation of waste / N. A. Novokhatska // The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences (earth, technical and chemical) : book of abstracts I-st international scientific conference of young scientists and specialists, 15–16 October 2014. – Baku, Azerbaijan, 2014. – P. 272–274.
63. Zagorodnia S. Features of using information technology to study constituent of natural reserve fund / S. Zagorodnia // Multidisciplinary approach to solving problems of geology and geophysics : book of abstracts international scientific conference of young scientists and specialists, 15–16 Oct. 2015. – Baku, Azerbaijan, 2015. – P. 196.
64. Use the geographic information systems and remote sensing from space for creation cartographic models for assessment of the quality of soils and surface water / [Y. S. Anpilova, V. I. Klymenko, N. A. Novokhatska, D. L. Kreta] // Role of environmental assessment of agricultural land in developed of regions and in protection of ecological balance: Materials international seminar, 15 December 2015. – Baku, Azerbaijan, 2015. – P. 59–61.
65. Marine pollution monitoring of the BLACK SEA ports and waterways by GIS and remote sensing / [V. Radchuk, A. Palazov, G. Krasovskiy, V. Slabakova, O. Hristova, N. Novokhatska] // Marine research horizon 2020 : book of abstracts international conference, 17–20 September 2013. – Varna, Bulgaria : Helix Press Ltd., 2013. – P. 196.
66. Zagorodnya S. Methodology of creating a geoinformation system for cartographic support to decisions relating to the black sea water resources protection / S. Zagorodnya, I. Radchuk // Book of abstracts international conference Marine research horizon 2020 (Varna, Bulgaria, 17–20 sept.). – Varna : Helix Press Ltd, 2013. – P. 195.
67. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60519 Комп'ютерна програма «EcoForecast» для прогнозування зміни здоров'я органів кровообігу в залежності від концентрації цинку в поверхневих водах територій проживання («EcoForecast» (Екопрогнозування)) / О.М. Трофимчук, В.М. Триснюк, М.В. Крихівський // Дата реєстрації Державної служби інтелектуальної власності України 07.07.2015.
68. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60519 Комп'ютерна програма оцінювання стану ґрунту в залежності від концентрації та природного фону окремих хімічних елементів природоохоронних територій (EcoFonIndex) / Т.В. Триснюк, М.В. Крихівський // Дата реєстрації Державної служби інтелектуальної власності України 26.03.2017.

Стаття надійшла до редакції 16.08.2018.