

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка

На правах рукопису

ГАЛАГАН ОЛЕКСАНДР ОПАНАСОВИЧ

УДК 911.9 [502.6 : 504.054]

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ  
ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ ГЕОСИСТЕМ СПОЛУКАМИ ВАЖКИХ  
МЕТАЛІВ**

11.00.01 – фізична географія, геофізика і геохімія ландшафтів

Дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Науковий керівник:  
Гродзинський Михайло Дмитрович,  
доктор географічних наук, професор,  
член-кореспондент НАН України

Київ - 2016

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>5</b>
 <b>Розділ 1. Аналіз теоретичних і прикладних географічних досліджень розповсюдження та міграції важких металів</b>	
1.1. Ландшафтно-геохімічні і еколого-картографічні дослідження розповсюдження та умов міграції важких металів.....	14
1.1.1. Чинні уявлення про дорожні ландшафти та їх забруднення.....	14
1.1.2. Застосування ландшафтно-геохімічних методів у дослідженнях дорожніх ландшафтів.....	16
1.1.3. Основні підходи до картографування ландшафтно-геохімічних процесів.....	20
1.2. Моделювання міграційних процесів у ландшафтах та поведінки важких металів у них.....	22
1.2.1. Моделювання міграційних процесів у ландшафтах.....	23
1.2.2. Геоінформаційне моделювання поведінки важких металів у геосистемах.....	25
1.3. Методологічні аспекти і задачі досліджень .....	26
1.3.1. Терміни і поняття, що використовуються в роботі.....	26
1.3.2. Показники процесів забруднення та самоочищення геосистем.....	30
1.3.3. Постановка задач дослідження.....	31
Висновки до розділу 1.....	34
 <b>Розділ 2. Аналіз природних та антропогенних чинників забруднення сполуками важких металів приавтомагістральних геосистем на прикладі тестових ділянок.....</b>	
2.1. Обґрунтування вибору тестових ділянок для відпрацювання положень методики дослідження.....	37
2.2. Природні умови території, як чинник формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук важких металів у приавтомагістральних геосистемах.....	40
2.2.1. Ґрунтоутворні породи, як фактор зміни умов міграції важких	

металів.....	40
2.2.2. Морфометричні особливості території дослідження, як фактор міграції важких металів.....	42
2.2.3 Кліматичні особливості території, як фактор міграції важких металів.....	45
2.2.4. Поверхневі та ґрунтові води, як фактор міграції важких металів..	47
2.2.5. Ґрунти, як фактор міграції важких металів у приавтомагістральних геосистемах.....	48
2.2.6. Вплив рослинного покриву на розподіл важких металів у геосистемах.....	52
2.2.7. Ландшафтні комплекси тестових ділянок .....	57
2.3. Антропогенні фактори формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук важких металів у приавтомагістральних геосистемах.....	60
2.3.1. Промислові об'єкти, як чинник забруднення території сполуками важких металів.....	61
2.3.2. Агропромисловий комплекс як чинник формування первинного та вторинного поля забруднення територій сполуками важких металів..	62
2.3.3. Автомобільний транспорт, як чинник забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних геосистем.....	65
Висновки до розділу 2.....	69
<b>Розділ 3. Вихідні положення методики геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем.....</b>	<b>72</b>
3.1. Змістовно-класифікаційні положення методики моделювання .....	72
3.2. Загальна алгоритмічна схема геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем.....	76
3.2.1. Методика розрахунку та геоінформаційного моделювання кількості ВМ, привнесених у ґрунти приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії.....	81

3.2.2. Методика розрахунку та геоінформаційного моделювання кількості сполук ВМ, винесених з ґрунту за межі приавтомагістральних геосистем та/ або виведених з міграційних потоків.....	97
Висновки до розділу 3.....	114
<b>Розділ 4. Реалізація методики геоінформаційного моделювання актуального рівня забруднення свинцем приавтомагістральних геосистем тестових ділянок.....</b>	<b>117</b>
4.1. Геоінформаційне моделювання розрахункової кількості сполук Р <sub>в</sub> , привнесених у ґрунти приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії.....	118
4.1.1. Розрахунок кількості сполук Р <sub>в</sub> , що надходять у приавтомагістральні геосистеми із викидами автотранспорту.....	118
4.1.2. Створення блоку БД «Надходження сполук свинцю».....	126
4.2. Геоінформаційне моделювання розрахункової кількості сполук Р <sub>в</sub> , винесених з ґрунту за межі та/або виведених з міграційних потоків приавтомагістральних геосистем .....	131
4.3. Визначення актуального рівня забруднення сполуками свинцю приавтомагістральних геосистем .....	142
Висновки до розділу 4.....	148
<b>Висновки.....</b>	<b>151</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>155</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>174</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Важкі метали (ВМ), що надходять з викидами автотранспорту на поверхню ґрунту, формують вздовж автошляхів локальні техногенні аномалії. Згідно державних стандартів України, що встановлюють норми, яким має відповідати пальне, за своїми фізико-хімічними показниками, вміст ВМ, в порівнянні з попередніми роками, у ньому суттєво скоротився [9, с. 5]. Навіть за тенденції до підвищення якості пального проблема не втратить свого значення й надалі, адже головною властивістю ВМ є їх здатність до накопичення в геосистемі. Тому, дослідження приавтомагістральних геосистем і перерозподілу у їх межах сполук ВМ є актуальним напрямком у розвитку геохімії ландшафтів. Даний напрямок становить не лише науковий, а й господарський інтерес, адже у межах впливу автодоріг часто перебувають сільськогосподарські угіддя. Виокремлення найбільш безпечних сьогоденних і перспективних місць вирощування сільськогосподарської продукції є необхідною складовою у забезпеченні її якості, зокрема за вмістом важких металів, та украй необхідним, у світлі відкриття Європейських ринків збуту.

Перманентний характер надходження поллютантів, якого зазнають геосистеми, та неоднорідність механізмів перерозподілу ВМ в їх межах визначають складність оцінки їх стану та швидкості процесу забруднення. Це, в свою чергу, зумовлює необхідність виконання специфічних модельних побудов з використанням геоінформаційних технологій для їх реалізації, зокрема у визначенні просторових характеристик поля забруднення.

Існуючі на сьогодні розробки цього питання проводяться в біогеохімічному та геохімічному напрямку, де здебільшого, переважають уявлення про перерозподіл ВМ або суто між сусідніми геосистемами, або між геокомпонентами в межах однієї геосистеми.

Комплексний геосистемний підхід при вивченні інтегральних залежностей і взаємодій поллютантів та компонентів геосистеми та

можливості інструментарію ГІС у моделюванні перерозподілу ВМ, наразі лишається недостатньо обґрунтованим у методично-прикладному відношенні. Тому розвиток принципів і способів геоінформаційного моделювання при визначенні рівня та просторових параметрів поля забруднення важкими металами є актуальним питанням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дослідження за змістом дисертації виконувались згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри фізичної географії та геоєкології, а також за участі автора в рамках виконання: договорів «Оцінка впливу на ґрунти, рослинний і тваринний світ енергоблоку №2 Хмельницької АЕС (ОВНС – пп. 2.2, 2.3, 4.5 (4.5.1, 4.5.2, 4.5.3), 4.6 (4.6.1, 4.6.2.1, 4.6.2.3), 8.1.2)», «Оцінка впливу на ґрунти, рослинний і тваринний світ енергоблоку № 4 Рівненської АЕС» (ОВНС – пп. 2.1,2.3, 2.4, 2.5, 4.5, 4.6, 6.7, 8.3.1)); науково-технічної роботи «Дослідження та розробки в галузі географічних наук (розробка Програми загальноміських заходів щодо відновлення та впорядкування озер, річок, ставків та джерел у м. Києві на період до 2015 року)» у державному піжприємстві «Центр екологічного моніторингу України» (1999-2002, 2011 рр.); держбюджетної теми географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Екологічна і природно-техногенна безпека України в регіональному вимірі» № 14 БП 050-02 (№ д.р.0114U003476, 2014 – 2015 рр.).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є розроблення методики геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками важких металів за допомогою визначення актуального рівня забруднення та верифікація положень методики на прикладі сполук свинцю.

Відповідно до мети, було поставлено низку *задач*, а саме:

– провести аналіз та узагальнення теоретичних і прикладних основ вивчення процесів розповсюдження важких металів у геосистемах з особливою увагою до їх моделювання;

- провести комплексний аналіз природних та антропогенних факторів формування актуального рівня забруднення сполуками ВМ територій тестових ділянок;

- розкрити основні положення методики геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем;

- розробити методику розрахунку загальної кількості ВМ, що надходять у приавтомагістральні геосистеми від основних джерел емісії;

- розробити методику розрахунку загальної кількості сполук ВМ, що виносяться з ґрунту за межі приавтомагістральних геосистем та / або виводяться з речовинно-енергетичних потоків, за основними міграційними сценаріями;

- реалізувати положення методики геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем на прикладі визначення актуального рівня забруднення сполуками свинцю геосистем тестових ділянок;

- провести типізацію приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень забруднення та їх стійкість до забруднення сполуками важких металів.

**Об’єкт дослідження.** Загальним об’єктом дослідження є приавтомагістральні геосистеми, частковим (тестовим) об’єктом - приавтомагістральні геосистеми тестових ділянок.

**Предмет дослідження.** Загальним предметом дослідження є підходи та особливості геоінформаційного моделювання процесу забруднення об’єктів дослідження сполуками важких металів, частковим предметом – способи виконання загальних методичних рішень моделювання на прикладі визначення актуального рівня забруднення сполуками свинцю тестових об’єктів.

**Методи дослідження.** Дослідження базувалось на польовому експедиційному методі ландшафтно-геохімічного знімання; картографічних,

лабораторно-аналітичних, а також сучасних методах ландшафтно-геохімічного, ландшафтно-екологічного аналізу території та математичного моделювання і геопросторового аналізу засобами ГІС, у тому числі зі створенням спеціальних програм нестандартних запитів до обраного інструментарію ГІС MapInfo Version 11.5. Додатково використовувались окремі підходи емпіричних оцінювань, геоінформатики та інформаційних технологій, а також методи аналогії та порівняння подібних систем, прогнозування тощо.

**Вихідними матеріалами** для тестування результатів роботи були:

1. Дані власних польових експедиційних досліджень;
2. Результати власних лабораторних досліджень ґрунтів тестових ділянок, зокрема і вмісту сполук ВМ у них, проведенні на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України, КНУ імені Тараса Шевченка;
3. Розроблені цифрові електронні карти геосистем тестових ділянок, масштабу 1:10000;
4. Переведені нами у цифровий формат: а) крупномасштабні топографічні карти тестових ділянок, б) плани землекористування та карти ґрунтів дослідних ділянок, в) картосхеми агрохімічних показників ґрунтів тестових ділянок, М 1:10000 (ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»);
5. Відкриті електронні картографічні матеріали по тестових ділянках веб-сайту Мінприроди України, електронного Атласу України (ІГ НАНУ/ІС ГЕО, 1999-2000 р.);
6. Дані з порталу «Природа України» (Грачов А.П., 2010 - 2016 р.),
7. Інформація національних та регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища (Мінприроди України) тощо.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у тому, що

*вперше:*

- проведені обґрунтування, розробка і тестування методики геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних



геосистем сполуками важких металів на основі визначення актуального рівня забруднення;

- обґрунтовано та протестовано загальний алгоритм оцінювання актуального рівня забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем, який ґрунтується на поєднанні геосистемного та ландшафтно-геохімічного підходів;

- розроблено загальну алгоритмічну схему геоінформаційного моделювання та етапи комплексного просторового ГІС - аналізу модельних об'єктів, зі створенням електронних баз даних про актуальний рівень забруднення для визначення характеристик загального поля забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ;

- розроблено класифікацію приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень їх забруднення та стійкість до забруднення сполуками ВМ;

- розроблено методику геоінформаційного моделювання загальної кількості сполук ВМ, що надходять у межі приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії, а також кількості сполук ВМ, що виносяться з ґрунту за межі приавтомагістральних геосистем та виводиться з речовинних потоків.

*удосконалено:*

- методику відбору зразків при дослідженні ґрунтів схилових геосистем на вміст поллютантів;

- методику розрахунку загальної кількості ВМ, що надходять в приавтомагістральні геосистеми від основних джерел емісії

*отримали подальший розвиток:*

- уявлення про природні та антропогенні фактори формування забруднення сполуками важких металів приавтомагістральних геосистем;

- уявлення про закономірності перерозподілу сполук ВМ у межах геосистем в залежності від джерела впливу та властивостей геосистем.

