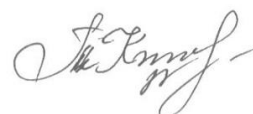


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ



**КУНДЕЛЬСЬКА ТАМАРА ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 504.6:005.334-047.44-047.72](477.86-25)

**ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО  
РИЗИКУ ВІД ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ В УРБОСИСТЕМІ  
(НА ПРИКЛАДІ М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА)**

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2021

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Адаменко Ярослав Олегович**,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри екології,  
м. Івано-Франківськ.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Триснюк Василь Миколайович**,  
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України,  
завідувач відділу досліджень навколишнього середовища, м. Київ;

доктор технічних наук, доцент  
**Шелудченко Леся Сергіївна**,  
Подільський державний аграрно-технічний університет Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК,  
м. Кам'янець-Подільський.

Захист відбудеться «12» травня 2021 року о 14-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15 та на сайті спеціалізованої вченої ради Д.20.052.05 за електронною адресою: <https://nung.edu.ua/index.php/department/specializovana-vchena-rada-d2005205/zakhist-disertaciy>

Автореферат розісланий « \_\_\_\_ » квітня 2021 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради Д.20.052.05,  
доктор технічних наук, професор



Л. М. Архіпова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У Постанові Верховної Ради України «Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» зокрема йдеться, що внаслідок інтенсивних процесів урбанізації в Україні, на другий план відійшли проблеми містобудування, порівняно із промисловим розвитком, що мало негативний вплив на більшість сфер життєдіяльності міст, зокрема екологічну.

В умовах урбосистем формується значна кількість чинників антропогенного походження, що піддають потенційному екологічному ризику населення міських агломерацій. Зокрема, це такі чинники як хімічне, фізичне (шум, радіація, електромагнітні поля високочастотного діапазону) та біологічне забруднення довкілля людини, натомість поза увагою фахівців залишається інший чинник фізичного впливу – просторово-візуальне забруднення. Актуальність досліджень засвідчує той факт, що вплив зазначеного чинника як фактору інтегрального фізичного впливу виявляється у синдромі хронічної втоми, нервових розладах, порушеннях зору. Таким чином візуальне забруднення можемо віднести до сукупності фізичних факторів антропогенного походження, що мають небезпечну дію на здоров'я мешканців міст.

Вирішення проблеми техногенно-екологічної безпеки можливе через розробку методології визначення ступеня потенційного екологічного ризику для довкілля, а комплекс певних екологічних вимог до містобудівних рішень дозволить досягнути контрольного (нормативного) його рівня.

З огляду на зазначене, *актуальним* з наукової та практичної точки зору є обраний напрямок досліджень, пов'язаний з обґрунтуванням методів оцінки та прогнозуванням потенційних екологічних ризиків для населення урбосистеми від впливів фізичних факторів антропогенного походження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження виконане на кафедрі екології та пов'язане з роботою дисертанта на тематиках держбюджетних науково-дослідних робіт Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, що виконувалися за рахунок фінансування Міністерства освіти та науки України, а саме: «Екологічна безпека та землевпорядне забезпечення територіально-адміністративних одиниць і експлуатаційна надійність промислових об'єктів», розділ кафедри екології «Екологічна безпека територіально-адміністративних одиниць» (шифр держреєстрації №0110U000339), «Технології захисту навколишнього середовища шляхом контролю, моделювання та прогнозування стану довкілля» (№0118U006601, 2017-2020 р.) та міжнародного проекту HUSCROUA/1702/6.1/0022 «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище – CRIMIGI».

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки для населення урбосистем (на прикладі м. Івано-Франківська) шляхом оцінки впливів фізичних факторів антропогенного походження (радіоактивного випромінювання, акустичного та електромагнітного забруднення, візуальних впливів) та розробки комплексу

методів щодо оцінки потенційного екологічного ризику від зазначених факторів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасні методичні підходи щодо оцінки екологічних ризиків від техногенних впливів, як критерію екологічної безпеки міського середовища.

2. Розробити методи оцінки візуальних впливів урбанізованої території та провести експериментальні дослідження з оцінки візуальних впливів, із визначенням показника візуальної якості довкілля з подальшим картографуванням результатів оцінки.

3. Провести експериментальні дослідження з оцінки таких фізичних впливів антропогенного походження як: шумове, електромагнітне, радіаційне забруднення на досліджуваній території.

4. Обґрунтувати критерії щодо комплексних показників до оцінки потенційного екологічного ризику для населення урбосистем.

5. Провести оцінку потенційного екологічного ризику пов'язаного із впливом фізичних факторів антропогенного походження (на прикладі урбосистеми Івано-Франківська). Встановити його просторове поширення.

**Об'єкт дослідження** – процеси зміни стану навколишнього середовища урбосистеми, пов'язані із фізичним забрудненням, та їх впливи на міське населення.

**Предмет дослідження** – процедура оцінювання візуального середовища та фізичних впливів урбосистем для прогнозування потенційного екологічного ризику.

**Методи дослідження:** для отримання достовірної інформації використовувались експериментальні дослідження акустичного, електромагнітного та радіаційного забруднення в межах урбосистеми, що були проведені згідно стандартизованих методик. Для опрацювання результатів досліджень були використані методи систематизації та статистичного аналізу. Формування баз даних здійснювалось у середовищі Microsoft Excel<sup>®</sup>, для прогнозу та моделювання території, що піддається впливу, використовувались метод сплайнової інтерполяції програмного забезпечення Surfer<sup>®</sup> та графічного редактора CorelDRAW<sup>®</sup>, додатково були наведені зображення із дистанційних знімків програми Google Earth Pro<sup>®</sup>. Також використовувались візуальне 3D моделювання для створення моделі розподілу електромагнітних полів (ЕМП) та застосовувався метод аналогій для порівняння поширення ЕМП у попередній досліджуваній період.

Для оцінки потенційного екологічного ризику застосовувались методи графічного накладання, «приписування балів», метод експертних оцінок, ітеративного оверлайнового аналізу в середовищі Google Earth Pro<sup>®</sup>.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше запропоновано дворівневий просторовий функціональний підхід до кластеризації території та розрахунку потенційного екологічного ризику від фізичних факторів впливу, що дозволило системно поєднати між собою дію

гетерогенних фізичних чинників та надати обґрунтовані рекомендації для територіальних громад;

- вперше, з урахуванням значної деталізованості та просторово-територіальної диференціації, отримане розраховане значення ризику, що має під собою коректне законодавче та експертно-наукове підґрунтя;

- вперше визначено кластери урбосистеми, що зазнають значного та задовільного рівня візуального впливу, в залежності від техногенних та домінантних об'єктів, що його формують, що дало змогу запропонувати показник візуальної якості довкілля;

- вперше розроблено комплексний метод оцінки потенційних екологічних ризиків від впливу фізичних факторів антропогенного походження в межах урбосистем із застосування ГІС, що дозволило знайти методичний підхід до імплементації результатів оцінки візуальних впливів як фізичної складової в систему оцінки екологічних ризиків.

- набули подальшого розвитку наукові підходи щодо оцінки впливу фізичних факторів на стан навколишнього середовища, а саме: радіоактивного випромінювання, акустичного навантаження та електромагнітного випромінювання для урбосистеми м. Івано-Франківська.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Запропоновано технічне рішення із оцінювання стану візуальної екологічної безпеки в пунктах спостереження – комп'ютерну програму «VisualEcoSafety», що підтверджено свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір № 87434 від 04.04.2019 року.

2. Запропоновано та проведено дворівневий графічно-кластерний підхід до оцінки фізичних факторів впливу в межах урбанізованих територій.

3. Розроблено методика оцінки візуальних впливів в межах урбосистем.

4. Розроблено заходи щодо зниження потенційного екологічного ризику від фізичних факторів впливу антропогенного походження на урбанізованій території, що дає можливість підвищити її рівень екологічної безпеки.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено:

- у практичній роботі Департаменту містобудування, архітектури та культурної спадщини Івано-Франківської міської ради з метою раціонального використання території м. Івано-Франківська та створення сприятливих умов для проживання населення (акт впровадження від 19.10.2018 року).

- в діяльність управління екології та природних ресурсів Івано-Франківської облдержадміністрації (акт впровадження 14.10.2020 року)

- в навчальний процес кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу при викладанні лабораторних робіт з дисципліни «Урбоекологія» та практичних робіт з дисципліни «Екологічна експертиза», «Оцінка впливів на довкілля» (акт впровадження від 27.03.2018 року).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є завершеним дослідженням в науковому напрямку екологічної безпеки міського середовища. Основні наукові положення, розробка та обґрунтування наукової новизни та практичного значення дисертаційної роботи отримано автором самостійно.

Вибір теми дисертаційного дослідження, постановка завдання, обговорення результатів дослідження, формулювання висновків проводилось спільно із науковим керівником роботи, доктором технічних наук, професором Я. О. Адаменком. Внесок автора у опублікованих роботах зі співавторами, наведений у списку праць за темою дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи доповідались та опубліковано в матеріалах міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій: Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища» (Рівне, 7-8 листопада 2013 р.), VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біологічні дослідження-2015» (Житомир, 11-12 березня 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації» (Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції» (Харків, 21 квітня, 2017 р.), XVII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки. Екологічна безпека» (Київ, 4-7 травня 2017 р.), науково-теоретичній конференції «Екологічні проблеми Прикарпаття в контексті концепції збалансованого розвитку» (Івано-Франківськ, 29 травня 2017 р.), XV Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 11-13 жовтня 2017 р.), V Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансованого природокористування» (Харків, 29-30 листопада 2017 р.), XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта-наука-виробництво-2019» (м. Харків, 17-18 квітня 2019 р.), Міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців, аспірантів та здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (м. Рівне, 10 травня 2019 р.), LVII Міжнародній інтернет-конференції «Наукові підсумки 2020 року» (Вінниця, 17 грудня 2020 р.), XIII Міжнародній інтернет-конференції «Science and technology» (Великобританія, м. Манчестер, 21-22 грудня, 2020 р.).