**Практичне значення одержаних результатів** геоінформаційного моделювання забруднення сполуками важких металів приавтомагістральних геосистем полягає у створенні для органів місцевого самоврядування, проектних та наукових організацій можливостей обґрунтування, планування і реалізації заходів раціонального землекористування та підтримки приавтомагістральних геосистем у стійкому стані; отриманні важливої інформації для геоекологічної оцінки геосистем шляхом використання наступних результатів роботи:

- розрахункових показників загальної кількості важких металів, що надходить у межі приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії;

- способів розрахунку загальної кількості ВМ, що виводиться за межі орного шару ґрунту, або за межі геосистем за сценаріями латеральної, радіальної та біогеохімічної міграції;

- алгоритмів визначення рівня стійкості та надійності приавтомагістральних геосистем;

- прийомів створення та використання електронних баз даних для моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками важких металів;

- способів застосування інструментарію ГІС для картографування, просторового аналізу та візуалізації модельних побудов актуального рівня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ;

- способів визначення територій, що не потрапляють в зону впливу автошляхів, проте зазнають забруднення сполуками свинцю «автотранспортного походження», через їх перерозподіл із приавтомагістральних геосистем;

- можливостей прогнозування забруднення приавтомагістральних геосистем при наявному рівні антропогенного навантаження;

- сформованих електронних БД «Актуальний рівень забруднення» для окремих ділянок приавтомагістральних геосистем Київської області.

Окремі положення розробленої у роботі методики використані при оцінці впливу на ґрунти, рослинний і тваринний світ енергоблоку № 4 Рівненської АЕС, зокрема при створенні «Ландшафтно-геохімічної карти 30-ти кілометрової зони впливу Рівненської АЕС в електронній формі (базовий масштаб 1:25000)», «Карти ландшафтно-геохімічних бар'єрів 30-ти кілометрової зони впливу Рівненської АЕС в електронній формі (базовий масштаб 1:25000)», з отриманням авторського свідоцтва (№ 5951, від 22.07.2002 р.).

Результати дисертації впроваджені в навчальний процес на географічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка, зокрема при викладанні спецкурсів «Забруднюючі речовини в географічному середовищі», «Математичне моделювання в геоекології» та «Географічні інформаційні системи і технології».

Основні результати дисертації були отримані і реалізовані в процесі виконання: договорів «Оцінка впливу на ґрунти, рослинний і тваринний світ енергоблоку №2 Хмельницької АЕС (ОВНС – пп. 2.2,2.3, 4.5 (4.5.1, 4.5.2, 4.5.3), 4.6 (4.6.1, 4.6.2.1, 4.6.2.3), 8.1.2)», «Оцінка впливу на ґрунти, рослинний і тваринний світ енергоблоку № 4 Рівненської АЕС» (ОВНС – пп. 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 4.5, 4.6, 6.7, 8.3.1)); науково-технічної роботи «Дослідження та розробки в галузі географічних наук (розробка Програми загальноміських заходів щодо відновлення та впорядкування озер, річок, ставків та джерел у м. Києві на період до 2015 року)» ДП «Центр екологічного моніторингу України» (1999-2002, 2011 рр.); держбюджетної теми географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Екологічна і природно-техногенна безпека України в регіональному вимірі» № 14 БП 050-02 (№д.р.0114U003476, 2014 – 2015 рр.).

**Особистий внесок здобувача** полягає у розробці та відпрацюванні на прикладі тестових об'єктів всіх етапів геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками важких металів. Створення інформаційного базису, узагальнення, аналіз результатів

дисертації а також розробка нових підходів та розрахунків у процесі моделювання виконані автором самостійно, під керівництвом доктора географічних наук, професора, члена-кореспондента Національної академії наук України М.Д.Гродзинського. Автор також користувався консультаціями з боку доктора географічних наук, професора В.М.Самойленка. Загалом, всі здобутки дисертації, що мають наукову новизну та прикладне значення і становлять предмет захисту, належать виключно автору і є його особистим науковим доробком.

**Апробація результатів дисертації.** Ключові положення дисертації та результати проведених досліджень були оприлюднені на Науковій конференції «Еколого-економічні проблеми розвитку агропромислового виробництва в Україні в умовах формування ринкових відносин» (Мелітополь, 1993); «ГІС-форумі – 2000» (Київ, 2000); Науковій конференції “Декада ландшафтознавчих, регіональних і краєзнавчих досліджень на зламі тисячоліть” (Канів, 2005); Міжнародній науковій конференції «Міждисциплінарні виміри дослідження ландшафтів» (Київ, 2013); Науково-практичній конференції «Соціально-екологічні проблеми переходу до сталого розвитку: реалії та перспективи ХХІ століття» (Ялта, 2013); X Міжнародній науково-практичній конференції “Комплексні проблеми техносферної безпеки” (Вороніж, 2013.); Міжнародній науковій конференції «Ландшафтознавство: стан, проблеми, перспективи» (Львів–Ворохта, 2014); науково-практичних семінарах, що були організовані кафедрою фізичної географії та геоєкології Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2002 - 2016 рр.).

**Публікації.** Матеріали дисертації опубліковані у 15 наукових працях: 9 статтях (у т.ч. 4 одноосібних), з яких 6 у фахових виданнях України, 1 публікація у закордонних фахових виданнях, 5 тез наукових конференцій, 2 публікацій у нефахових виданнях, отримано 1 авторське свідоцтво.

**Обсяг і структура дисертації.** Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та 5 додатків. Дисертація, загальним обсягом 215 стор., містить 173 стор. основного тексту, 28 рисунків, 39 таблиць, 5 додатків на 42 сторінках. Список використаних джерел налічує 164 найменування (з них 23 латиницею).

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРИКЛАДНИХ ГЕОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

### 1.1. Ландшафтно-геохімічні і еколого-картографічні дослідження розповсюдження та умов міграції важких металів

#### 1.1.1. Чинні уявлення про дорожні ландшафти та їх забруднення

Під поняттям «автомобільна дорога» в законі України «Про дорожній рух» розуміється «частина території, в тому числі в населеному пункті, що призначена для руху транспортних засобів і пішоходів, з усіма розташованими на ній спорудами» [20, с.12].

Проте, з точки зору ландшафтознавства «дорога» є більш складним поняттям і має розглядатися в кількох аспектах. З одного боку, дорога є технічним елементом ландшафту, оскільки в процесі взаємодії з довкіллям головне місце займає техніка. З іншого боку, дорога є антропогенним елементом дорожнього ландшафту, що продовжує функціонувати після припинення її експлуатації, розвиваючись за природними закономірностями [51, с.20].

Дорожній ландшафт вперше виділив в окремий клас антропогенних ландшафтів Ф. М. Мільков. Дорожні ландшафти - це «складні системи антропогенного (здебільшого техногенного) походження, структуру й характер функціонування яких визначають власне дороги й численні прилеглі до них об'єкти інфраструктури (інженерні споруди, сервісні пункти, лісові смуги тощо)». Відмінностями дорожніх ландшафтів від інших антропогенних комплексів є їх лінійне просторове простягання й те, що головне значення у їх функціонуванні має рух транспорту [47, 84].

Інтенсивність транспортного потоку передусім визначає фізичне (шумове, теплове тощо) і хімічне забруднення придорожніх ландшафтів. Джерелами їхнього забруднення є зношення дорожнього полотна, гуми з покриттів автомобілів, викиди з двигунів автотранспорту, що формують локальні геохімічні аномалії вздовж автошляху. Викиди двигунів містять не менше 200 небезпечних хімічних сполук [15, с.2], серед яких: оксиди вуглецю, діоксини, фурани, оксиди азоту, сажа, важкі метали, діоксид сірки, сірчистий ангідрид, сірчистий газ, вуглець, та ін. Переважна більшість таких сполук, вступаючи в реакцію з незгорілими вуглеводнями, дають токсичні продукти фотохімічних реакцій [38, с.17].

Вихлопні гази автомобілів та продукти їх трансформації в атмосферному повітрі створюють небезпеку для людини, оскільки більшість з них є канцерогенами, загалом призводячи до зростання кількості випадків погіршення стану здоров'я людини, в тому числі:

- виникнення злоякісних пухлин, послаблення рефлексів (важкі метали, діоксини, фурани);
- зміна біопотенціалів головного мозку, втрата свідомості (оксид вуглецю);
- руйнівний вплив на легені (оксид азоту, озон, сажа) тощо[140].

Дослідження дорожніх ландшафтів набули потужного розвитку у другій половині ХХ століття, чому було присвячено значну кількість наукових робіт, узагальнені відомості про які наведено у праці [45]. В Україні даний напрямок розвивався в дослідженнях В.Ю. Некоса, І.М.Волошина, Г.І. Денисика, у яких, зокрема, ландшафтні відомості про об'єкт доповнювалися їх інженерно-технічними характеристиками [51, с.5-12]. Потреба у таких дослідженнях в Україні обумовлена по-перше тим, що викиди автотранспорту є головними забруднювачами повітря у більшості регіонів України. В Київській області частка автомобільного транспорту у сумарному забрудненні атмосферного повітря сягає майже 60%. Так, за 2014 рік в атмосферне повітря від автотранспорту в Київській області надійшло

147,6 тис. т. викидів. По-друге, триває постійне зростання кількості викидів автотранспорту. Так, в період з 1994 – 2014р.р. в Київській області кількість викидів змінилася від 93,9 до 147,6 тис. т, тобто зросло на 57 % [23; 92, с.124; 105, с.87].

Згідно державних стандартів України, що встановлюють норми, яким має відповідати пальне за своїми фізико-хімічними показниками вміст ВМ у ньому суттєво скоротився [9, с.5]. Втім, навіть незначні їх допустимі концентрації є небезпечними з огляду на зростаючу кількість автомобілів та низку властивостей ВМ, серед яких: здатність до вельми тривалого перебування в ґрунтах і природних водах і, як наслідок - накопичення в геосистемі, що пояснює досить часте явище суттєвого перевищення ГДК, по вмісту сполук Pb, Cd, Zn, Cu, Ni [23, с.56; 63, с.127]; можливість за певних умов досить вільно мігрувати між компонентами геосистем; навіть невисокі концентрації ВМ мають токсичну дію на біотичну складову геосистем. Відповідно, дослідження перерозподілу у межах геосистем сполук ВМ становить не лише науковий, а й економічний інтерес, адже у межах впливу автодоріг часто перебувають сільськогосподарські угіддя. Виокремлення найбільш безпечних місць вирощування сільськогосподарської продукції є необхідною складовою у забезпеченні її якості, зокрема за вмістом важких металів.

#### 1.1.2. Застосування ландшафтно-геохімічних методів у дослідженнях дорожніх ландшафтів

Територіальне поширення та механізми поведінки викидів автотранспорту визначаються не лише їх властивостями, а й ландшафтно-геохімічними умовами території. Це зумовлює ефективність ландшафтно-геохімічних методів для оцінки впливу забруднюючих речовин на геосистему, а також вивчення радіальної та латеральної геохімічної структури території [124, 141, с.70-74]. Застосування зазначених методів



обумовлено тим, що хімічні елементи, потрапляючи в геосистему, залучаються до природного колообігу речовини, відповідно і сценарій їх поведінки визначається ландшафтно-геохімічними умовами території.

Дослідження проблем забруднення довкілля виокремились в окремий науковий напрям - геохімію техногенезу, що відображено в роботах О.Є.Ферсмана, П.Б.Балтрена, А.А. Беккера, О.М.Никифорової, С.С.Хмелевського. Г.І. Черноусенко, М. Cunningham, А. Motuzac, V. Butkus, R. Vaisvalavicius та ін. [107, с.3]. Проте, слід зазначити, що численні праці присвячено техногенному забрудненню окремих компонентів ландшафту - повітря, води, ґрунтів, рослин, в той час як комплексні дослідження поведінки техногенних речовин у ландшафтах представлені менш широко.

Вивченню закономірностей зміни характеристик ландшафтно-геохімічних систем та поведінки хімічних сполук у геосистемах, що перебувають під перманентним впливом техногенних об'єктів, присвячено роботи А.В. Дончевої (1978), К.М. Дьяконова А.В. Дончевої (2005), В.Г.Волкова., Н.Д.Давидова, (1987, 2001, 2007), Ю.Г.Тютюнника [131]; В.О. Снитка та ін., (1987), М. Andersson, R.T. Ottesen, M. Langedal (2010), В.С. Давидчука та ін. (1994), Л.Л. Малишевої та ін. (1992), Н.В. Петрини (1999, 2000), Є.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої (2002), В.М. Гуцуляка (1982, 1986, 1990), О.В. Барановської (1997) тощо [57, 69, 73, 97]. Прикладом експериментальних стаціонарних ландшафтно-геохімічних досліджень в Україні є, серед інших, вивчення передумов міграції хімічних речовин в ландшафтах (О.М.Маринич, Л.М.Шевченко) [36, 37. с.2-13].

Оскільки серед інших компонентів ландшафту ґрунт найчастіше зосереджує потоки хімічних елементів, зв'язуючи за рахунок цього ландшафтно-геохімічні системи в єдине ціле [19, с.56; 29; 33, с.30-44; 42, с.98; 112, с.16-23], у геохімічних дослідженнях стану ґрунтів має приділятися найбільша увага. Хімічні елементи, залежно від своїх властивостей, можуть частково розсіюватися та уловлюватися рослинами, але через деякий час все

одно потрапляють на поверхню ґрунту [60, 97]. Саме тут і починається їх акумуляція та диференціація форм, причому тривалість їх перебування в ґрунті значно більша, ніж в інших компонентах геосистем, а забруднення ґрунтів такими речовинами, як важкі метали майже вічне [63, с.17]. Значна частина речовин, що потрапили у ґрунт, включається в ґрунтоутворний процес (зв'язується з органічною речовиною, сорбується ґрунтовим поглинаючим комплексом, перерозподіляється по профілю тощо). Крім того, ґрунт може виступати як природний буфер, який контролює перенесення хімічних елементів в інші компоненти геосистем (атмосферу, гідросферу, біоту тощо [52]), тобто речовини, які потрапили в ґрунт, повільно видаляються з нього при вилуговуванні, поглинанні рослинами, ерозії та дефляції, при чому швидкість переміщення хімічних елементів залежить саме від властивостей ґрунту [71].

На сьогодні існує великий масив емпіричних даних, щодо вмісту хімічних елементів та закономірностей їх трансформації в ґрунтах, зокрема це роботи М.А. Глазовської [33], А.І. Перельмана [96], David B. Smith, Laurel G. Woodruff, Richard M. O'Leary, William F. Cannon, Robert G. Garrett, James E. Kilburn, Martin B. Goldh (США, 2009). Піонерні геохімічні дослідження ґрунтів транспортних комплексів проводились в Австралії (А.Девід та К.П.Уільямс (1975)), Великій Британії, США, Японії, (Імпенс, 1972), Латвії (Бериня та ін., 1978) та ін. В Україні систематичні дослідження транспортних комплексів відбувалися у Інституті географії НАН України з 1971 р., а починаючи з 1985 р. тематика досліджень розширилась за рахунок еколого-географічних аспектів впливу транспорту на стан довкілля [71].

Методичним аспектам дослідження забруднення ґрунтів важкими металами присвячені роботи [17, с.100-117; 52; 55, с.70], що переважно проводилися у двох основних напрямках – біогеохімічному та геохімічному. Біогеохімічні дослідження були спрямовані, головним чином, на вивчення міграційної здатності ВМ в системі «ґрунт – рослина» [86, 130]: Ільїн (1991) [61], Косіцин, Алексєєва-Попова, (1983), Barcello, Poschenrider, (1990),

Гуральчук, (1991), Обухов, Плеханова, (1991), Феник та ін., (1995), Терек та ін., (1997), Мусієнко та ін., (2000) [120]; їх фітотоксичності [11, 32]; зоотоксичності [15]; мутагенної активності - А. І. Федорова, В. Н. Калаєв, Ю. Г. Просвірина, С. А. Горяїнова (2007), та впливу на стан здоров'я населення [95, с.15; 140].

В геохімічному напрямі проводилися роботи по оцінці ландшафтних умов перерозподілу важких металів [27, 28]. А саме досліджувались закономірності:

- поширення та акумуляції ВМ у різних типах ґрунтів: Шоу Дені, (1969); Паттерсон, (1971); Ковальський, (1974); Ковда, (1974); Жигловська, (1974); Васьківська, (1978); Баєр та ін., (1979); Бубинін, Паншин, (1979); Хрустальова, (1980); Олещукін, (1980); Покровська, (1980); Зирін, Горбатов та ін., (1980); Савельєва, (1980); Герхард Брюммер, Ульрих Хермс (1983); Ковалевський, (1984); Преображенський, (1985); Гуцуляк, (1990), А.Кабата-Пендіас та Х. Пендіас (1989), Wojciech Zgłobicki, Jan Rodzik (2007), I.D. Yesilonis, R.V. Pouyat, N.K. Neerchal (2008), Laura Poggio, Borut Vrščaj, Rainer Schulin, Erwin Hepperle, Franco Ajmone Marsan (2009), Груздков, Ширкин, Трифонова, (2009) [3, с.45-47; 18, 20, 53, 70, 75, 113, 142-145, 147-150, 152, 157-158, 160 - 164]. Зокрема розглядалися закономірності: переміщення важких металів по генетичним горизонтам ґрунтів [18, 79, 108]; зміни концентрації важких металів в ґрунті протягом року: Joо-Sung Ahn, Chae Jung Myung (1998), Werribee PJ Li , F. Stagnitti, X. Сюн, J. Петерсон (2009) [16, с. 3]; умов міграції важких металів за різних станів ландшафтів протягом року [34, 114].

Детально досліджувались рельєфозалежні фактори міграції важких металів, а саме - розсіювання важких металів у залежності від гіпсометричного рівня, переважаючих форм рельєфу тощо [19, 20, 42].

З'ясовано просторовий розподіл вмісту рухомих форм важких металів в поверхневому шарі ґрунтів ерозійних ландшафтно-геохімічних систем [111], особливості розповсюдження важких металів в умовах флювіального

рельєфу - Г.І.Швебс, О.О.Світличний та ін. [136], І.П.Ковальчук [66] А.Аbrahams, А.Howard, Р. Хортон, А.Шейдеггер, М.І.Маккавєєв, Р.С.Чалов та ін. [14, 68, 134, 135] .

Дослідження ландшафтів за їх здатністю до самоочищення і, як наслідок, їх стійкості були започатковані М.А.Глазовською та Н.П.Солнцевою [33, с.11; 47]. При чому головну увагу було зосереджено саме на оцінці інтенсивності розсіювання та виносу забруднюючих речовин на основі теоретичних положень про каскадні ландшафтно-геохімічні системи, а також закріплення цих речовин на ландшафтно-геохімічних бар'єрах [46, с.23; 74, с.17]. На сьогодні існує значний науковий доробок у питаннях методологічних визначень стійкості: Арманд О.(1983), Глазовська М.А.(1972, 1976, 1978, 1979), Ісаченко А.Г.(1991), Куприянова Т.П.(1983), Новосельцев В.І.(1983), Печуркін Н.С.(1977), Преображенський В.С.(1983), Пузаченко Ю. (1983, 1988), Світлосанов В.Л. (1980), Солнцева Н.П.(1976, 1982), Сочава В.Б. (1967), Форман Р., Годрон М. (1986), Хаттінг К.(1973) та ін.[33, с.30, 96, с.158]. В роботах Гродзинського М.Д (1995) та Шищенка П.Г, (1988, 1999), стійкість розглядається як можливість ландшафту безвідмовно функціонувати у визначеному діапазоні фізико-географічних умов і антропогенного навантаження [41, с.58-63, 139, с 48].

### 1.1.3. Основні підходи до картографування ландшафтно-геохімічних процесів

Картографування процесу поширення ВМ в геосистемах вважається частиною екологічного картографування, що займається формуванням інформаційної бази про екологічний стан території, виявленням закономірностей формування та динаміки еколого-географічних проблем загалом, та закономірностей поширення поллютантів зокрема, а також надає можливість візуалізації просторової інформації про стан довкілля [50, с.2; 98; 137].

В Україні картографічна підтримка робіт екологічного напрямку розпочалась у 1970-х роках у ІГФ АН України [50, с.3]. Ландшафтно-екологічний напрям картографування використовує ландшафтну карту, як основу аналізу співвідношення між властивостями геосистем та величиною антропогенного тиску [103]. Ландшафтна основа дозволяє обґрунтовано проводити просторову екстраполяцію техногенних впливів, визначати межі впливу господарських об'єктів на геосистеми, робити підбір геосистем аналогів для перенесення закономірностей розвитку процесів в часі та просторі, обирати ключові ділянки для польових досліджень, складати ландшафтно-генетичні ряди спряжених комплексів, для прогнозування латеральної міграції поллютантів тощо. Методичні основи ландшафтного, ландшафтно-геохімічного [12] та еколого-геохімічного напрямку картографування представлені у роботах: М.А.Глазовської, О.І.Перельмана, В.В.Добровольського; К.Т. Геренчука, А.А.Відіної, Г.П. Міллера та ін.; В.С.Давидчука [48], Л.Ю.Сорокіної та ін. [49, 123]; Л.Л. Малишевої [64, 72, 73, с.185]; Саєта та ін. [109, с.54].

Ландшафтно-геохімічне картографування потребує опрацювання значних об'ємів різнопланової інформації. Крім того, важливим питанням є створення та використання карт у реальному часі з метою своєчасного реагування на зміни в довкіллі. Вирішенню цих завдань сприяють ГІС-технології [4, с.3-17; 50, с.2-10; 80, с.7; 133, с.12-37; 138]. За їх допомогою було виконано низку прикладних еколого-геохімічних досліджень: картографічне моделювання у визначенні можливих зон накопичення забруднюючих елементів та їх сполук [80, с.4]; цифрове моделювання рельєфу для автоматизованої побудови інформаційних моделей геохімічних полів; автоматизована побудова моноелементних карт забруднення різних депонуючих середовищ [141, с. 64]; оцінка ландшафтних умов перерозподілу техногенних забруднювачів та оцінка умов виносу-транзиту акумуляції стронцію та цезію у ландшафтах 30-км зони Рівненської АЕС [75]; дослідження ролі рельєфу флювіального походження у процесах формування хемоміграційної структури ландшафтів

[67, 154-156, 159, 161]; моделювання ерозійних процесів; розроблено ЦМР безперервних і дискретних полів для автоматизованої побудови інформаційних моделей геохімічних полів [87-89] та ін.

Стосовно використання ГІС в дослідженнях поширення важких металів в геосистемах на сьогодні: складено серію комп'ютерних картосхем, які характеризують типи розподілу різних металів у межах міста [54, с.44]; створено карти забруднення ґрунтового покриву важкими металами навколо автомагістралей [146, 151]; розроблено картографічні моделі для розрахунку балансу важких металів в агроценозах; виконані перші спроби створення комп'ютерних геохімічних карт на основі показників рухомості та особливостей міграції Cu, Zn, Co, Ni в ґрунтах [54, с.44]; створено карти кореляції, по визначенню небезпечних ділянок в містах, де збільшуються концентрації декількох забруднюючих речовин в різних компонентах природного середовища [141, с.54]; розроблено серію комп'ютерних моно- та поліелементних геохімічних карт валового вмісту та розподілу рухомих форм важких металів для оцінки ступеня їх сумарного забруднення тощо [50, с.15].

## **1.2. Моделювання міграційних процесів у ландшафтах та поведінки важких металів у них**

Ландшафтно-геохімічну систему (ЛГС) визначено як тривимірний простір, в межах якого якісний та кількісний склад компонентів лишається подібним, що зумовлює однаковий напрям та швидкість між компонентних міграційних потоків і забезпечує одноманітність структури та функціонування даної системи на всьому просторі який вона займає. Елементарні ландшафтно-геохімічні системи об'єднуються в більш складні структури, наприклад, каскадні ландшафтно-геохімічні системи. Чіткі механізми їх поєднання дозволяють достатньо точно моделювати процеси перерозподілу речовин не лише в межах ЕЛГС, а й на більших територіях [126, с.17-32].

Моделюванню геосистем в Україні було присвячено низку робіт. Серед них особливий інтерес викликають роботи з визначення ландшафтно-геохімічної структури територій з урахуванням антропогенних змін геохімічного фону; моделювання структури водозбірних басейнів, для виявлення здатності геосистем до самоочищення та прогнозу міграційних процесів [124]; масоперенесення в басейнових системах [14]; стійкості ландшафтів до антропогенних навантажень [39, с.44; 110, с.21] тощо.

### 1.2.1. Моделювання міграційних процесів у ландшафтах

Загальноприйнятими моделями для дослідження механізмів перерозподілу поллютантів є ті, що застосовуються в геоморфології та гідрології [30, 127, с.345]. В гідрологічних дослідженнях було встановлено кореляційні зв'язки між характеристиками стоку та факторами, що його обумовлюють. Були створені фізико-математичні моделі талого та дощового стоку, що описують майже всі механічні та хімічні процеси латерального та радіального перерозподілу важких металів в системі «грунт-рослина-атмосфера» за допомогою методів математичної фізики (за рахунок руху води по водозбору, сніготанення, інфільтрації, внутрішньогрунтового стоку тощо) [24, 58, с.112; 126, с.123-125]. Ці моделі описують закономірності розподілу важких металів в геосистемах. Серед інших, на даний час використовуються: фізико-хімічна модель утворення мобільних форм важких металів [112, 115]; моделі атмосферного перерозподілу поллютантів (Касімов та ін., (1990), Моїсеєнков, (1989)). Загалом, існуючі моделі для визначення характеристик поверхонь забруднення можна поділити на 2 групи:

1. Дифузійні (емісійні) моделі розсіювання, призначені для прогнозу забруднення атмосфери [141, с.56]. Для завдань нашого дослідження особливий інтерес становлять моделі просторового розповсюдження важких металів в атмосферному повітрі від стаціонарного джерела техногенної емісії [119, с.16]. Поширеними є моделі на основі К-теорії, що базуються на

рівняннях турбулентної дифузії, зокрема модель М.Є.Берлянда, яка визначає алгоритм та порядок проведення розрахунків полів концентрацій в «Методиці розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств ОНД-86» [83, с.4-15]. На її основі побудовані програмні комплекси «Еколог» та «Еол» [56]. Зокрема, автоматизована система розрахунку розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосферному повітрі «Еол» призначена для оцінки впливу шкідливих викидів проєктованих та діючих підприємств на забруднення приземного шару атмосфери, і дозволяє розраховувати поля забруднення як для точкового джерела викиду так і для лінійного та площинного;

2. моделі розсіювання домішок за формулами Гауса, рекомендовані Європейською економічною комісією та метеослужбами багатьох країн. Прикладами реалізації їх є: американські моделі HIWAY-2, CALINE-4 (California Line Source Model), GM (General Motors), GFLSM (General Finite Line Source Model), фінська модель - CAR-FMI (Contaminants in the Air from a road, By the Finnish Meteorological Institute).