**Публікації.** Результати дисертаційного дослідження опубліковано у наступних наукових працях: 1 колективній монографії, 1 статті у закордонних наукових періодичних виданнях, 9 статтях, що належать до фахових видань України, 12 матеріалах конференцій (з них 8 – міжнародних та 4 – всеукраїнських) та 1 свідоцтві про авторське право на твір.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 296 сторінок, з них 162 сторінки основного тексту. Дисертація проілюстрована 56 рисунками та 16 таблицями.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, відповідність державним науковим програмам, планам, темам, вказано мету, об'єкт, завдання та методи дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі «Аналіз сучасних підходів щодо оцінювання екологічного ризику та візуальних впливів в межах урбосистеми»** проаналізовано вітчизняні та закордонні літературні джерела щодо сучасних наукових підходів до оцінки екологічного ризику та застосування способів і методів його оцінки в системі екологічної безпеки держави. Встановлено, що сучасні методики оцінки екологічного ризику потребують зміни акцентів з проблем технічного нормування чи стандартизації на кількісну оцінку потенційної та реальної небезпеки. Більша низка досліджень була зосереджена не на комплексному підході, а на деталізації екологічного ризику щодо певного забруднюючого інгредієнта.

Теорія оцінки та аналізу ризику була викладена у працях Е. Хенлі, Х. Кумамото, С. Л. Аваліані, П. Г. Белова, А. В. Кісельова, R. Kolluru, Г. І. Рудька та Є. О. Яковлева, М. М. Биченка, С. М. Новікова, В. Т. Алімова, А. Б. Качинського та Н. П. Тихомирова та інших.

Визначено, що аналіз та прогнозування екологічних ризиків повинен ґрунтуватись на результатах стратегічної екологічної оцінки (СЕО) та оцінки впливу на довкілля (ОВД), а згідно положень Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» управління екологічним ризиком необхідно здійснювати на основі його моделювання з метою захисту здоров'я населення, що є актуальним для урбанізованих територій.

Екологічні дослідженням урбосистеми м. Івано-Франківська висвітлені у працях О. М. Адаменка, Л. В. Міщенко, Н. І. Кольцової, Е. Д. Кузьменка, І. І. Мердуха, Я. М. Семчука, Н. І. Глібовицької, М. В. Крихівського та ін.

Проаналізовано, що впливи на навколишнє середовище, в умовах сучасного міста, оцінюються не лише кількістю забруднювальних речовин в атмосферному повітрі чи водному середовищі, рівнем акустичного навантаження чи інших фізичних факторів впливу, зокрема, практично не врахований в екологічній оцінці аспект візуального забруднення (візуальних впливів). У контексті цього, *візуальне забруднення* (візуальні впливи, *visual pollution*) – це забруднення навколишнього видимого середовища гомогенними та агресивними полями, об'єктами, які спотворюють природне сприйняття навколишнього середовища.

Вітчизняною та закордонною наукою накопичений достатній теоретико-методологічний досвід оцінки візуального середовища, зокрема це дослідження В. А. Філіна, М. Д. Гродзинського, О. В. Савицької, А. Н. Некос, Ж. І. Бучко, Р. S. Kane, Н. В. Бучацької, В. А. Ніколаєва, М. М. Радомської, А. Р. Гринасюка, Г. О. Осиченко, Л. С. Ахмедової, М. Я. Авербаха, К. М. Горба, С. І. Федосової, А. Portella та ін.

Таким чином, обраний напрямок досліджень – обґрунтування методів оцінки та прогнозування потенційного екологічного ризику від дії сукупності факторів фізичних впливів. Застосування цих методів дозволить використати методіку оцінки візуальних впливів в якості попередньої екологічної оцінки, як одного з ключових етапів ОВД. На основі викладеного була запропонована послідовність наукового дослідження.

У **другому розділі «Методи проведення досліджень»** обґрунтовано вибір методів досліджень рівнів фізичних факторів впливу (візуального, радіоактивного, акустичного та електромагнітного забруднення високочастотного діапазону), які було застосовано для оцінки території урбосистеми м. Івано-Франківська.

*Оцінка візуального забруднення.* Розроблено методіку оцінки візуальних впливів в межах урбосистеми, на основі методіки К. І. Еринґіса, А.-Р. А. Будрюнаса та К. Н. Горба зі змінами та доповненнями автора. За елемент візуального середовища був прийнятий певний об'єкт, або кілька об'єктів, які сприймаються людиною, як домінуючий фактор території спостереження.

Запропоновано критерії оцінки візуальних впливів поділити на три групи: природні об'єкти, об'єкти антропогенного та техногенного походження, фізіономічні характеристики території урбосистеми. Загалом шкала оцінювання, містить 30 критеріїв, максимальний бал оцінки для кожного із критеріїв становить 2 бали. Відповідно точка спостереження, що оцінювалась може отримати максимальну оцінку в 60 балів.

Всі критерії оцінювались в балах від 0 до 2, де «0» балів відповідає «задовільному»; «1» бал – «помірному», а «2» бали – «прийнятному» візуальному впливу. Розподіл балів був адаптований для кожного з критеріїв за допомогою кількісних та якісних ознак, враховуючи вагомість кожного з них.

Вперше запропоновано дворівневий просторовий функціональний підхід до кластеризації території, що складався з двох етапів. На першому етапі проведений аналіз якості візуального середовища урбосистеми, як за результатами точкових оцінок, так і їх просторово-територіального розподілу, із врахуванням принципу територіальної кластеризації, що розроблено автором – територію міста було поділено на 5 кластерів: рекреаційний, приватної забудови, багатопверхової забудови, історико-культурної центральної частини міста та промисловий. Для деталізації оцінювання візуального середовища кожен кластер був поділений на підкластери за наявними домінуючими візуальними об'єктами. Загалом було виділено 29 підкластерів.

У результаті проведених досліджень було опрацьовано 340 точок урбосистеми м. Івано-Франківська. Оцінка у конкретній точці здійснювалась за допомогою натурних спостережень, а також функції перегляду вулиць у програмі Google Earth<sup>®</sup>, з кутом огляду 360° (рис. 1).

Набули подальшого розвитку наукові підходи щодо оцінки впливу фізичних факторів на стан навколишнього середовища, а саме: радіоактивного випромінювання, акустичного навантаження та електромагнітного випромінювання для урбосистеми м. Івано-Франківська.



*Оцінка радіаційного забруднення дорожнього покриття.* Метод, за яким визначалась потужність амбієнтного еквівалента дози (ПАЕД) фотонного іонізуючого випромінювання, полягав у прямому вимірюванні від поверхні дорожнього покриття. Дослідження проводилось за допомогою дозиметра-радіометра МКС-05 «ТЕРРА». Здійснено заміри у 36 точках спостереження.

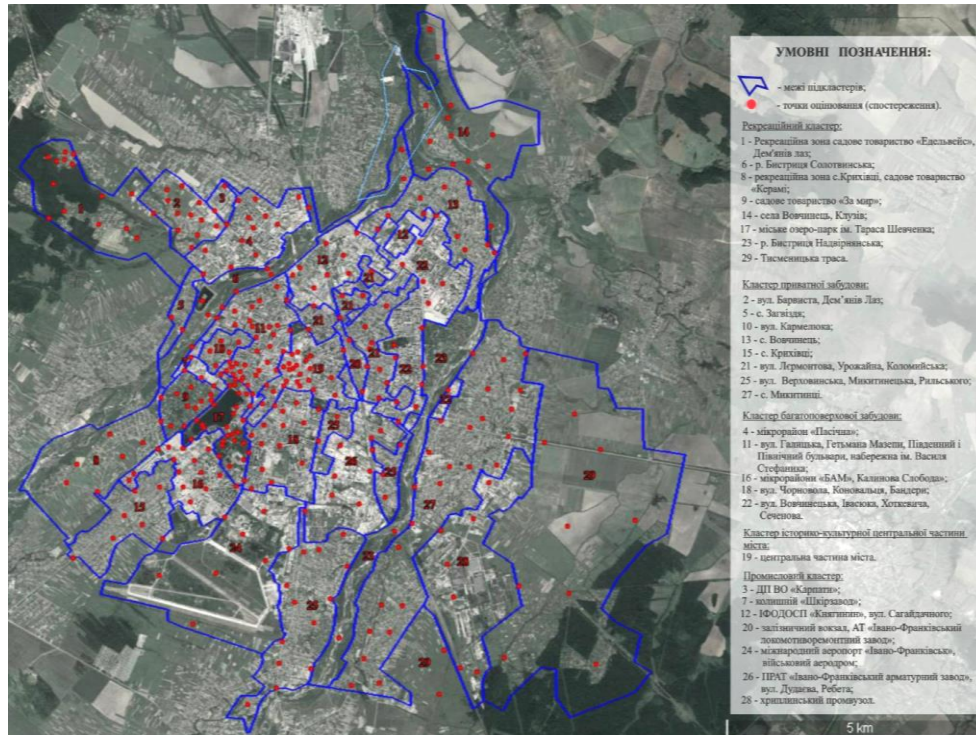


Рис.1. Точки оцінювання візуального середовища урбосистеми м. Івано-Франківська

*Оцінка акустичного забруднення.* Вимірювався непостійний шум, що оцінювався еквівалентним ( $L_{Декв}$ , дБА), та максимальним рівнем звуку ( $L_{Аmax}$ , дБА). Визначення рівнів акустичного навантаження проводилось за допомогою приладу FLUS ET-965 за стандартизованими методиками. У подальшому рівні звуку були осереднені та перераховані у показники еквівалентного та максимального рівня звуку. Проведено заміри у 274 точках спостережень.