Серед моделей, що окреслюють процеси міграції речовин у ґрунтах, виділяються 4 типи:

- математичні моделі процесів вертикального пасивного масопереносу [79, с.9; 126, с.24];

- статистичні моделі, які дозволяють встановити закономірності розподілу елементів в ґрунтах залежно від природних та техногенних факторів і, за допомогою регресійних рівнянь, виконувати прогностичні оцінки забруднення ґрунтів та їх очищення [126, с.38];

- фізико-хімічні моделі, що описують процеси трансформації та міграції важких металів [54, с.100];

- ерозійні моделі, які описують переміщення нерозчинних компонентів ґрунту за сценаріями латеральної міграції, та можуть використовуватись для дослідження поведінки зв'язаних в ґрунті забруднюючих речовин:



математико-феноменологічна модель протиерозійної стійкості ґрунту (Кузнєцов М.С., 1986, Швєбс Г.І., 1988); гідромеханічна модель ерозійного процесу; емпіричні та логіко-математичні моделі поширення ерозії - Швєбс Г.І., (1981, 1988), Мірцхулава Ц.Е., (1970), Світличний О.О. [116, с.45-56, 117], Чорний С.Г. [66, 136]; моделі, що описують поверхневий схиловий водний стік, весняний талий стік, залежність крапельно-дошової ерозії від параметрів дощу та ґрунтів [126, с.45]; модель площинного змиву, з поверхневим водним стоком [153, с.198-213].

4. Моделі що описують біогенну міграцію речовин у геосистемі, можна поділити на біоіндикаційні [15, с.13-17]; розрахунку мас-балансу важких металів, в яких враховано біогеохімічні потоки металу; міграції важких металів в системі “ґрунти – рослина ” [120, с.13].

#### 1.2.2. Геоінформаційне моделювання поведінки важких металів у геосистемах

Моделювання таких складних об'єктів, як геосистеми потребує застосування комп'ютерних технологій, які дозволяють систематизувати та обробити значні обсяги інформації, підвищити достовірність встановлюваних закономірностей перерозподілу речовин [25-26]. Крім того, наявні фізико-хімічні і математичні моделі не враховують низку фізико-географічних особливостей ландшафту, які визначають просторові характеристики полів забруднення в геосистемах [118, с.113]. Геоінформаційне моделювання, на відміну від інших, дозволяє за дискретними даними визначати просторові параметри поля забруднення, розраховувати «щільність явища» на досліджуваній території, а також залежність між декількома геопараметрами - наприклад, між характеристиками рельєфу і накопиченням хімічних елементів [30; 48; 49; 50; 62, с.35; 110, с.13; 124]. Окремо слід зупинитись на можливостях ГІС у моделюванні впливу рельєфу на стан інших компонентів геосистеми. Серед інших, у геоінформаційному моделюванні застосовуються

моделі USLE, RUSLE (США), що враховують при визначенні втрат ґрунту від площинного змиву, такі фактори як рельєф, опади, рослинний покрив [66 - 68, 87, 88, 135].

### 1.3. Методологічні аспекти і задачі досліджень

#### 1.3.1. Терміни і поняття, що використовуються в роботі

Термін *антропогенне забруднення* визначається як зміни в компонентах геосистем, які виникають після потрапляння у них поллютантів [76, с.84].

Серед речовин, що надходять у довкілля, особливої уваги заслуговує така група елементів, як *важкі метали*, до якої, за біологічною класифікацією, відносяться хімічні елементи з атомною масою  $A > 40$  або  $A > 50$  – це Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Hg, Pb, Ti, V, Mn, Fe, Sr, As та ін. ВМ знаходяться в ґрунтах у низьких концентраціях, проте утворюють з органічними сполуками стійкі комплекси, а також вступають у характерні реакції адсорбції легше, ніж лужні чи лужноземельні метали. Крім того, їх поведінку в геосистемі характеризує довготривалість перебування (період напіввиведення з ґрунту Zn складає 500 років, Cd — 1100, Си — 1500, Рв — 5900) [57, 63, с.154].

Характерною властивістю важких металів є їхня токсичність для живих організмів [11]. Втім, слід зважати також і на особливості міграції ВМ в геосистемах, адже, деякі з них настільки сильно зв'язуються з сорбуючими фазами ґрунту, що практично не переходять в рослини, в той час інші більш інтенсивно у них накопичуються [54, с.112]. Зважаючи на це, для кожного окремого елемента розроблені значення гранично - допустимих концентрацій у компонентах ландшафту (табл. 1.1.)

Серед ВМ «автотранспортного походження» значної уваги заслуговують сполуки свинцю, що обумовлено їх здатністю до вельми тривалого перебування і, як наслідок - накопичення в геосистемі.

**Гранично - допустимі концентрації для асоціації ВМ, що  
характерна для автотранспортного забруднення, у ґрунтах та водоймах  
(за [5, 35] )**

Елемент	В ґрунтах		У водоймах	
	Валовий фоновий вміст Кларк, мг/кг	ГДК мг/кг	Валовий фоновий вміст	ГДК рибногосподарського користування, мг/кг
Хром	75	100	0,009 +/-0,002	0,001
Нікель	40	85	0,047 +/-0,013	0,01
Мідь	20	55	0,012 +/-0,003	0,005
Цинк	50	300	0,012 +/-0,003	0,01
Кадмій	0,5	3	0,001 +/-0,0001	0,005
Свинець	10	32	0,014 +/-0,001	0,1
Марганець	850	1500	0,06 +/-0,017	0,01

Pb надходить в атмосферу у вигляді аерозолів з відпрацьованими газами двигунів [106]. Характерними ознаками сполук свинцю є те, що вони негативно впливають на стан органічної речовини ґрунту, зокрема змінюється кінетика ферментативних процесів вуглеводного обміну, що свідчить про інгібування ферментативного процесу [90, с.34].

Свинець є потужним джерелом небезпеки для людини, адже їх сполуки являють собою сильні протоплазматичні отрути, що викликають затримку в організмі синтезу протеїну в крові. Передусім порушується механізм дії білків-ензимів, які беруть участь у синтезі гемоглобіну крові, що призводить до анемії і загальної слабкості організму, також токсикоз мозку, нирок, зниження репродуктивної функції та хвороби кардіоваскулярної системи, навіть при низьких дозах [85, с.218; 120, с.14].

Механізмами, що впливають на ступінь забруднення ґрунтів важкими металами, є міграція та сорбція, які визначають їх перерозподіл. Внутрішніми факторами міграції виступають хімічні та фізичні властивості самих поллютантів. До зовнішніх факторів міграції належать властивості середовища в якому мігрують елементи, тобто *ландшафтно-геохімічні умови територій*. Вони визначають геохімічну структуру ландшафтних комплексів, місцеві особливості перебігу процесів масоенергообміну, зумовлюють

параметри міграції та ймовірність певних її видів, забезпечують процеси розкладу, детоксикації забруднюючих речовин, таким чином впливаючи на стійкість геосистем як їх здатність до самоочищення [73, с. 321; 123].

Потрапляючи в навколишнє середовище, важкі метали формують *локальні техногенні геохімічні аномалії* (радіус визначається декількома десятками кілометрів) – території, де спостерігаються відмінності у концентраціях хімічних елементів від геохімічного фону. Такі аномалії вздовж автошляхів мають назву «*техногенний ореол розсіяння*»; він формується внаслідок аерозольного, газопилового та ін. забруднення, має досить чіткі контури і визначається за вмістом привнесених елементів в компоненти ландшафту [96, с.654].

Для дослідження поведінки ВМ у територіях поблизу автошляхів були обрані геосистеми рангу урочищ, яким притаманні однорідний речовинний склад компонентів, подібний характер функціонування та однорідність природних процесів, в тому числі стоку, денудації, міграції або акумуляції хімічних елементів. Також у межах урочищ нами виділялися геохімічні спряження, вивчаючи які, з'являється можливість простежити поведінку поллютантів, встановити місця їх акумуляції чи винесення [40, с.56].

Не зважаючи на значний науковий доробок, практичне використання підходів геоінформаційного моделювання забруднення геосистем важкими металами «автотранспортного походження», й досі стикається з методологічною невизначеністю, яка полягає у формалізації змісту методичних понять такого моделювання. Перш за все мова йде про об'єкти дослідження. З огляду на необхідність комплексного підходу при аналізі інтегральних залежностей і взаємодій поллютантів і компонентів геосистеми, та використовуючи актуальні підходи в геоєкології [43, с.5; 44, с.16; 45, с.265; 122, с.219], доцільним вважаємо проведення оцінки стану та моделювання міграційних сценаріїв поведінки сполук ВМ в межах *приавтомагістральних геосистем*, що визначаються як природно-технічні

геосистеми, які знаходяться в зоні впливу дорожніх об'єктів I та II екологічних класів і безпосередньо контактують з дорожніми ландшафтами.

Слід зазначити, що, враховуючи просторові параметри зони впливу дорожніх об'єктів, основні таксони генетико-морфологічної ЛТС, найбільш доцільні для моделювання – урочища - як правило не зустрічаються у неподільному вигляді у її межах, відповідно - об'єкти моделювання - приавтомагістральні геосистеми — точніше називати квазігеосистемами.

На відміну від дорожніх ландшафтів, що є суто антропогенного (здебільшого техногенного) походження, приавтомагістральні геосистеми можуть мати як природне, так і антропогенне походження, різну структуру та характер функціонування. Проте на їх стан, зокрема специфічне хімічне та фізичне забруднення, впливають як власне дорожні об'єкти, так і характеристики дорожніх ландшафтів (рух транспорту, лісові смуги та ін.).

Приавтомагістральні геосистеми виправдано виділяти навколо дорожніх об'єктів I та II екологічних класів, оскільки за своїми характеристиками такі об'єкти є потенційно найбільш небезпечними [125, с.37].

*Зона впливу автошляху* – це територія, де проявляються прямі чи непрямі зміни у компонентах довкілля, що виникають внаслідок будівництва чи експлуатації доріг. Конфігурація та інші просторові параметри зони впливу автошляхів визначаються у відповідності до фізико-географічних характеристик території та транспортної завантаженості дороги.

Приавтомагістральні геосистеми обмежуються за рівнем забруднення ґрунтів, що за коефіцієнтом техногенної концентрації (коефіцієнтом аномальності) [52] визначається як «помірний». Межі приавтомагістральних геосистем визначаються за рівнем забруднення ґрунтів, оскільки останні є хоча й відкритою, але досить консервативною складовою геосистеми, де відбуваються відтерміновані у часі процеси фізичної, хімічної та біологічної активності речовини, в тому числі міграційні процеси. Відповідно зміни, які відбуваються в ґрунтах, найбільш інформативно віддзеркалюють ситуацію в

геосистемі загалом, а рівень їх забруднення можна вважати інтегральним показником забруднення геосистеми.

Перманентний характер надходження поллютантів, якого зазнають приавтомагістральні геосистеми, та неоднорідність механізмів перерозподілу ВМ в їх межах визначають об'єктивну складність оцінювання швидкості процесу їх забруднення. *Актуальний рівень забруднення (АРЗ)*, який відбиває розрахунковий баланс ВМ у ґрунтах приавтомагістральних геосистем протягом визначеного проміжку часу, віддзеркалює зміну величини забруднення, тобто швидкість процесу забруднення (або очищення), в умовах існуючого антропогенного тиску. АРЗ визначається як різниця між обсягами ВМ, привнесеними в ґрунти геосистем і винесеними з ґрунту за її межі і/або виведені з міграційних потоків (переведені в умовно недоступну для рослин форму), за основними міграційними сценаріями.

Визначений актуальний рівень забруднення дозволяє встановити термін, за який відбудеться зміна параметрів тієї чи іншої геосистеми, і відповідно, за яких вона зберігатиме свою стійкість та надійність. Це дозволить ранжувати приавтомагістральні геосистеми за ступенем їх безпечності при веденні того чи іншого виду господарської діяльності та обґрунтовувати рекомендації з їх оптимального використання.

### 1.3.2. Показники процесів забруднення та самоочищення геосистем

Процеси переміщення, утримання, які обумовлюють поведінку ВМ у ґрунті, практично не відрізняються від процесів, що визначають поведінку інших катіонів [29]. Тому, в основі дослідження факторів міграції лежить система показників, що визначають стійкість ЛГС як їх здатність до самоочищення [45, с.17]. Ці показники базуються на врахуванні факторів поведінки забруднюючих речовин в геосистемах. Показники, що на сьогодні найширше використовують при дослідженнях інтенсивності техногенного забруднення в геосистемах, можна умовно поділити на три групи: перша з

них, характеризує загальний вміст поллютантів тобто ступінь забруднення геосистем або їх компонентів (Додаток А, табл.А.1) [1, с.45; 33, с.34; 73, с.86; 96, с.304-313]. Другу групу складають показники, що відображають особливості територіального і міжкомпонентного перерозподілу поллютантів в геосистемах - (Додаток А, табл.А.2). Серед них найбільшої уваги заслуговують гідро-кліматичні та топографічні показники, що відображають вплив рельєфу та опадів на перерозподіл речовин в геосистемах [73, с.44; 89]. Третя група показників віддзеркалює біохімічний цикл міграції забруднюючих речовин (Додаток А, табл. А. 3) [33, с.34; 73, с.86; 93; 96, с.402].