*Оцінка електромагнітного забруднення високочастотного діапазону.* Були проведені натурні спостереження та ізотропні вимірювання складових ЕМП: напруженості електричного поля ( $E$ ), В/м; напруженості магнітного поля ( $H$ ), мА/м; поверхневої густини потоку енергії ( $W$ ), мкВт/см<sup>2</sup>. Вимірювання здійснювалось приладом Tenmars RF three-Axis Field Strength Meter TM-195.

Встановлено, що на території м. Івано-Франківська знаходиться 120 базових станцій стільникового зв'язку, які разом з п'ятьма антенами телерадіомовлення є потужними джерелами електромагнітного випромінювання високочастотного діапазону. Загалом було проведено дослідження у 210 точках спостереження.

У третьому розділі «Оцінка візуальних впливів в межах урбосистеми м. Івано-Франківська» наведені результати проведеної оцінки візуальних

впливів. Для вирішення такого завдання автором запропоновано технічне рішення із оцінювання стану візуального середовища в пунктах спостереження – комп'ютерну програму «VisualEcoSafety», що підтверджено свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір № 87434 від 04.04.2019 р.

З метою уникнення фактору суб'єктивності при оцінюванні візуальних впливів, було запропоновано враховувати частку відхилення, або похибку об'єктивності. Для цього було обрана група з десяти незалежних експертів-науковців, що знайомі із проблемою візуального забруднення та є фахівцями в певних ланках оцінювання довкілля, які провели оцінку візуальної якості середовища у контрольних точках урбосистеми. Похибка об'єктивності експертів оцінювалась як:

$$\Delta_i^j = \frac{\sum (O_z^j)_i}{\sum (O_z^j)_{\text{дослідн}}}, \quad (1)$$

де  $\Delta_i^j$  - похибка об'єктивності (частка відхилення) між результатами автора та балами присвоєними незалежними  $i$ -тим експертом у  $j$ -тій точці;  $\sum (O_z^j)_i$  – сума оцінок у  $j$ -тої точки спостереження за  $z$ -тим критерієм  $i$ -тим експертом;  $\sum (O_z^j)_{\text{дослідн}}$  – сума оцінок  $j$ -тої точки спостереження за  $z$ -тим критерієм дослідника (автора).

Наступним етапом було знаходження уточнювального коефіцієнту середнього арифметичного значення оцінки кожного експерта за всіма контрольними точками:

$$K_i = \frac{\sum_i \Delta_i^j}{r}, \quad (2)$$

де  $K_i$  – коефіцієнт середнього арифметичного для  $i$ -того експерта щодо похибок об'єктивності (часток відхилення), отриманими за (форм. 1);  $\sum_i \Delta_i^j$  – сума похибок об'єктивності;  $r$  – кількість контрольних точок.

Значення оцінки візуальної якості довкілля у  $j$ -тій точці спостереження, знаходили як:

$$O_j = \frac{\sum_i (K_i \cdot O_{\text{дослідн}})}{E_i}, \quad (3)$$

де  $O_j$  – оцінка візуальної якості довкілля середовища у  $j$ -тій точці спостереження;  $E_i$  – кількість експертів. Результатом розрахунку був показник якості візуального середовища  $O_j$  у 340 точках спостереження.

Для візуалізації результатів дослідження за допомогою програми Surfer® було побудовано карту оцінки візуальних впливів за показником якості візуального середовища (рис. 2).

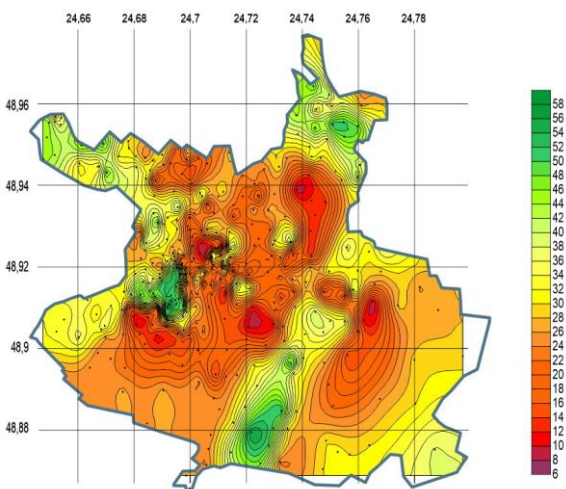


Рис.2. Карта оцінки візуальних впливів в межах урбосистеми м. Івано-Франківська (в балах)

За результатами дослідження та екологічного картографування отримано розподіл візуального навантаження по території міста Івано-Франківська. Встановлено та визначено ділянки міста, які піддаються значному впливу візуального забруднення, та ділянки, що є сприятливими для проживання населення міста з точки зору візуальних впливів.

Проведена статистична обробка отриманих значень за всіма 340 точками спостережень. Для цього точки спостереження були згруповані до різних типів кластерів, а кінцеві бали отриманих оцінок візуальних впливів опрацьовані за допомогою програми Excel, із визначенням балу, який відповідає значенню «задовільно» (в межах 0-20 балів), «помірно» (в межах 21-40 балів), «прийнятно» (в межах 41-60 балів). Також визначались: загальна кількість оцінок, що потрапила в даний кластер, середнє квадратичне відхилення за вибіркою, коефіцієнт варіації, та довірчі інтервали. Результати розрахунків наведені у відповідній таблиці дисертації.

Вперше визначено кластери урбосистеми, що зазнають помірного та задовільного рівня візуального впливу, в залежності від техногенних та доміантних об'єктів, що його формують. Проведено порівняння розподілу оцінок візуальної якості довкілля в усіх кластерах та підкластерах урбосистеми Івано-Франківська. Встановлено, що у підкластерах 16, 20, 26, максимальні показники візуального забруднення (це кластер багатоповерхової забудови та промисловий). Помірному візуальному впливу піддаються підкластери 2, 7, 8, 10, 15, 25, 29, що розташовані у кластерах приватної забудови, рекреаційному та промисловому. Прийнятному візуальному впливу відповідають такі підкластери урбосистеми Івано-Франківська – 1, 14, 17, 23, що належать до рекреаційного кластеру, тобто у цих зонах візуальний вплив є гармонійним, якісним, а перебування в цих зонах буде мати довготерміновий позитивний вплив на здоров'я мешканців урбосистем.

У **четвертому розділі «Дослідження фізичних впливів в межах урбосистеми м. Івано-Франківська»** наведені результати оцінки фізичних впливів в межах урбосистеми, а саме – радіаційного, акустичного та електромагнітного забруднення.

*Радіаційне забруднення.* Проведена класифікація дорожніх полотен в залежності від типу покриття, в межах одного типу було проведено заміри ПАЕД по  $\gamma$ -випромінюванню в 9 точках, загалом по території урбосистеми було оцінено 36 точок, а за отриманими результатами замірів побудовані графіки зміни значень в залежності від типу дорожнього покриття. Перевищень за отриманими значеннями не виявлено, тому в подальших розрахунках потенційного екологічного ризику цей фактор впливу не враховувався.

*Акустичне забруднення.* Встановлені основні джерела акустичного навантаження в межах урбосистеми: автотранспорт, особливо збільшені його потоки на основних магістралях міста, електричний транспорт, який використовується в мережі громадських перевезень, залізничний та авіатранспорт, зонально, в межах територій та об'єктів прибуття-вибуття, масові скупчення людей у межах ринків, торгівельних центрів. Встановлено нетиповим джерелом акустичного навантаження урбосистеми аудіо-бокси



«Вуличного радіо», проведено заміри у 12 точках. Загалом проведені заміри рівня звуку у 274 точках спостережень, створена база даних.

За результатами проведених досліджень для території урбосистеми була побудована карта акустичного навантаження – карта шуму (рис. 3).