### 1.3.3. Постановка задач дослідження

Проведений аналіз теоретичних і прикладних основ досліджень розповсюдження та міграції важких металів у геосистемах задля обґрунтування вибору задач досліджень засвідчив, що еколого-геохімічні дослідження впливу автотранспорту на геосистеми у ряді країн світу мають достатньо глибоке і ґрунтовне коріння та постійно проводяться у наш час. В Україні ж у даному аспекті:

1) створено нормативно-правову базу, що регулює процеси забруднення приавтомагістральних геосистем [81-82, 104, 125];

2) використовується світовий досвід у вивченні поведінки ВМ у компонентах геосистем;

3) у низці робіт, передусім у [10, 19-20, 42, 66-68, 87-89] узагальнено і представлено основні методичні підходи, а також математичні і геоінформаційні моделі, які можуть стати ефективними для геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем важкими металами.

Наведені досягнення є методологічно важливими, оскільки вони ґрунтуються на природних закономірностях міграційних процесів в геосистемах, що протягом років перевірялись натурними спостереженнями.

Проте, існуючі на сьогодні розробки потребують певного удосконалення та подальшого розвитку для визначення рівня забруднення приавтомагістральних геосистем важкими металами через існування таких невіршених або недостатньо вирішених задач:

1) відсутнє завершене обґрунтування процесу геоінформаційного моделювання щодо забруднення ВМ, де був би застосований комплексний геосистемний підхід, при вивченні інтегральних залежностей і взаємодій поліютантів та компонентів геосистеми – оскільки визначення забруднення проводиться суто у біогеохімічному або геохімічному напрямку;

2) у геохімічному напрямку досить часто, переважають уявлення про перерозподіл ВМ або суто між сусідніми геосистемами, або між компонентами в межах однієї геосистеми;

3) відсутнє чітке обґрунтування процесу комплексного математичного визначення загальної кількості ВМ, що надходять в приавтомагістральні геосистеми від основних джерел емісії;

4) фактично не проводились розрахунки загальної кількості сполук ВМ, що виносяться з ґрунту за межі приавтомагістральних геосистем за основними міграційними сценаріями та/або виводиться з речовинно-енергетичних потоків;

5) відсутня комплексна типологічна класифікація приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень їх забруднення сполуками ВМ;

6) недостатнім є використання можливостей інструментарію – ГІС у моделюванні перерозподілу ВМ, зокрема на сьогодні в Україні:

а) мало застосовують зручні при використанні ГІС-інструментарію комп'ютерні програми, що описують атмосферне переміщення поліютантів (CALINE-3, «Еколог», «ЕОЛ») та моделі ерозійних процесів (RUSLE), які



враховують рельєфозалежні та ґрунтові фактори міграції речовини в геосистемах;

б) практично не застосовуються у практиці моделювання можливості ГІС, що є вагомими у роботі з просторовими об'єктами та явищами (наприклад: роботи з визначення топологічних та метричних властивостей поля забруднення);

в) не застосовуються можливості інструментарію - ГІС щодо модельно-обґрунтованого математичного обрахунку мас-балансу, та коректного відображення комплексної, а отже й найбільш ймовірної ситуації задля обґрунтування рекомендацій щодо безпечного використання території.

Варто також відзначити, що лише проведення комплексної характеристики території, зокрема способу її господарського використання (яке формує рівень забруднення) та природних властивостей (які обумовлюють можливості самоочищення), дозволяє говорити про результативне моделювання, тобто створення таких моделей, які об'єктивно та з найбільшим ступенем ймовірності опишуть процес формування актуального рівня забруднення ґрунтів приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ. Втім, комплексний аналіз регіону на сьогодні нерідко ігнорується при моделюванні.

З урахуванням здобутків і недостатньо вирішених на сьогодні теоретичних і прикладних питань в оцінці рівня забруднення геосистем сполуками ВМ нами було означено методику проведення досліджень, за якою процес модельного визначення рівня забруднення має ґрунтуватися на поєднанні:

– ландшафтно-геохімічного та ландшафтно-екологічного підходів, застосування яких дозволить об'єктивно моделювання міграційних сценаріїв у геосистемах, спираючись на геохімічні закономірності міжкомпонентного та міжгеосистемного обміну речовиною й зважаючи на абіотичну і біотичну міграційну складову;

– комплексно-географічного підходу, оскільки в процесі дослідження значну увагу буде приділено вивченню антропогенної підсистеми об'єктів моделювання, що дозволить всебічно проаналізувати можливості приавтомагістральних геосистем щодо виконання своїх функцій за існуючої величини антропогенного навантаження та виду природокористування у їх межах;

– підходів математичного та геоінформаційного моделювання у вивченні тестових об'єктів, що формує більш повне уявлення про регіон дослідження для комплексного оцінювання актуального рівня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ, а також динаміку загального процесу забруднення.

Також дослідження має ґрунтуватись на польовому експедиційному методі ландшафтно-геохімічної зйомки; картографічному та лабораторному методах, для перевірки результатів моделювання.

Додатково мають бути залучені окремі методи та підходи емпіричних оцінювань, геоінформатики та інформаційних технологій, а також аналогії і порівняння систем, прогнозування тощо.

Загальну мету даної роботи було визначено як розроблення методики геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками важких металів за допомогою визначення актуального рівня забруднення (як віддзеркалення швидкості процесу забруднення (або очищення)), та проведення перевірки положень методики на прикладі сполук свинцю.

Досягнення мети стане можливим при вирішенні задач, перелік яких було подано у вступі.

## **Висновки до розділу 1**

Аналіз чинних теоретичних і прикладних досліджень розповсюдження та міграції важких металів у геосистемах засвідчив наступне:

1. З огляду на необхідність комплексного підходу при аналізі інтегральних залежностей і взаємодій поллютантів і компонентів геосистеми, та використовуючи актуальні підходи в геоecології, доцільним вважається проводити геоінформаційне моделювання забруднення ВМ у межах приавтомагістральних геосистем, що визначаються як природно-технічні геосистеми, які знаходяться в зоні впливу дорожніх об'єктів I та II екологічних класів. Враховуючи просторові параметри зони впливу дорожніх об'єктів, основні таксони генетико-морфологічної ЛТС, найбільш доцільні для моделювання (урочища), як правило не зустрічаються у неподільному вигляді у її межах. Відповідно, об'єкти моделювання (приавтомагістральні геосистеми) точніше називати квазігеосистемами.

2. За зону впливу дорожнього об'єкта приймається територія, де проявляються прямі чи непрямі зміни у компонентах довкілля, що виникають внаслідок будівництва чи експлуатації доріг. Конфігурація та інші просторові параметри, зони впливу автошляхів, обумовлюються фізико-географічними характеристиками території та транспортною завантаженістю дороги.

3. Приавтомагістральні геосистеми обмежуються за рівнем забруднення ґрунтів, що за коефіцієнтом техногенної концентрації (коефіцієнтом аномальності) визначається як «помірний». Межі приавтомагістральних геосистем визначаються по рівню забруднення ґрунтів, оскільки останні є хоча і відкритою, але досить консервативною складовою геосистеми, в якій відбуваються відтерміновані у часі, в порівнянні з іншими компонентами, процеси фізичної, хімічної та біологічної активності речовини, в тому числі і міграційні процеси, що спричиняється їх буферними властивостями. Відповідно зміни, які відбуваються в ґрунтах, найбільш інформативно віддзеркалюють ситуацію в геосистемі загалом, а рівень їх забруднення можна вважати інтегральним показником забруднення геосистеми.

4. Об'єктивно обумовлена поєднанням природних і техногенних чинників складність визначення рівня забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних територій, потребує особливого використання

геоінформаційно-модельних технологій, зокрема при оцінці просторових параметрів і швидкості формування поля забруднення.

Актуальний рівень забруднення (АРЗ), який відбиває розрахунковий баланс ВМ у ґрунтах приавтомагістральних геосистем протягом визначеного проміжку часу, віддзеркалює зміну величини забруднення, тобто швидкість процесу забруднення (або очищення), в умовах існуючого антропогенного тиску. АРЗ визначається як різниця між обсягами ВМ, привнесеними в ґрунти геосистем і винесеними з ґрунту за її межі і/або виведені з міграційних потоків (переведені в умовно недоступну для рослин форму), за основними міграційними сценаріями.

5. Актуальний рівень забруднення дозволяє встановити термін, за який відбудеться зміна параметрів тієї чи іншої геосистеми, і відповідно, за яких вона зберігатиме свою стійкість та надійність. Це дозволить ранжувати приавтомагістральні геосистеми за ступенем їх безпечності при веденні того чи іншого виду господарської діяльності та проводити рекомендації по їх оптимальному використанню.

6. Наявні на сьогодні напрацювання є методологічно важливими для модельного визначення забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних геосистем, але потребують подальшого розвитку та удосконалення.

**РОЗДІЛ 2**  
**АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ**  
**ЗАБРУДНЕННЯ СПОЛУКАМИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**  
**ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ ГЕОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ**  
**ТЕСТОВИХ ДІЛЯНОК**

**2.1. Обґрунтування вибору тестових ділянок для відпрацювання положень методики дослідження**

Одне із завдань роботи полягає у розробці типізації приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень забруднення та їх стійкість до забруднення сполуками ВМ. Така типізація може стати дієвим інструментом при екологічній експертизі проєктованих доріг; визначенні оптимального режиму природокористування у приавтомагістральних геосистемах; обґрунтуванні екологічних нормативів стосовно конкретних умов; прогнозуванні перерозподілу важких металів у прилеглих геосистемах тощо. Її проведення вбачається можливим лише на основі всебічного аналізу факторів формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук ВМ в приавтомагістральних геосистемах.

Багатофакторність впливів та властивості самих геосистем обумовлюють складнощі обрахунку рівня забруднення і визначають необхідність застосування методів математичного та геоінформаційного моделювання, оскільки:

- приавтомагістральні геосистеми, як правило, зазнають перманентного, сумарного забруднення ВМ внаслідок викидів автотранспорту, сільськогосподарських підприємств, а також, часто, від розташованих поруч об'єктів промисловості; джерелом надходження ВМ можуть стати і спряжені геосистеми, що знаходяться на більш високому гіпсометричному рівні;

- приавтомагістральні геосистеми за своїми фізико-хімічними характеристиками мають неоднакові показники стійкості щодо забруднення сполуками ВМ.

М.А.Глазовською при вивченні стійкості геосистем, як їх здатності до самоочищення, було вирізнено ландшафтні, ландшафтно-геохімічні та ландшафтно-геофізичні фактори, що визначають можливості виносу і розсіяння хімічних елементів і відображають міграційні сценарії, характерні для сполук ВМ [33].

Оцінити вплив кожного з факторів на формування забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ можна на прикладі тестових ділянок, що розташовані в межах Київської області, чому і буде присвячено даний розділ роботи.

Вибір тестових об'єктів дослідження для відпрацювання положень методики не є випадковим. Дослідження проводились в межах Київської області, що обумовлено двома групами причин.

По-перше, природні умови області, яка розташована в межах двох природних зон – мішанолісової та лісостепової, є досить різноманітними і такими, що віддзеркалюють механізми процесів перерозподілу ВМ, характерні майже для двох третин рівнинної частини України.

По-друге, Київська область є одним з найбільш розвинутих за транспортною інфраструктурою регіонів України, таким чином, для неї притаманна проблема забруднення приавтомагістральних геосистем важкими металами [80, с.1].

Проте, різні регіони Київської області мають неоднакову стійкість до зовнішніх впливів через свої ландшафтні особливості. Тому, для більш детального їх вивчення наші дослідження проводилися на двох тестових ділянках, природні та антропогенні умови яких розглядалися як набір факторів формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук важких металів в приавтомагістральних геосистемах.

Димерська тестова ділянка (рис.2.1), знаходиться в межах природної зони мішаних лісів, області Київського Полісся на стику двох фізико-географічних районів Нижньотетерівського та Здвизько-Ірпінського [77, с.106; 102]. Дана ділянка відображає міграційні умови найбільш характерні для мішанолісової природної зони: рівнинний флювіо-гляціальний та флювіальний рельєф, близьке до поверхні залягання ґрунтових вод, наявність заболочених територій, наявність ґрунтів переважно легкого механічного складу з кислою реакцією та гумусом фульватного типу. Ділянка розташована вздовж автотраси регіонального значення Р-02 «Київ-Овруч» між 52 та 58 кілометрами.

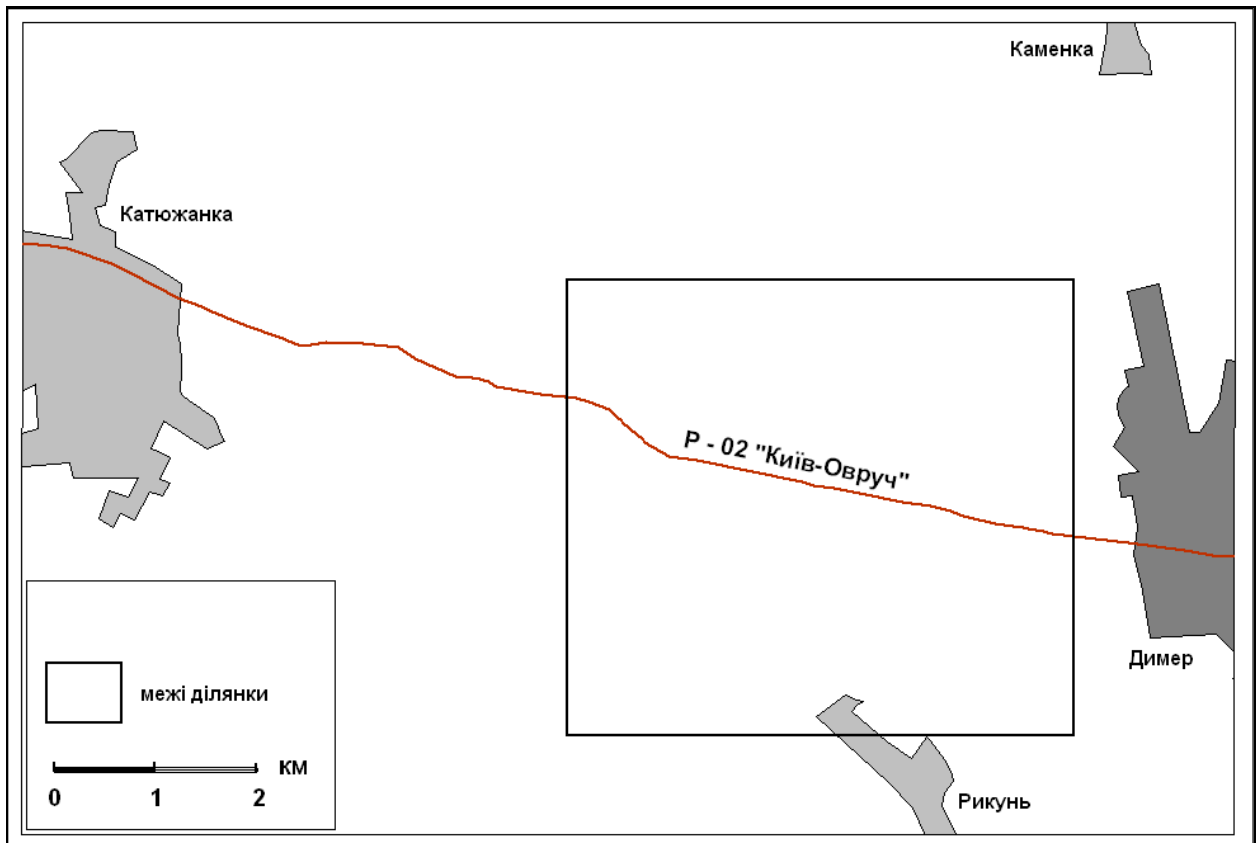


Рис.2.1. Димерська тестова ділянка

Білоцерківська тестова ділянка (рис.2.2) розташована в межах природної зони лісостепу, Північно-Східної Придніпровської височинної області, Білоцерківсько-Богуславського фізико-географічного району [77, с.109; 102], з вираженим долинним та яружно-балковим рельєфом, ґрунтами

важкого механічного складу, нейтральною реакцією та гуматним типом гумусу. Ділянка розташована між 91 та 96 кілометрами автотраси міжнародного значення М - 05 «Київ-Одеса».

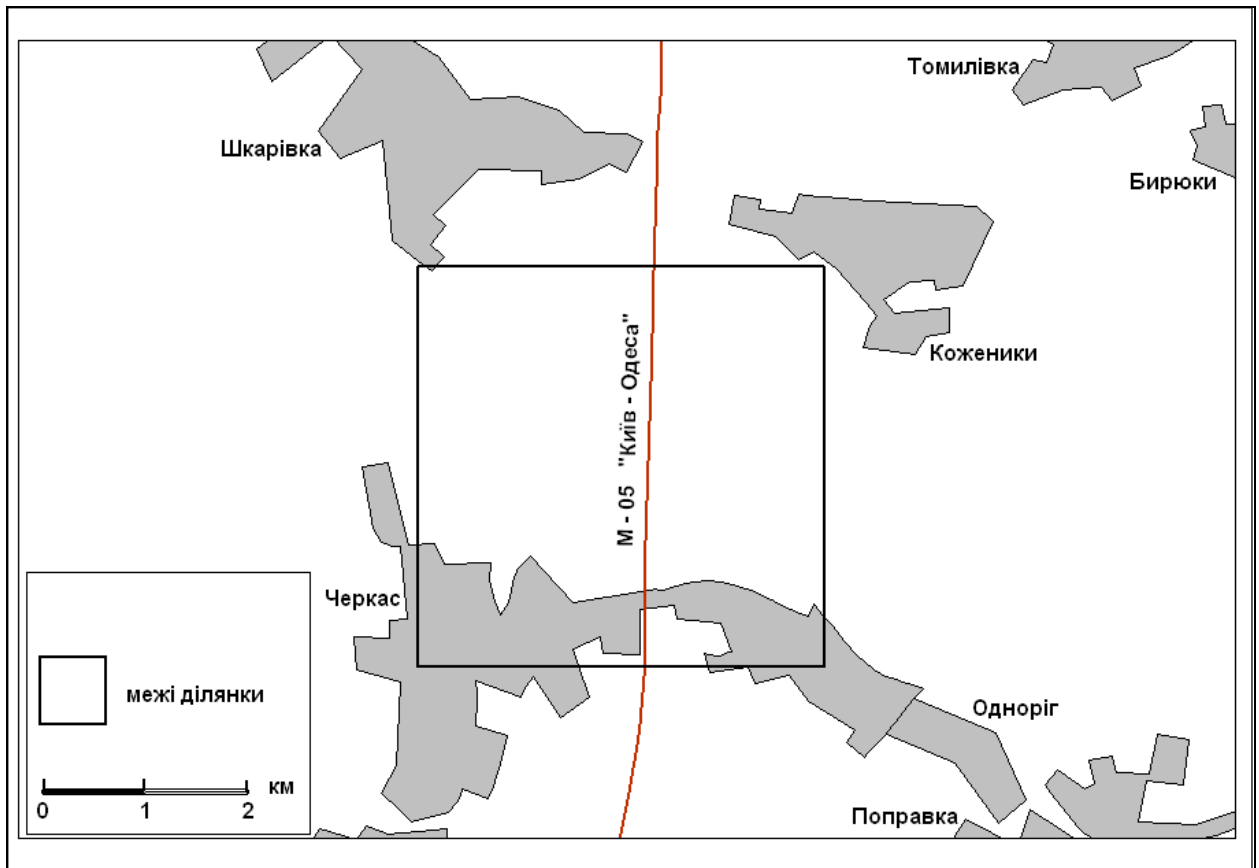


Рис.2.2. Білоцерківська тестова ділянка

## 2.2. Природні умови території, як чинник формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук важких металів у приавтомагістральних геосистемах

### 2.2.1. Ґрунтоутворні породи, як фактор зміни умов міграції важких металів

Характер залягання четвертинних відкладів формує по-перше морфометричні параметри території, по-друге - в значній мірі фізичні та хімічні властивості ґрунтів [59, с.8; 77, с.46], і, таким чином, визначає



міграційні та акумуляційні закономірності поширення ВМ [20, с.7; 42, с.18; 52, 112].

В геоструктурному відношенні тестові ділянки розташовані у межах Українського щита. Серед генетичних типів четвертинних відкладів, які є ґрунтотворними підстилаючими породами, на Димерській тестовій ділянці переважають: льодовикові, воднольодовикові, алювіальні (давні і сучасні), делювіальні та органогенні, алювіально-делювіальні, озерні, озерно-алювіальні та ін. (додаток Б, рис. Б.1). Вони являють собою піски, супіски, торфовища [101, с.26].

Воднольодовикові та давні алювіальні відклади — піски, зрідка супіски та піщані легкі суглинки це, як правило, безкарбонатні, легкого механічного складу породи, що мають дуже високу водопроникність, що визначає їх дренажність, промивання і вмивання на значну глибину розчинених елементів, в тому числі важких металів.

Сучасні алювіальні відклади мають різний механічний склад. У зв'язку з близьким до поверхні заляганням рівня підґрунтових вод набувають розвитку процеси оглеєння та нагромадження закисних сполук заліза, марганцю [59, с.13]. Алювіальні відклади, завдяки утворенню в них глейового геохімічного бар'єру, формують сприятливу до накопичення ВМ обстановку.

Найбільш розповсюдженим типом ґрунтотворних порід території Білоцерківської тестової ділянки є леси (додаток Б, рис. Б.2). Вміст ВМ в ґрунтах, які утворились на товщах лесовидних суглинків, значно більший, ніж на піщаних, через високий вміст в цих породах оксидів заліза, глинозему, карбонатів, органіки, що підвищує їх поглинальні властивості [112].

Отже, ґрунтотворні породи території дослідження досить сильно відрізняються як за фізичними, так і за хімічними параметрами, що призводить до прояву відмінностей в геохімічних умовах міграції ВМ. Особливо різкі відмінності спостерігаються між відкладами, які мають важкий механічний склад та набір природних хімічних сорбентів - лесами і

лесовидними суглинками та водно-льодовиковими і давніми алювіальними відкладами, особливостями яких є здатність формувати активне міграційне середовище.

### 2.2.2. Морфометричні особливості території дослідження, як фактор міграції важких металів

Багатоманітність впливу рельєфу на перерозподіл ВМ в геосистемах, обумовлює доцільність групування морфометричних особливостей території, на ті, що визначають первинний та вторинний їх розподіл. До першої з цих груп слід віднести: висотне положення джерела емісії, щодо прилеглих територій та роль рельєфу, як орографічного бар'єру, адже це визначає напрямок формування та ширину зони розсіювання [60; 78, с.7; 141, с.34]. До другої групи відносяться: напрямок та стрімкість схилів, що визначають параметри поверхневого стоку та ерозійних процесів, співвідношення акумулятивних, транзитних та елювіальних геосистем [68, 136]. Окремо слід звернути увагу на такий фактор, як положення геосистеми в ландшафтно-геохімічному спряженні, адже воно визначає процеси латеральної міграції, в результаті яких геохімічнопідлеглі ландшафти депресій рельєфу можуть мати більш високі показники концентрації ВМ, ніж автономні ландшафти [141, с.67; 33, с.7]. З урахуванням цих залежностей нами пропонується класифікація елементарних геохімічних ландшафтів за морфометричними умовами перерозподілу поліютантів (табл. 2.1.).

*Таблиця 2.1*

### **Класифікація елементарних геохімічних ландшафтів за морфометричними умовами перерозподілу поліютантів**

Критерії класифікації елементарних геохімічних ландшафтів			
За положенням в ряду геохімічних спряжень	За формами рельєфу	За здатністю до перерозподілу	За переважанням форм міграції
1	2	3	4
Елювіальні	Плакори та пологі схили	Емісійні	Радіально емісійні

## Продовження таблиці 2.1

			Латерально емісійні
		Акумулятивні	
Елювіально- аккумулятивні	Западини	Акумулятивні	
		Емісійні	Радіально емісійні
Транселювіальні	Похилі та круті схили	Емісійні	Радіально емісійні
			Латерально емісійні
		Акумулятивні	
Транссупераквальні	Пологі схили	Акумулятивно- емісійні	Радіально емісійні
			Латерально емісійні
Супераквальні	Заплава та пониження в її межах	Емісійні	Радіально емісійні
			Латерально емісійні
		Акумулятивні	

Як видно з табл. 2.1, ділянки які зазнали первинного (атмосферного) впливу автошляхів в подальшому здатні як акумулювати ВМ на ландшафтно-геохімічних бар'єрах, так і виступати в ролі джерела емісії для геохімічнопідлеглих геосистем.

Тестові ділянки мають наступні орографічні особливості. На території Білоцерківської ділянки, що розташована в межах Придніпровської височини, активно відбуваються процеси ерозійного розчленування поверхні. Вони переривають монотонність схилових процесів на бортах долини і можуть виступати в ролі «міграційних каналів» для полютантів. Водночас привершинні зниження улоговин і ярів та конуси виносу стають на перешкоді вільному руху сполук свинцю (додаток Б, рис. Б.4) [101, с.23].