Рис.3. Карта шуму в межах урбосистеми м.Івано-Франківська

*Електромагнітне забруднення.* Загалом проведені заміри у 210 точках спостережень за показниками напруженості електричного поля ( $E$ ), В/м; напруженості магнітного поля ( $H$ ), мА/м; поверхневої густини потоку енергії ( $W$ ) мкВт/см<sup>2</sup>, створена база даних за результатами замірів, що наведена у дисертації. За результатами проведених моніторингових спостережень було створено екологічні карти рівнів ЕМП (рис. 4). Для подальшого розрахунку потенційного екологічного ризику від дії комплексу факторів фізичних впливів, була побудована карта електромагнітного забруднення урбосистеми м. Івано-Франківська, де відліком ГДР по поверхневій густині потоку енергії врахований показник 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

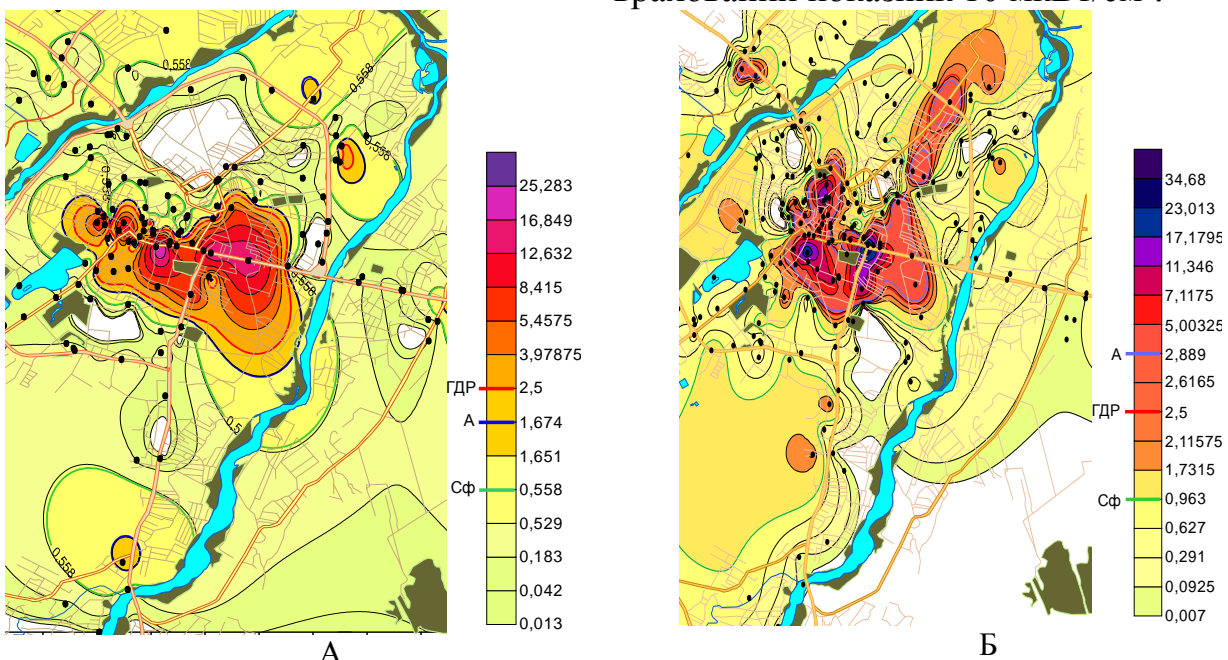


Рис. 4. Карти рівня електромагнітного поля за показником поверхневої густини потоку енергії, мкВт/см<sup>2</sup>, на території урбосистеми м. Івано-Франківська (А – станом на 2015 р.; Б – станом на 2017 р.)

За результатами замірів поширення ЕМП з висотою у 5 тестових об'єктах були створені бази даних, а для візуалізації електромагнітної ситуації, методом сплайнової інтерполяції програмного забезпечення Surfer® та CorelDRAW® були побудовані схематичні зображення контрольних точок.

У п'ятому розділі **«Результуюча оцінка потенційного екологічного ризику фізичної складової антропогенних навантажень в межах урбосистеми м. Івано-Франківська. Узагальнення результатів робіт»** наведена підсумкова оцінка проведених у роботі досліджень та запропонований методичний підхід до оцінки потенційного екологічного ризику фізичної складової.

Вперше запропоновано дворівневий просторовий функціональний підхід до кластеризації території та розрахунку потенційного екологічного ризику від фізичних факторів впливу, а саме: для просторово-територіальної інтерпретації результатів дослідження із врахуванням особливостей функціонального зонування території урбосистеми передбачено двоетапний поділ території міста. Перший етап відображений у другому розділі роботи, на другому етапі поділу територій, що належить до одного типу зонування, визначались контури ділянок або підкластерів із достатньо вираженими особливостями для їх ідентифікації. За основу був обраний територіальний поділ, згідно ДБН Б.2.2-12:2019, тому 29 підкластерів були відсортовані до таких територій, як: виробнича, сельбищна, історичної забудови, пам'яток та об'єктів культурної спадщини, ландшафтна та рекреаційна, приміська.

Вперше розроблено комплексний метод оцінки потенційних екологічних ризиків від впливу фізичних факторів антропогенного походження в межах урбосистем із застосування ГІС, що дозволило знайти методичний підхід до імплементації результатів оцінки візуальних впливів як фізичної складової в систему оцінки екологічних ризиків. З цією метою було використано прямий метод – знаходження площі території, де, за даними просторового розподілу результатів інструментальних вимірювань чи бальної оцінки, виявлено ділянки із перевищення допустимих рівнів. Значення отриманої площі по окремому фактору впливу в межах підкластера відносили до загальної площі даного підкластера шляхом ділення, де отримана частка оцінювалась як частота або щільність розподілу негативної події, при цьому негативною подією була наявність ділянок з перевищенням гранично-допустимих величин.

Для оцінки *фактору фізичного впливу електромагнітного забруднення*, була уточнена побудована карта поширення ЕМП. Процес визначення площ, в межах підкластерів, де було зафіксоване перевищення ГДР по фактору електромагнітного забруднення, наведено на рис. 5.

Для оцінки *фактору фізичного впливу шумового забруднення за аналогічною методикою* визначали площі, де було зафіксоване перевищення ГДР за цим видом впливу. Отримана карта за показником акустичного навантаження була уточнена, наведені контури за еквівалентним та максимальним рівнем звуку (рис. 6).

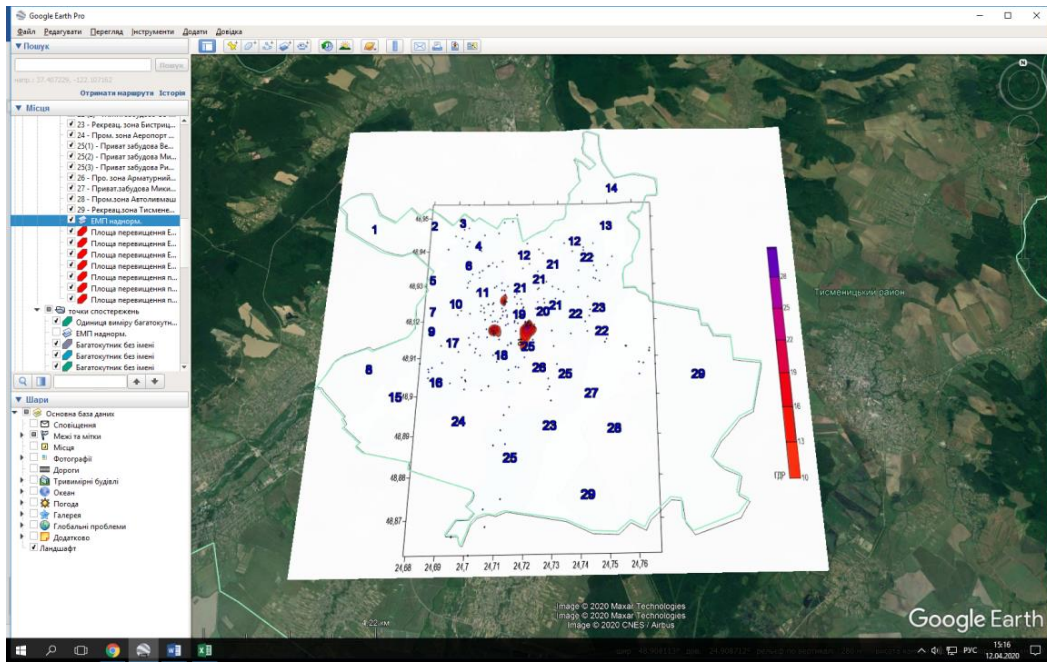


Рис.5. Визначення площі зафіксованого перевищення ГДР по фактору електромагнітного забруднення, за поверхневою густиною потоку енергії, на території урбосистеми м. Івано-Франківська

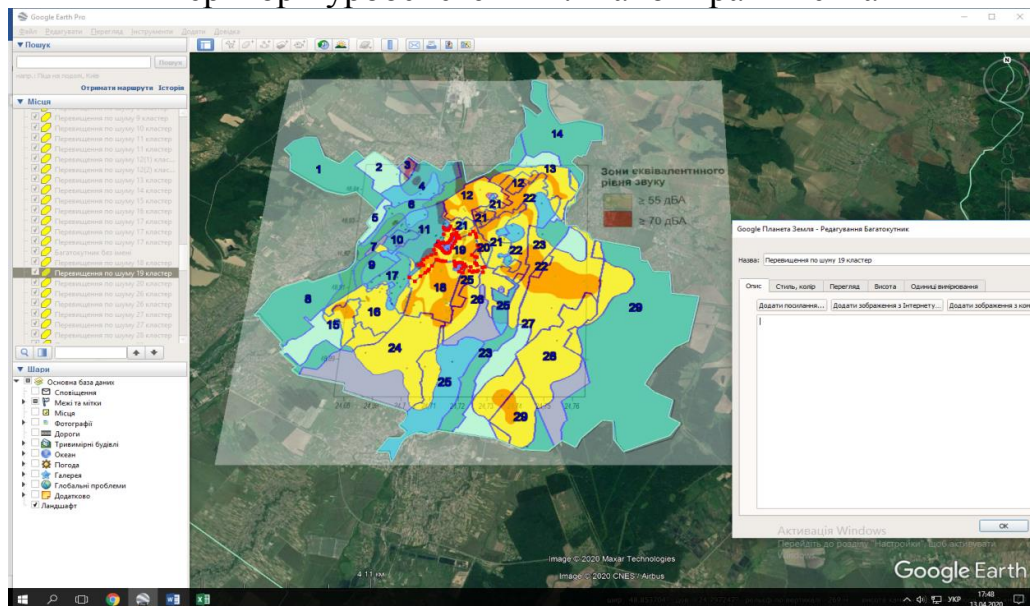


Рис.6. Визначення площі зафіксованого перевищення ГДР по фактору шумового забруднення, за еквівалентним рівнем звуку, на території урбосистеми м. Івано-Франківська

Для оцінки фактору фізичного впливу по візуальному забрудненню, було визначено площі із перевищенням граничного значення 20 балів. Процес визначення площ, у межах підкластерів, де було зафіксоване перевищення наведено на рис. 7.