Проведені нами польові та лабораторні дослідження ґрунтів тестових ділянок на вміст сполук свинцю (додаток В) довели, що в ерозійних формах рельєфу свинець концентруються у привершинних водозбірних зниженнях,

далі вниз по профілю концентрації їх зменшуються і знову підвищуються у конусах виносу. Такий перерозподіл відбувається завдяки активному промиванню днища ерозійних форм в їх середній частині. Зниження концентрації сполук свинцю відбувається не тільки по повздовжньому профілю, але й по схилах улоговин та ярів [71, с.43]. Прикладом наочного відображення залежності розподілу свинцю в ґрунтах від особливостей рельєфу території є показники валового вмісту свинцю в окремих геосистемах (рис.2.3, додаток В, табл. В.1)

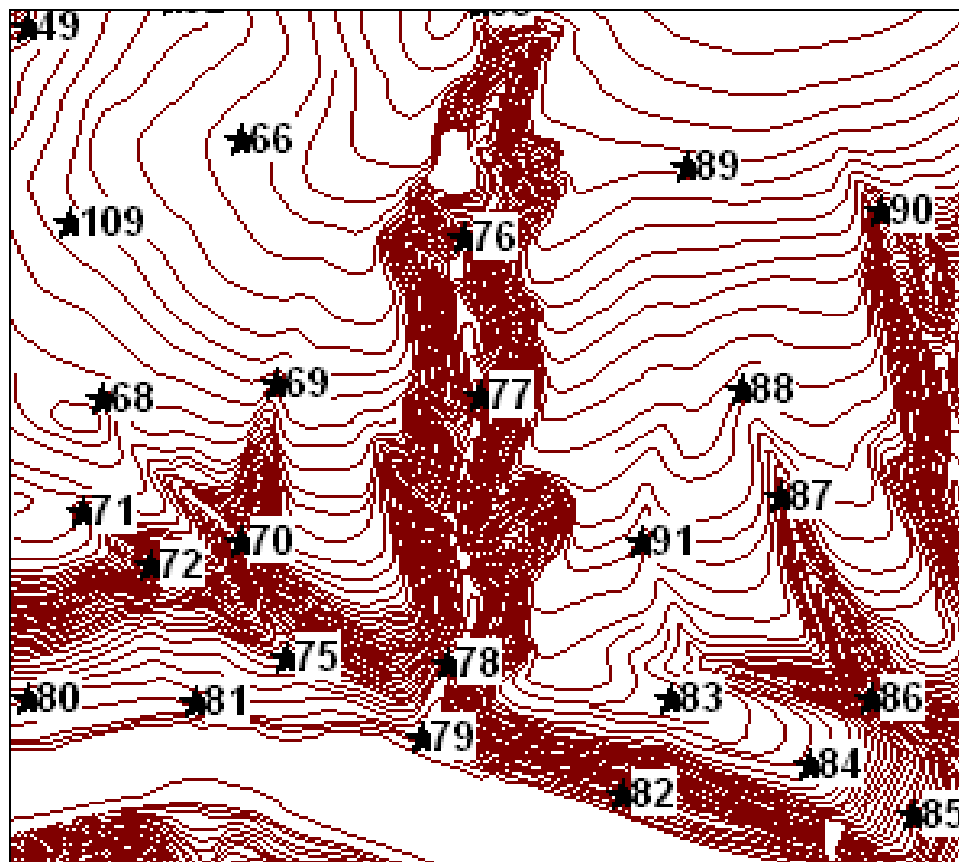


Рис. 2.3. Точки пробо відбору. Білоцерківська тестова ділянка

Димерська тестова ділянка розташована у межах Поліської низовини. Поверхня її вирівняна, з незначною глибиною розчленування, поширені піщані вали, горби, пасма, зустрічаються неглибокі яружні форми рельєфу (додаток Б, рис. Б.3) [101, с.37]. В таких умовах відбувається формування інтенсивних міграційних потоків водорозчинної форми свинцю, в той час як

рельєф цієї території не сприяє активному латеральному перенесенню сполук Рb, закріплених на твердих частинках ґрунту.

### 2.2.3 Кліматичні особливості території, як фактор міграції важких металів

Часто спостерігається значна варіабельність вмісту ВМ на ділянках з однорідним рельєфом та ґрунтовим покривом, що обумовлюється нерівномірним випадінням полютантів з атмосфери. Таким чином, метеорологічний режим, серед інших факторів, визначає конфігурацію поля забруднення, його щільність та секторність ймовірного потрапляння полютантів в геосистему, тобто умови первинного та вторинного розподілу.

На формування первинного поля забруднення впливають наступні кліматичні показники:

- температурний режим, адже стійкість аерозольних систем, в які входять сполуки ВМ, істотно залежить від випаровування та конденсації;
- режим опадів - вимивання атмосферними опадами твердих та рідких домішок і сухе осаджування формує потік привнесених домішок із атмосфери в інші компоненти геосистем;
- вітровий режим - повторюваність вітрів певного напрямку визначає конфігурацію зони забруднення. Швидкість і сила переважаючих вітрів визначають ймовірність утворення приземних інверсій, які ускладнюють вертикальну циркуляцію повітря, що суттєво уповільнює процес розсіювання аерозолів і подовжує час контактування забрудненого ВМ повітря з іншими компонентами геосистем;
- кількість днів з туманами, які сприяють накопиченню домішок в атмосфері та концентрації випадінень полютантів поблизу джерела емісії. Особливо великий вміст ВМ може виникати в туманах, що формуються в умовах штилів, слабких вітрів та інверсій [60] .

На формування вторинного поля забруднення переважно впливає режим опадів, основними характеристиками якого є [126, с.45; 136]:

а) середньорічна кількість опадів та внутрішньорічні її коливання, що обумовлює потенційну інтенсивність міграційних процесів в геосистемах, впливає на формування твердого стоку речовини по всьому катенарному профілю. Також опади призводять до зниження вмісту ВМ в ґрунтах, через енергійне під час дощу і сніготанення винесення елементів за межі верхніх ґрунтових горизонтів;

б) інтенсивність та тривалість опадів, повторюваність зливових дощів. Зливові дощі формують тимчасові водні потоки, що призводить до інтенсивного перерозподілу забруднюючих речовин як у розчиненому, так і нерозчиненому вигляді, на нижчі гіпсографічні рівні;

в) просторові варіації потужності снігового покриву, режим випадіння твердих опадів, їх хуртовинне перенесення, накопичення та танення;

г) фізико-хімічний склад опадів також певною мірою впливає на перерозподіл полютантів. Зокрема, за наявності серед атмосферних домішок сірчаного ангідриду, може посилюватись міграційна активність солей ВМ на поверхні ґрунту та в поверхневих водах.

Названі кліматичні особливості визначають міграційні сценарії сполук свинцю на тестових ділянках. Середньорічна температура повітря коливається в межах 6,6—7,2°C. Максимальна температура - складає 37—39°C, мінімальна - - 36°C [101, с.27]. Даний температурний режим створює умови для активного атмосферного розподілу полютантів в теплий період року та зменшення такої активності в холодний період.

Середня багаторічна кількість опадів становить 550 мм в межах Димерської ділянки та 500 мм – в межах Білоцерківської. Основна їх кількість (близько 75%) припадає на період з квітня по жовтень. Така кількість опадів та їх річний розподіл, визначають інтенсивність винесення ґрунту та нерозчинних сполук свинцю з території, внаслідок розвитку ерозійних процесів [132].

Особливості вітрового режиму на тестових ділянках, що формує конфігурацію зони забруднення, представлено в табл.2.2. Зазначимо лише, що на приавтомагістральних територіях швидкість вітру дещо змінюється в залежності від рослинного покриву: на відкритих та прямолінійних ділянках зростає у 1,5-3 рази, на закритих (з лісосмугами, або лісовими масивами) - зменшується у 4-5 разів [51, с. 13].

Таблиця 2.2

**Вітровий режим на тестових ділянках (за даними [132])**

Тестова ділянка / Місце знаходження станції	Напрямок вітру								Штиль
	Північний	Північно-східний	Схід.	Південно-східний	Південний	Південно-західний	Західний	Північно-західний	
Білоцерківська / Біла Церква	13,5	7,7	10,2	11,2	16,0	11,2	15,9	14,3	11,2
Димерська / Тетерів	10,3	7,1	12,8	15,7	9,7	11,7	20,5	12,2	23,5

**2.2.4. Поверхневі та ґрунтові води, як фактор міграції важких металів**

Важливу роль у диференціації вмісту важких металів в геосистемах відіграють водні потоки, як поверхневі так і підземні [73, с.56]. Дані потоки визначають: режим і швидкість міграції; місця локалізації ВМ на ділянках, де відбувається накопичення уламкового матеріалу та гумусу; дренажність ландшафтів, що забезпечує відтік гравітаційних вод, які виносять речовину за межі геосистеми.

Окремим фактором міграції ВМ в геосистемі виступає процес заболочення території, що сприяє формуванню глейових та біогенних ландшафтно-геохімічних бар'єрів, на яких закріплюються ВМ [63, с.56].

Характеристики тестових ділянок визначаються їх положенням в межах природних зон мішаних лісів та лісостепу. Білоцерківська тестова ділянка має такі особливості: поверхневі води представлені мережею

тимчасових водних потоків, що обумовлює збільшення інтенсивності міграції речовини по поверхні ґрунту, при цьому інфільтрація дощових вод є утрудненою. Ґрунтові води залягають глибоко (20—45 м) і не впливають на процес переміщення ВМ [101, с.78]. За таких умов проникнення розчинених сполук свинцю у підземні води може відбуватися тільки на схилах, де виклинюються осадові породи легкого механічного складу. Також цей процес може відбуватися при порушеннях ґрунту і ґрунтоутворних порід, внаслідок ерозійних та зсувних процесів, або при проведенні землерийних робіт.

Також ділянку перетинає р. Поправка, режим якої частково змінено ставками, що сприяють накопиченню сполук свинцю у донних відкладах.

Димерська тестова ділянка відзначається наступними особливостями: дренажна роль поверхневих вод на ній дуже незначна, що зумовлено високим стоянням ґрунтових вод в межах всіх елементів рельєфу. Підґрунтові води здебільшого знаходяться на глибині 3—4 м, на широких зниженнях — 1,5 м, а подекуди підходять до самої поверхні, де зумовлюють оглеєння ґрунтів та формування глейових ландшафтно-геохімічних бар'єрів. Особливістю даної тестової ділянки є наявність боліт та заболочених територій, що формують специфічні умови міграції свинцю.

#### 2.2.5. Ґрунти, як фактор міграції важких металів у приавтомагістральних геосистемах

Між фізико-хімічними властивостями ґрунту та рухомістю важких металів встановлена тісна кореляційна залежність [111, 128]. Такими властивостями є [33, с.44; 73, с.68; 109, с.234; 96, с.134 - 138]:

1. Лужно-кислотні (рН). Це пояснюється тим, що присутність карбонатного, гідрокарбонатного та сульфатного іонів в ґрунтовому розчині призводить до утворення нерозчинних сполук ВМ з лужноземельними металами (Ca, Mg, Sr, Ba) і призупинення їх хімічної міграційної активності,



аж до повного виведення з міграційних потоків. Вже при слаболужних значеннях у верхньому шарі ґрунтів (0 - 5см) відбувається акумуляція важких металів. Натомість у кислому середовищі зазначені елементи є більш рухливими і відбувається їх вилуговування через профіль легкодренованих ґрунтів з інфільтруючими потоками.

2. Окисно-відновний потенціал (Eh) - при зміні окисно-відновної обстановки в сторону відновної виникають умови для підвищення рухливості більшості металів.

3. Вміст та склад гумусу - поведінка металів в ґрунті визначається їх закріпленням гумусовою речовиною в процесі обмінної адсорбції на поверхні гумусу і через формування з гумусом комплексних сполук. Тому, подекуди пропонується навіть використання гумінових сполук (гумату натрію), як один зі способів обмеження міграції ВМ. Проте, наявність в складі гумусової речовини фульвокислот, з якими метали утворюють водорозчинні комплексні сполуки, призводить до активізації процесів радіальної міграції останніх [6].

4. Ємність катіонного обміну ґрунту, що контролює швидкість міграції ВМ по профілю, визначають наступні властивості:

- мінералогічний склад, а саме вміст карбонатів та гіпсу, що обумовлює абсорбційну здатність ґрунту;

- кількість глинистих мінералів, що є сильним сорбентом, здатним міцно закріплювати елементи за рахунок обмінної адсорбції поверхнею глини;

- співвідношення кількості кварцу та польового шпату - мінералів, які майже не утримують хімічні елементи, до кількості монтморилоніту та вермикуліту, тобто мінералів з великою сорбційною ємністю;

- механічний або гранулометричний склад, зокрема наявність та кількість мулуватої фракції, оскільки від неї залежить сорбційна ємність ґрунту, а також його щільність, а отже, фільтраційні властивості. Наявність та кількість глинистої фракції має прямий вплив на закріплення важких металів. На ґрунтах з важким механічним складом небезпека надходження

ВМ в рослини є нижчою (найбільшу здатність до фіксації мають важкі суглинки);

- ступінь насиченості обмінними основами катіонами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ) визначає поглинальну здатність ґрунтів і їх спроможність утримувати сполуки ВМ.

Ґрунтовий покрив тестових ділянок [91, с.56-84 ] представлено на рисунках 2.4.-2.5., а фізико-хімічні характеристики, визначальні у міграції ВМ, подані у додатку Б (табл. Б1 - Б.2), є досить різноманітними, що обумовлює особливості прояву міграційних процесів у них.

При проведенні польових досліджень ґрунтів тестових ділянок були відібрані проби ґрунту на 109 точках на Білоцерківській та 83 - на Димерській ділянці. Ґрунт відбирався з верхніх горизонтів (до 20 см) методом конверту [121, с.36-41 ]. При цьому, для дослідження зміни вмісту свинцю на крутих схилах, зразки відбирались у верхній, середній та нижній частинах.

Під час лабораторних досліджень були визначені наступні характеристики ґрунтів: рН – методом потенціометрії; гранулометричний склад – методом «піпетки» М.А. Качинського; вміст гумусу - за методом І.В. Тюріна. Вміст сполук ВМ визначався методами рентген-флуоресцентного та атомноабсорбційного аналізу (результати наведено у додатку В, табл. В.1, В.2, рис.В.1). Такі дослідження були проведені з метою вивчення основних умов міграції ВМ у ґрунтах тестових ділянок, створення моноелементних геохімічних карт для визначення місцеположення техногенних аномалій ВМ та перевірки положень методики моделювання забруднення сполуками свинцю.