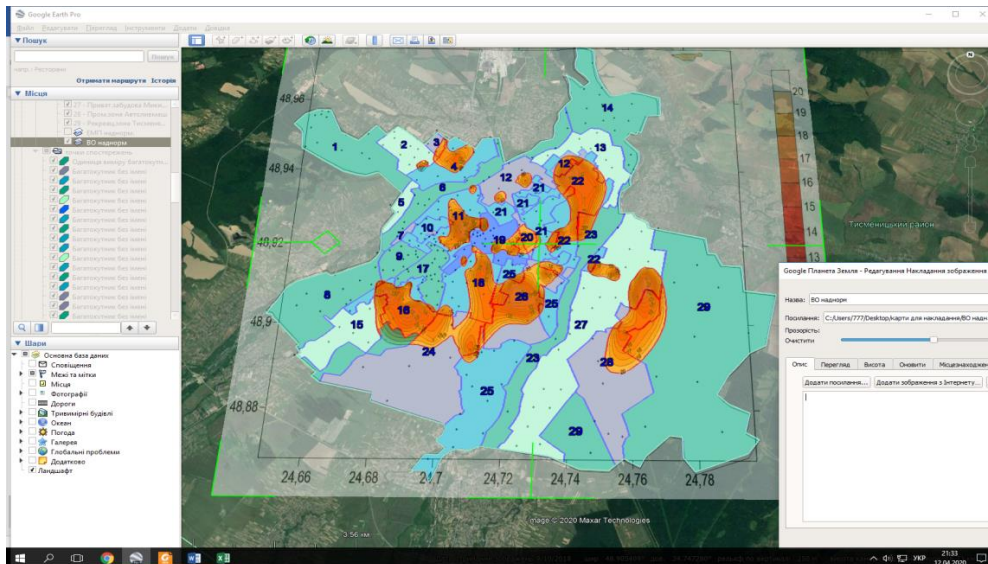


Рис.7. Визначення площі зафіксованого перевищення граничного показника в балах по фактору візуального забруднення на території урбосистеми м. Івано-Франківська

Наступним етапом в роботі було визначення показника щільності розподілу негативної події за фактором фізичного впливу, для цього отриману площу по окремому фактору впливу в межах підкластера відносили до загальної площі даного підкластера шляхом ділення. Отриману, в результаті розрахунків частку можемо оцінювати, як частоту або щільність розподілу негативної події  $N_i$  в межах підкластера; при цьому негативною подією є – встановлений факт перевищення допустимої величини або ГДР:

$$N_i = \frac{S_{\text{фіз}}}{S_{\text{підкластера}}}, \quad (4)$$

де  $S_{\text{фіз}}$  – площа по окремому фактору фізичного впливу в межах підкластера,  $\text{м}^2$ ;  $S_{\text{підкластера}}$  – загальна площа підкластера,  $\text{м}^2$ .

Також у підході до оцінки потенційного екологічного ризику від сукупності факторів фізичного впливу запропоновано використати додаткові корегуючі коефіцієнти, зокрема: коефіцієнт важливості фактора в межах окремих типів зонувань –  $K_{vi}$ ; коефіцієнт кратності перевищення встановленого гранично-допустимого рівня –  $n_i$ ; коефіцієнт, що характеризує сконцентрованість чи розосередженість впливів у межах території –  $K_{sj}$ .

Запропонований авторський підхід до визначення коефіцієнту важливості за фактором «електромагнітного впливу» та «візуального впливу» на основі методу присвоєння балів та методу експертної оцінки. Узгодженість думок обраних експертів перевірено за допомогою розрахунку коефіцієнту конкордації Кендала, для обчислення якого був використаний програмний продукт «AtteStat». Для фактору електромагнітного впливу коефіцієнт конкордації склав 0,83; для фактору візуального впливу – 0,812, що свідчить про достатньо надійну оцінку. Для фактору шумового впливу розрахований

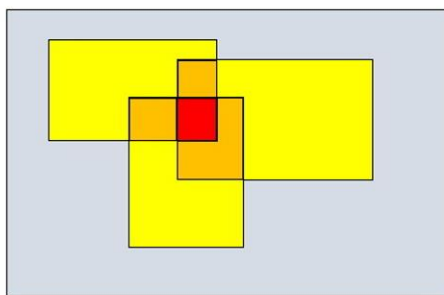
коефіцієнт важливості на основі ГДР нормативного документа за 10-ти ранговою шкалою, результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку коефіцієнту важливості за фактором шумового впливу

Тип зонування	ГДР (пункт з ДСН 463-2019)	Розрахунок відносної оцінки за 10-ранговою шкалою	Відносна оцінка за 10-ти ранговою шкалою	Коефіцієнт важливості, $K_{ei}$
Виробнича територія	70 (п. 48)	1	1	0,04
Приміська зона	60 (п. 47 та поправка д.3)	$0,333 \times (70-60)$	3,33	0,13
Сельбищна територія	55 (п. 42)	$0,333 \times (70-55)$	4,99	0,20
Територія історичної забудови та культурної спадщини	50 (п. 42 та поправка д.3)	$0,333 \times (70-50)$	6,66	0,26
Ландшафтна та рекреаційна територія	40 (п. 47, та поправка д.3)	$0,333 \times (70-40)$	10	0,38
Сума:			25,98	

Так як коефіцієнти важливості, це частки від навантаження за фізичним фактором впливу на які власне навантаження і збільшується, то це було враховано у розрахунках за формулою екологічного ризику. Аналогічне стосується усіх корегуючих коефіцієнтів оцінки.

З метою розмежування результатів фактичних оцінок за рівнем шкідливості впливу в роботі був розрахований коефіцієнт кратності перевищення нормативних рівні ( $n_i$ ) по всіх факторах фізичних впливів. Надалі цей коефіцієнт введений до результуючої формули.



- Межі кластера
- Межі наднормативних впливів
- Межі накладання 2-х факторів впливу
- Межі накладання 3-х факторів впливу

Рис.8. Типова схема визначення площі накладання декількох факторів

потенційного екологічного ризику

Для розрахунку коефіцієнту сконцентрованості впливів ( $K_{Sj}$ ) застосовано методи ітеративного оверлейного аналізу та оверлейнові операції. Метод полягає в накладанні декількох різнойменних шарів з генералізацією похідних об'єктів, які виникають при їхньому геометричному нашаруванні з успадкуванням їх атрибутів. Результатом аналізу були площі, в межах підкластера, на якій наявні накладання окремо 2-х та одночасне накладання 3-х факторів впливу (рис. 8). Якщо було виявлено накладання площі одночасно між двома різними групами факторів, тоді такі площі додавались. Якщо будь-які накладання відсутні, тоді значення не коригувалось. Якщо було виявлено



одночасне накладання зон по трьох складових – тоді визначена площа враховувалась окремо.

Вперше, з урахуванням значної деталізованості та просторово-територіальної диференціації, отримане розраховане значення ризику, що має під собою коректне законодавче та експертно-наукове підґрунтя. Розрахунок потенційного екологічного ризику запропоновано провести за наступною формулою:

$$R_{\text{фіз}} = \left( \sum_{i=1}^n H_i \cdot K_{\text{єі}} \cdot n_i \right) \prod_{j=1}^n K_{Sj}, \quad (5)$$

де  $R_{\text{фіз}}$  – потенційний екологічний ризик від сукупності впливу фізичних факторів;  $H_i$  – щільність розподілу надзвичайної події в межах кластера для і-того фактора;  $K_{\text{єі}}$  – коефіцієнт важливості і-того фактора за приналежністю до певного типу зонування;  $n_i$  – кратність перевищення ГДР і-того фактора;  $K_{Sj}$  – коефіцієнт сконцентрованості впливів за одночасного наднормативного впливу  $j$ -х (2-х або 3-ох) факторів.

В роботі проведена оцінка розрахованого значення потенційного екологічного ризику від впливу фізичних факторів за розробленою автором шкалою у % від максимального можливого по площі (табл. 2), яке відповідає одночасній дії досліджуваних факторів. Розподіл значень отриманих в результаті розрахунків наведений на діаграмі (рис.9).

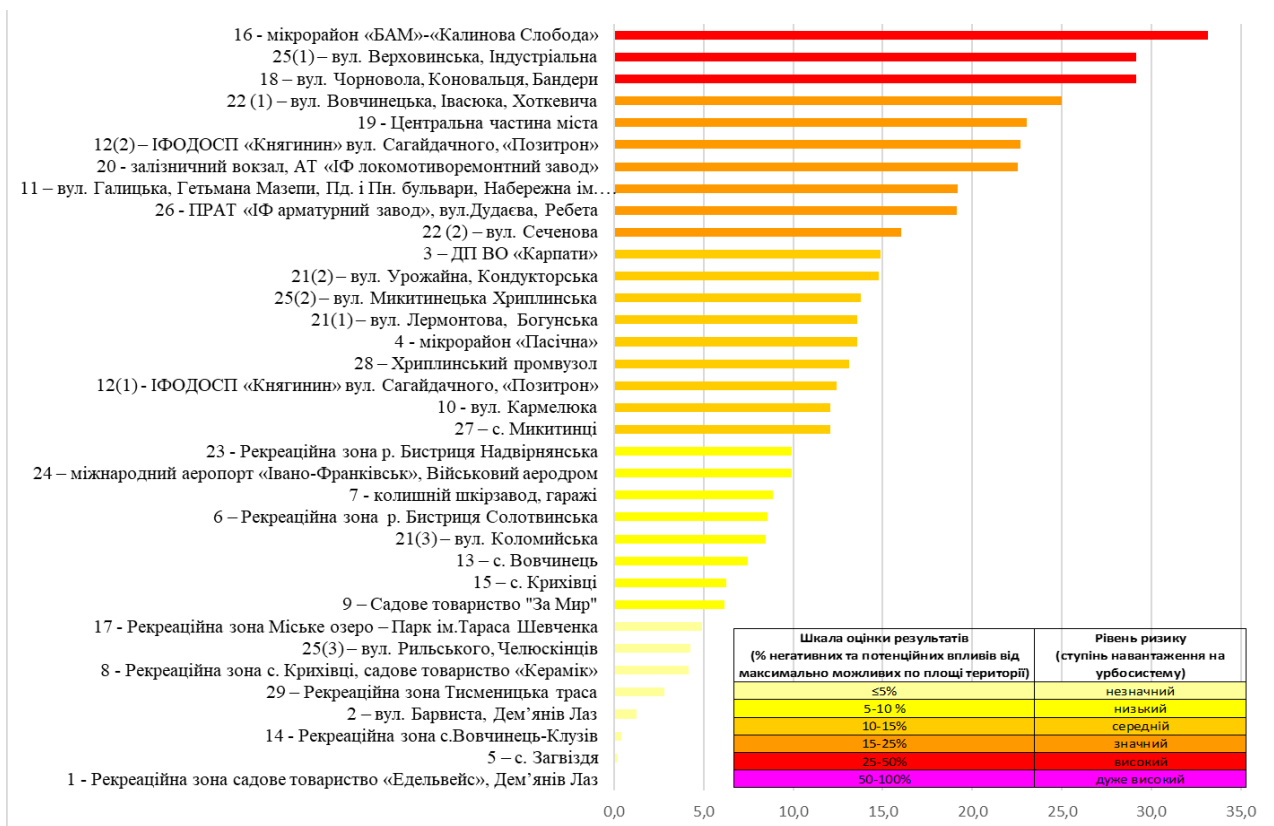


Рис.9. Розподіл значень отриманих в результаті розрахунків потенційного екологічного ризику для підкластерів урбосистеми м. Івано-Франківська

Запропонована шкала відповідає змішаній системі оцінки, в якій якісна складова може бути виражена через наслідки, ймовірність чи рівень ризику за відповідними ступенями впливу «незначний», «середній», «значний», «високий», «дуже високий» рівень ризику, що відповідає ступеню прояву негативного впливу в межах кластера. Натомість кількісна складова визначена у відсоткових інтервалах від максимально можливого впливу факторів на території і вказує на ймовірність негативного впливу на населення, яке там перебуває/мешкає. Так як за максимально можливий рівень негативного впливу взято суцільне перевищення ГДР досліджуваних факторів, імовірність негативного впливу на населення або потенційний екологічний ризик відповідатиме площі території зайнятої негативним впливом у %. Відсоткові інтервали обрано, як компромісні та поставлено у відповідність з якісними характеристиками ризику

Таблиця 2 – Шкала оцінки потенційного екологічного ризику від впливу фізичних факторів в межах урбосистеми

Шкала оцінки результатів (% негативних та потенційних впливів від максимально можливих по площі території)	Рівень ризику (ступінь впливу навантаження на урбосистему)
≤5%	незначний
5-10 %	низький
10-15%	середній
15-25%	значний
25-50%	високий
50-100%	дуже високий

Для візуалізації просторового поширення потенційного екологічного ризику в межах урбосистеми створене картографічне зображення (рис. 10), де на основі розрахованих значень відображено наступне: дуже високий потенційний екологічний ризик не зафіксований на території міста, але виділяються 3 підкластери з високим значенням ризику від 25-50% за запропонованою шкалою оцінки, які зосереджені переважно в центральній частині міста, зокрема сельбищної території «БAM-Калинова Слобода», «Чорновола – Бандери», «Верховинська – Індустріальна», а саме 16, 18, 25(1) підкластери. Значному потенційному екологічному ризику піддається населення урбосистеми – у 11, 12(2), 19, 20, 22, 26 підкластерах. Несприятливою є ситуація на територіях, які прилягають до виробничих зон, промислових споруд, а також безпосередньо в межах житлової забудови у центральній частині міста та віддалених мікрорайонах (Каскад, Позитрон, частина Пасічної, БAM). Середньому потенційному екологічному ризику від впливу сукупності фізичних факторів піддається населення, що мешкає/працює у 3, 4, 10, 12(1), 21, 25(2), 27, 28 підкластерах. Території на яких потенційний ризик від досліджуваних впливів практично відсутній, тобто піддаються низькому та незначному ризику, належать до приміських, ландшафтно-рекреаційних зон. Не виявлено будь-яких наднормативних рівнів

досліджуваних впливів в межах ландшафтної та рекреаційної території «Дем'янів Лаз, Садове товариство «Едельвейс».

Практичним значенням отриманих у роботі результатів є розроблені заходи щодо зниження потенційного екологічного ризику від фізичних факторів впливу, що дає можливість підвищити її рівень екологічної безпеки. Заходи визначено відповідно до розробленої шкали оцінки ризику. Встановлено, що реалізація заходів щодо покращення візуальної якості середовища може мати непрямий вплив, знижуючи ризик по інших факторах пріоритетності.

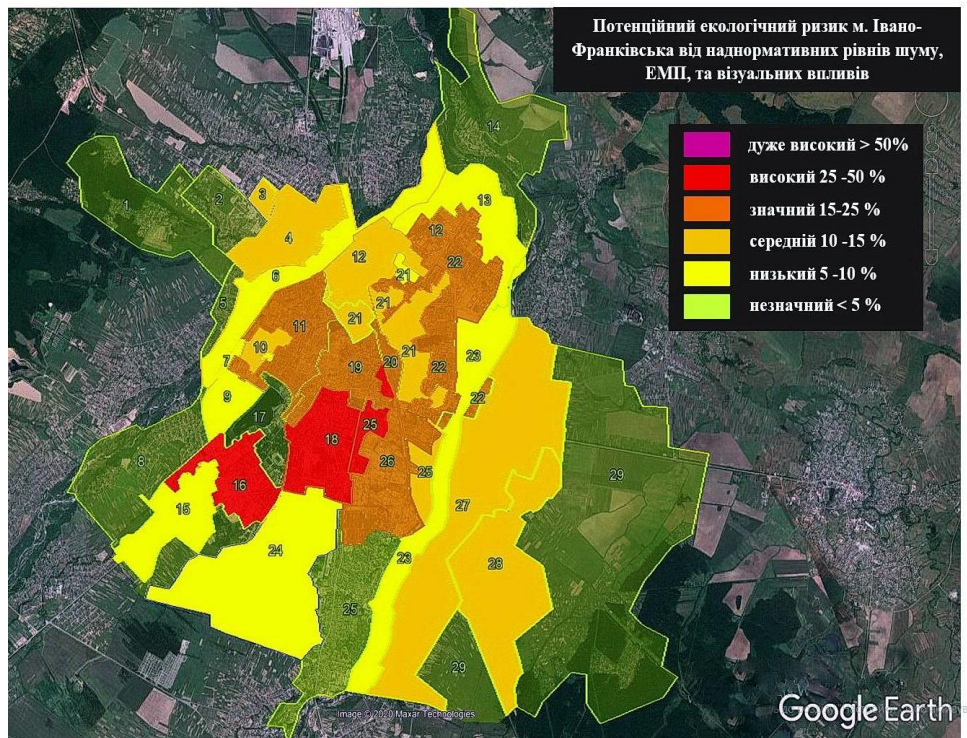


Рис. 10. Підсумкова карта розподілу потенційного екологічного ризику від поширення наднормативних рівнів шуму, електромагнітного поля, візуальних впливів в межах урбосистеми м. Івано-Франківська

Автором визначено сферу практичного впровадження досягнутих у роботі результатів, зокрема розробленої методики та результатів оцінки.

Першим важливим напрямом впровадження результатів оцінки є математична концептуалізація та адаптація до наявних систем оцінювання екологічних ризиків. Результатом такої адаптації є єдина репрезентативна величина, яка може бути визначена на основі дійсних значень вимірювань, так і методами моделювання та екстраполяції. Реалізація цих положень дозволить враховувати значення потенційного екологічного ризику в процесі прийняття управлінських рішень, при визначенні рівня впливу будь-якої соціально-значущої діяльності, де можуть мати місце наднормативні рівні як фізичних, так і хімічних факторів. Автором здійснено важливий внесок щодо повноти оцінки фізичних впливів, зокрема в частині оцінки візуального впливу та її імплементації в загальну систему оцінки.

Другим напрямом є удосконалення принципів моніторингових спостережень у населених пунктах за рахунок диференціації території, що дозволить правильно розподілити матеріальні ресурси в процесі досліджень. Застосування даних про розподіл ризиків і внесок кожного фактора в загальному результаті дозволить знизити похибки та невизначеності майбутніх результатів моніторингу.

Наступним важливим стратегічним напрямком від реалізації отриманих результатів є екологічне стимулювання в сфері розвитку інфраструктури, розбудови населених пунктів, стимулювання впровадження екологічних заходів у комунально-господарській та виробничій сфері, створення можливості для екологічно-обґрунтованого вибору житла у визначених зонах, імплементації результатів у нормативну грошову оцінку земельних ділянок, виходячи із рівня потенційного ризику та екологічної обізнаності. Натомість ділянки з високим значенням потенційного екологічного ризику необхідно розглядати при розробці екологічних програм розвитку міст, де в рамках соціальної політики повинні бути запропоновані заходи із оздоровлення груп населення, що тривалий час перебувають на цих територіях.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі вирішене актуальне завдання підвищення рівня екологічної безпеки для населення урбосистем (на прикладі м. Івано-Франківська) шляхом інструментальних вимірювань та оцінки впливів від фізичних факторів антропогенного походження (радіоактивного випромінювання, акустичного та електромагнітного забруднення, візуальних впливів), здійснена розробка комплексної оцінки потенційного екологічного ризику від впливу зазначених факторів, а саме:

1. Запропонований автором підхід до оцінки візуальних впливів урбанізованої території та градація значень із застосуванням елементів експертної оцінки та структурно-інформаційного аналізу даних, а також розроблено графічно-кластерну модель урбосистеми м. Івано-Франківська.

2. На основі експериментальних досліджень з оцінки візуальних впливів у 340 точках території урбосистеми м. Івано-Франківська, запропонований та розрахований показник візуальної якості середовища, розроблено і апробовано програмне забезпечення “VisualEcosafety”. Побудовано порівняльні карти оцінки візуальної якості середовища, встановлені ділянки, що піддаються візуальному забрудненню, а також такі, які сприятливі для проживання населення з точки зору візуальних впливів.

3. Набули подальшого розвитку наукові підходи до оцінки фізичних впливів, а саме: здійснено заміри у 36 точках спостереження по радіоактивному випромінюванню; проведено заміри еквівалентного та максимального рівня звуку у 274 точках спостережень; визначені основні джерела шуму; здійснено заміри максимальних та середніх значень складових ЕМП у 210 точках спостережень. За результатами замірів побудовані карти акустичного навантаження (карта шуму) та електромагнітного забруднення високочастотного діапазону. Проведено заміри поширення ЕМП з висотою

всередині 5 тестових об'єктів, а для візуалізації електромагнітної ситуації побудовані схематичні зображення кожної із контрольних точок.

4. Автором запропоновано підхід до оцінки потенційного екологічного ризику на основі результатів просторового аналізу складових фізичного впливу, що може бути використано для територій подібних урбосистем. Розроблена формула для розрахунку потенційного екологічного ризику. Розраховане значення оцінюється за розробленою шкалою оцінки у % від максимально можливого, яка відповідає одночасній дії досліджуваних факторів в межах всієї площі підкластеру.

5. Проведено оцінку потенційного екологічного ризику для урбосистеми м. Івано-Франківська, а також створено базу даних та картографічне зображення просторового поширення потенційного екологічного ризику. На основі вище наведеної оцінки запропоновані рекомендації для практичного застосування методів та результатів оцінок, сформульовані заходи щодо зниження потенційного екологічного ризику від факторів фізичного впливу.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Колективна монографія

1. Екологічна безпека нафтогазового комплексу у Західному регіоні України: колективна монографія [О. М. Адаменко, **Т. В. Кундельська** та ін.]; За ред. проф. Я. О. Адаменка. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 384 с. *Особистий внесок – аналіз методичних підходів до оцінок екологічних ризиків, регламентованих в Україні.*

### Статті у закордонних наукових періодичних виданнях

2. Adamenko Ya., Coman M., **Kundelska T.** Ecological safety of Ivano-Frankivsk urban system according to acoustical and electromagnetic load factors. *Scientific Bulletin of North University Center of Baia Mare / Series D Mining, Mineral Processing, Non-ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering. Romania. 2017, Vol. XXXI № 2. Indexed ProQuest, EBSCO, ERIN PLUS. P. 27-33.* *Особистий внесок – проведено інструментальні вимірювання шумових параметрів, поверхневої густини потоку енергії в контрольних точках урбосистеми, аналіз електромагнітної ситуації.*

### Статті у фахових виданнях України

3. Адаменко Я. О., **Кундельська Т. В.**, Николак М. М. Оцінка впливів освоєння нафтогазоконденсатних родовищ на навколишнє середовище. *Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ».* Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2005. №3 (16). С. 53-58. *Особистий внесок – оцінка впливів фізичних полів природного та антропогенного походження на соціальне середовище, а також оцінка впливів на рослинний, тваринний світ та ґрунти, внаслідок освоєння родовищ.*

4. **Кундельська Т. В.**, Гаврилук Х. Р., Гринюк В. І. Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря викидами СО від автотранспорту. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування».* Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. №1 (11). С. 87-90.



*Особистий внесок – визначення складу руху автотранспорту, аналіз результатів дослідження по вмісту оксиду вуглецю в атмосферному повітрі.*

5. **Кундельська Т. В.,** Бринуш Н. П., Євчук О. П. Оцінка забруднення оксидом вуглецю атмосферного повітря від автотранспорту по вул. Довгій в м.Івано-Франківську. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. №1 (13). С. 47-51. *Особистий внесок – визначення інтенсивності та складу руху автотранспорту, аналіз результатів дослідження по вмісту оксиду вуглецю.*

6. **Кундельська Т. В.,** Дмитрів А. П. Оцінка забруднення радіонуклідами дорожнього покриття міста Івано-Франківська. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. №2 (14). С. 108-113. *Особистий внесок – проведення інструментальних вимірювань та обробка результатів дослідження потужності амбієнтного еквівалента дози по гамма-випромінюванню.*

7. **Кундельська Т. В.** Визначення рівня шумового забруднення на території міста Івано-Франківська в контексті сталого розвитку. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. №1 (15). С. 239-250.

8. **Кундельська Т. В.,** Микицей М. Т. Дослідження електромагнітного забруднення, ускладненого впливом базових станцій стільникового зв'язку, на урбанізованій території міста Івано-Франківська. *Збірник наукових праць «Екологічна безпека та природокористування»*. Київ: Київський національний університет будівництва та архітектури, 2017. № 1-2 (23). С. 20-27. *Особистий внесок – проведено інструментальні вимірювання, проаналізовано динаміку змін параметрів ЕМП з часу попередніх досліджень, визначено вклад базових станцій стільникового зв'язку в електромагнітну ситуацію.*

9. **Kundelska T.** The scope of EIA in Ukraine – Scientific Priorities of the Professor Yaroslav Adamenko. *Науковий журнал «Environmental problems»*. Lviv: Національний університет “Львівська політехніка», 2017. Vol. 2, N. 3(5). P. 179-186.

10. **Кундельська Т. В.** Огляд методик оцінки візуальних впливів в межах урбосистеми та пропозиції щодо проведення такої оцінки на території м. Івано-Франківська. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. №2 (17). С. 86-91.

11. **Кундельська Т. В.,** Микицей М. Т. Оцінка візуальних впливів на навколишнє середовище в межах міста Івано-Франківська. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. №2 (18). С. 38-45. DOI: 10.31471/2415-3184-2018-2(18)-38-45 *Особистий внесок – запропоновано узагальнену методичку оцінки візуальних впливів на території урбосистеми, проведено оцінку на прикладі м. Івано-Франківська. Проаналізовано просторовий розподіл візуальних впливів, визначено зони з низьким показником візуальної сприйнятливості.*

#### **Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір**

12. **Кундельська Т. В.,** Крихівський М. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма

оцінювання стану візуальної екологічної безпеки в пунктах спостереження» («VisualEcoSafety») № 87434 від 04.04.2019 року, видане Міністерством економічного розвитку і торгівлі України. *Особистий внесок – розробка алгоритму та підходу до оцінки візуальної екологічної безпеки.*

### **Тези та матеріали наукових конференцій**

13. Галькевич У. В., Юрченко Я. В., **Кундельська Т. В.**, Орфанова М. М. Вплив міста на центральну нервову систему людини. *Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища*: збірник наукових праць до Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців. (Рівне, 7-8 листопада 2013 р.). Рівне: Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2013. С. 48-50. *Особистий внесок – проведення експериментального дослідження щодо фізіологічних показників нервової системи серед студентів старших курсів інженерно-екологічного факультету.*

14. Гедзик С. І., Бойчук О. З., **Кундельська Т. В.** Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря чадним газом від викидів автотранспорту на центральних вулицях м.Івано-Франківська. *Біологічні дослідження-2015*: збірник наукових праць до VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Житомир, 11-12 березня 2015 р.). Ж.: ЖДУ імені Івана Франка, 2015. С. 242-244. *Особистий внесок – визначення інтенсивності руху автотранспорту, аналіз результатів дослідження.*

15. **Кундельська Т. В.**, Николин В. Р. Визначення акустичного навантаження в центральній частині м. Івано-Франківська на зупинках громадського транспорту. *ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації*: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. (Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2017. С. 34-36. *Особистий внесок – опрацювання результатів замірів акустичного навантаження на зупинках громадського транспорту.*

16. **Кундельська Т. В.**, Микицей М. Т. Динаміка зміни електромагнітного забруднення на території міста Івано-Франківська, що ускладнена впливом базових станцій стільникового зв'язку. *Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції*: збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Харків, 21 квітня, 2017 р.). Харків: ГО «Регіональний центр науково-технічного розвитку», Харківська державна наукова бібліотека ім. В. Г. Короленка., 2017. С. 102-108. *Особистий внесок – інструментальні вимірювання параметрів електромагнітного випромінювання, аналіз розподілу показників поверхневої густини потоку енергії в межах м.Івано-Франківська.*

17. **Кундельська Т. В.**, Дмитрів А. П. Оцінка забруднення радіонуклідами дорожнього покриття на території міста Івано-Франківська. *ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки. Екологічна безпека*: тези доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів. (Київ, 4-7 травня 2017 р.). Київ: Національний авіаційний університет, 2017. С. 65. *Особистий внесок – аналіз результатів інструментальних вимірювань дослідження потужності амбієнтного еквівалента дози по гамма-випромінюванню різних типів дорожнього покриття в межах Івано-Франківська.*

18. **Кундельська Т. В.** Формування концепції сталого розвитку міста Івано-Франківська шляхом організації зелених шумозахисних зон враховуючи фактори акустичного забруднення. *Екологічні проблеми Прикарпаття в контексті концепції збалансованого розвитку*: матеріали науково-теоретичної конференції. (Івано-Франківськ, 29 травня 2017 р.). Івано-Франківськ: Івано-Франківська облдержадміністрація, Івано-Франківський краєзнавчий музей, Івано-Франківський обласний осередок Всеукраїнської екологічної ліги, 2017. С. 32-42.

19. **Кундельська Т. В.** Оцінка впливу електромагнітного та візуального забруднення на населення урбосистеми міста Івано-Франківська. *Проблеми екологічної безпеки*: збірник тез доповідей XV Міжнародної науково-технічної конференції. (Кременчук, 11-13 жовтня 2017 р.). Кременчук: КрНУ імені М.Остроградського., 2017. С. 95.

20. **Кундельська Т. В.** Аналіз підходів до оцінки візуальних впливів на території урбосистеми. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування*: тези доповідей V Міжнародної наукової конференції молодих вчених. (Харків, 29-30 листопада 2017 р.). Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. С. 191-192.

21. Крихівський М. В., **Кундельська Т. В.** Оцінка візуальних впливів в межах урбосистем за допомогою комп'ютерної програми VisualEcoSafety. *«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта-наука-виробництво-2019»*: збірник тез доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 17-18 квітня 2019 р.). Харків: Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, 2019. С.62-63. *Особистий внесок – розробка алгоритму проведення оцінки візуальних впливів за допомогою комп'ютерної програми VisualEcosafety.*

22. Glibovytska N. I., **Kundelska T. V.** The role of green plantations in formation of urbanized territories' microclimate. *«Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»*: збірник тез доповідей на міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців, аспірантів та здобувачів вищої освіти. (м. Рівне, 10 травня 2019 р.). Рівне: Нац. ун-тет водн. г-ства та природокор., 2019. С.388-389. *Особистий внесок – виклад результатів акустичних досліджень в зелених зонах міста.*

23. **Кундельська Т. В.** Обґрунтування напрямку реалізації комплексної оцінки потенційного екологічного ризику в межах урбосистеми Івано-Франківська. *«Наукові підсумки 2020 року»*: збірник тез доповідей LVII міжнародної інтернет-конференції (Вінниця, 17 грудня 2020 р.). Вінниця, 2020. С. 209-213

24. **Кундельська Т. В.** Результати оцінки потенційного екологічного ризику від впливів фізичних факторів в межах урбосистеми Івано-Франківська. *«Science and technology»*: збірник тез доповідей XIII міжнародної інтернет-конференції (Manchester, Great Britain, 21-22 грудня, 2020 р.). Manchester: Nika Publishing, 2020. P. 76-80.



## АНОТАЦІЯ

**Кундельська Т. В. Оцінка та прогнозування потенційного екологічного ризику від фізичних факторів впливу в урбосистемі (на прикладі м. Івано-Франківська).** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2021. Спеціалізована Вчена рада Д 20.052.05.

В результаті проведення комплексних теоретичних та експериментальних досліджень у дисертації запропоновано та обґрунтовано нові наукові положення, висновки та рекомендації, що дозволять підвищити якість прийняття управлінських рішень щодо забезпечення екологічної безпеки для населення урбанізованих територій, в частині зниження рівня акустичного, електромагнітного, візуального впливу та прогнозування потенційного екологічного ризику від зазначених впливів при їх одночасній дії.

Загалом у дисертаційній роботі одержані наступні результати.

Проаналізовані наукові результати та методичні підходи попередніх досліджень щодо оцінки екологічних ризиків від впливів антропогенного походження, що є критерієм екологічної безпеки міського середовища зокрема.

Проведено експериментальні дослідження з оцінки фізичних впливів антропогенного походження, а саме шумового, електромагнітного, радіаційного та візуального впливів.

Розроблено та актуалізовано підхід до оцінки візуальних впливів в межах урбосистем за трьома групами критеріїв та запропонована власна шкала оцінювання. Розроблено графічно-кластерну модель урбосистеми для оцінювання візуальних впливів. Наслідком запропонованого підходу є проведені експериментальні дослідження із визначення показника візуальної якості довкілля з подальшим картографуванням результатів оцінки, також розроблено програмне забезпечення для проведення такої оцінки – комп'ютерна програма *VisualEcoSafety*.

Запропоновано метод оцінки потенційного екологічного ризику на основі результатів просторового розподілу складових фізичного впливу: еквівалентного та максимального рівня звуку, поверхневої густини потоку енергії, візуальних впливів на населення урбосистеми. Розроблена формула для розрахунку потенційного екологічного ризику, а розраховане значення оцінюється за розробленою автором шкалою у % від максимального можливого по площі, яке відповідає одночасній дії досліджуваних факторів. Результати розрахунку зведені до таблиці баз даних. Створене картографічне зображення просторового поширення потенційного екологічного ризику від фізичних факторів антропогенного походження в межах урбосистеми м.Івано-Франківська.

Практична частина роботи полягає у розробці нових підходів в оцінці ризиків із застосуванням картографічних моделей просторового розподілу фізичних факторів впливу, імплементації візуальних впливів, як складової фізичного забруднення урбосистеми в оцінку ризиків та підвищення точності

такої оцінки. А також, в удосконаленні науково-методичних основ діагностики та прогнозування рівнів фізичних факторів впливу на урбанізованих територіях та створенні науково-обґрунтованої бази даних спостережень; можливості використання теоретичних та практичних досліджень у розробці заходів щодо зниження потенційного екологічного ризику. Результати дисертаційної роботи пройшли достатню апробацію та мають впровадження, що підтверджено відповідними актами.

**Ключові слова:** екологічна безпека, оцінка впливів на довкілля, візуальне забруднення, візуальні впливи, урбосистема, електромагнітне забруднення, акустичне навантаження, радіаційне забруднення, потенційний екологічний ризик.

## ABSTRACT

***Kundelska T. V. Assessment and prognosis of the potential ecological risk from physical factors influence in urban system (on the example of Ivano-Frankivsk city).***- Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a scientific degree of candidate of technical sciences, speciality 21.06.01- Environmental Safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2021 Specialized scientific council D 20.052.05

As a result of complex theoretical and experimental researches in the qualifying scientific work new scientific theses, conclusions and recommendations are suggested and well-grounded that will allow to improve the quality of administrative decisions acceptance regarding ecological safety ensurance for populations of urbanized territories in part of lowing the level of acoustic, electromagnetic, visual influence and prognosis of potential ecological risk from mentioned influences at their synchronous action.

In general, the following results are received in the qualifying scientific work.

Scientific results and methodical approaches from previous researches regarding environmental risks assessment from anthropogenic factors influence are analyzed, which are criterions of ecological safety, in particular, of urban environment.

Experimental researches of physical influences of anthropogenic origin assessment are carried out, namely: noise, electromagnetic, radiative and visual influences.

The author's approach to the assessment of visual impacts within urban systems according to three groups of criteria is developed and updated and our own assessment scale is proposed. A graphical-cluster model of the urban system for assessing visual impacts is designed. A consequence of suggested approach are carried on experimental researches in determination of the indicator of visual quality of the environment with further mapping of assessment results, also is designed software to carry on such an assessment – computer program *VisualEcoSafety*.

A method for assessing the potential environmental risk based on the results of the spatial distribution of physical impact components is suggested: equivalent and maximum sound level, surface energy flux density; visual effects on the urban system's population. The own formula for the potential ecological risk calculation is

developed, and the calculated value of potential ecological risk is estimated on the estimation scale developed by the author in % of the maximum possible on the area which corresponds to simultaneous action of the investigated factors. The calculation results are summarized in the database table. The cartographic image of spatial distribution of potential ecological risk from physical factors of anthropogenic origin within the urban system of Ivano-Frankivsk is created.

The practical part of the work is to develop new approaches to risk assessment using cartographic models of physical factors spatial distribution, implementation of visual effects as a component of physical pollution of the urban system in risk assessment and increase the accuracy of such assessment. And also, in improvement of scientific and methodical bases of diagnostics and prognosis of physical factors influence levels in the urban areas and creation the scientifically substantiated database of supervision; opportunities to use theoretical and practical research in the development of measures to reduce potential environmental risk. The results of the qualifying scientific work have been sufficiently tested and are implemented, which is confirmed by the relevant acts.

**Keywords:** environmental safety, environmental impact assessment, visual pollution, visual impacts, urban system, electromagnetic pollution, acoustic loading, radiation pollution, potential environmental risk.