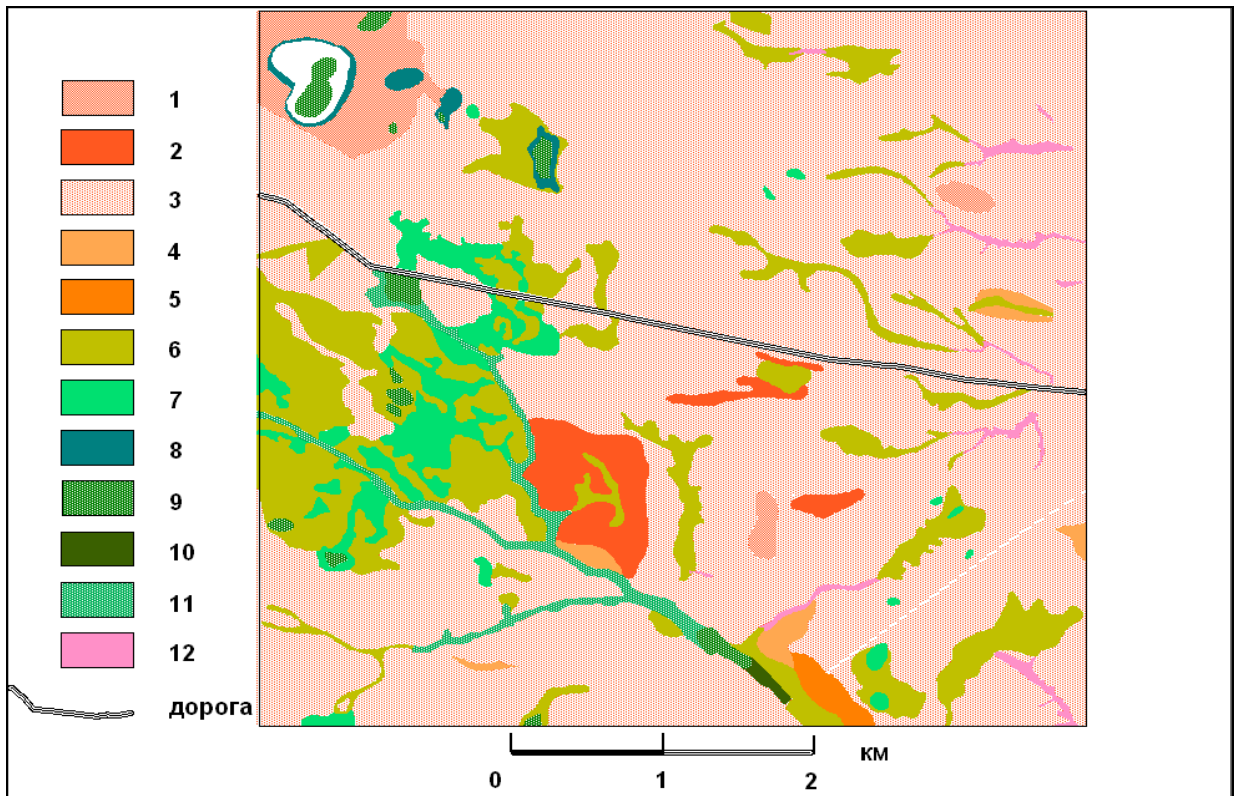


Рис. 2.4. Грунти, Димерська тестова ділянка (легенда – дод. Б, табл.

Б.1)

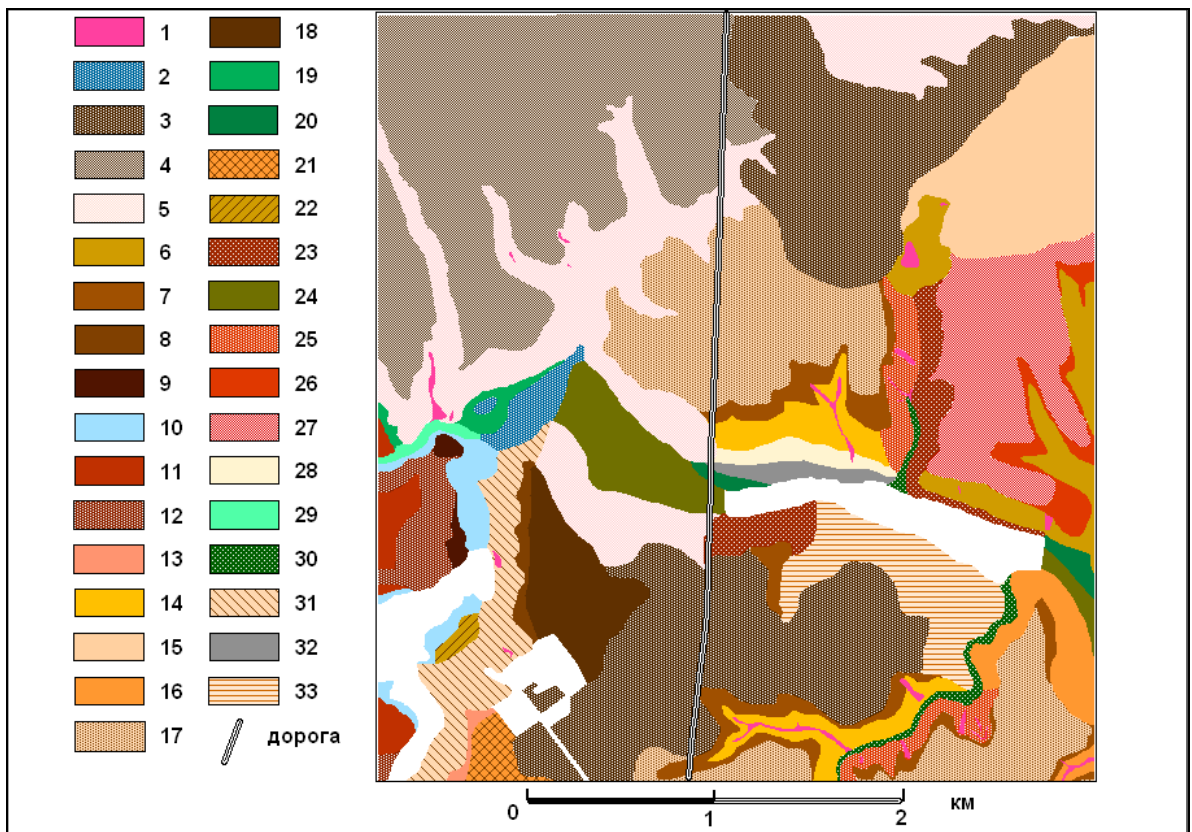


Рис. 2.5. Грунти, Білоцерківська тестова ділянка (легенда – дод. Б, табл.

Б.2)

## 2.2.6. Вплив рослинного покриву на розподіл важких металів у геосистемах

Рослинний покрив не лише зазнає змін під впливом ВМ, а й сам впливає на їх перерозподіл в геосистемах [18; 51, с.40; 86; 90, с.67; 97; 126, с.83-87], через наступні свої характеристики (геометрія, щільність, висота, видовий склад насаджень вздовж автомагістралі). Так лісова, в першу чергу хвойна, рослинність затримує 50-80% поллютантів, трав'яна – лише 25-30%), що пов'язано з первинними аеродинамічними закономірностями, зокрема зниженням сили вітру.

Видовий склад рослинності впливає на формування вторинного поля забруднення тим, що у різних видів неоднаковою є швидкість розкладу, гуміфікації, вилуговування та мінералізації, тобто трансформації поллютантів. Так, у перерозподілі поллютантів в геосистемі рослинність може:

а) створювати механічний бар'єр для поллютантів, що уже потрапили на поверхню ґрунту (при змиванні з водними потоками), адже рослинність (особливо лісова) виступає в ролі протиерозійного та ґрунтозахисного фактору;

б) «вилучати» поллютанти з колообігу, закріплюючи їх в своїх органах, адже біогенно-акумулятивний тип розподілу у профілі ґрунту є характерним для більшості важких металів.

Показники ефективного надходження сполук важких металів у різні частини організму рослин (табл. 2.3.) значно коливаються в залежності від їх видової (табл. 2.4.) та сортової приналежності (табл. 2.5). Деякі рослини - концентратори - здатні у великих кількостях поглинати і накопичувати ВМ і можуть використовуватися для фітореMediaції ґрунтів.

Природна рослинність тестових ділянок визначається їх розташуванням у межах двох геоботанічних зон, а також різноманітним ґрунтовим покривом.

Таблиця 2.3

**Коефіцієнти біологічного поглинання (КБП) і накопичення (Кн)  
органами ярого ячменю, за [86]**

Варіанти дослідів	Zn						Pb					
	Дія		Наслідки 1 року		Наслідки 2 року		Дія		Наслідки 1 року		Наслідки 2 року	
	зерно	стебла	зерно	стебла	зерно	стебла	зерно	стебла	зерно	стебла	зерно	стебла
КБП												
Контроль	0,34	0,26	0,37	0,28	0,34	0,27	0,01	0,06	0,01	0,05	0,01	0,05
Метал	0,18	0,21	0,17	0,19	0,15	0,16	0,02	0,08	0,02	0,06	0,01	0,03
Кн												
Контроль	38,33	29,17	40,33	30,17	37,83	29,83	0,38	1,75	0,22	1,22	0,30	1,30
Метал	1,98	2,22	2,13	2,44	1,96	2,22	0,20	0,69	0,15	0,55	0,08	0,29

Таблиця 2.4

**Вміст важких металів у сухій речовині рослин і значення КБП для них (середнє за 1996-1998 роки), за [95]**

Культури	Елементи									
	Pb		Co		Zn		Si		Ni	
	мг/ кг	КБП	мг/ кг	КБП	мг/ кг	КБП	мг/ кг	КБП	мг/ кг	КБП
Різнотрав'я	0,92	0,50	0,70	0,99	5,47	0,60	2,48	3,22	2,13	1,11
Озиме жито	0,70	0,40	0,46	0,46	2,16	0,50	1,81	2,45	3,44	2,37
Овес з підсівом конюшини	0,78	0,62	0,27	0,56	2,13	0,50	1,27	1,95	4,50	6,92
Люпино-вівсяна сумішка	0,91	0,50	0,64	0,57	2,90	0,27	1,62	1,74	1,52	0,39
Вико-вівсяна сумішка	0,73	0,38	0,47	0,44	3,32	0,30	1,36	1,28	3,18	1,13

**Коефіцієнти біологічного поглинання зернових культур при забрудненні ґрунту важкими металами, за [95]**

Культура, сорт	Забруднення ґрунту в 5 ГДК		
	Cd	Pb	Zn
Яровий ячмінь Джерело	0,1101	0,2422	0,3675
Яровий ячмінь Престиж	0,1420	0,2853	0,3877
Яровий ячмінь Галактик	0,1201	0,3020	0,3907
Яровий ячмінь Прерія	0,1508	0,3394	0,4237
Овес Синельниківський 73	0,1126	0,2921	0,3799
Озима пшениця Красуня	0,0989	0,2427	0,2929
Озима пшениця Лада	0,0945	0,2349	0,2962
Озима пшениця Одеська162	0,1027	0,2287	0,2879
Озима пшениця Фантазія	0,0917	0,2297	0,2830
Озима пшениця Юна	0,0960	0,2302	0,2944
Озимий ячмінь Силует	0,1061	0,2126	0,2719
Озиме жито Харківське 98	0,1016	0,2209	0,2736
Озиме жито Кормове 51	0,1041	0,2235	0,2758
Просо Миронівське 51	0,0541	0,1845	0,2465

Для природної рослинності Димерської тестової ділянки характерне переважання борів на піщаних ґрунтах, грабово-дубово-соснових лісів, які формуються на супіщаних ґрунтах, де крім сосни, дуба, берези, присутні граб, клен, липа, а в підліску — ліщина, бузина, бруслина, калина, крушина та ін. На заплавах поширені вільхові ліси, чагарникова, гідроморфна лучно-болотна рослинність.

В межах Білоцерківської ділянки на заліснених частинах представлені грабово-дубові ліси. Трав'яний покрив складається з численних багаторічників: фіалки, проліски, жовтці, тонконіг, куцоніжка лісова, зірчаники, костриці, купина лікарська та ін. Знижені ділянки в межах заплави

вкриті водно-болотною рослинністю, де поширені їжачі голівки, живокіст лікарський, частуха звичайна та подорожникова, сусак зонтичний тощо[101, с.68].

Більшу частину тестових ділянок займають агроландшафти, переважно орні землі [77, с.345]. Серед галузей рослинництва на Димерській ділянці представлено зернове господарство (вирощування жита), картоплярство, овочівництво, вирощування кукурудзи на силос, плодово-ягідних культур. На Білоцерківській - зернове господарство (у структурі зернових культур домінують пшениця озима та яра, жито, кукурудза на зерно, гречка), картоплярство, овочівництво, вирощування соняшників, цукрових буряків, сої, ріпака. Високі показники розорюваності призводять до пришвидшення процесів водної ерозії та змиву родючого шару ґрунту. Змив поверхневого шару ґрунту призводить до виносу свинцю на більш низькі гіпсографічні рівні в геохімічнопідлеглі геосистеми, в яких може відбуватися їх накопичення.

Рослинний покрив дослідних ділянок представлено рис.2.6-2.7. Відомості, щодо можливостей накопичення ними свинцю, наведено у додатку Б, табл. Б.3.

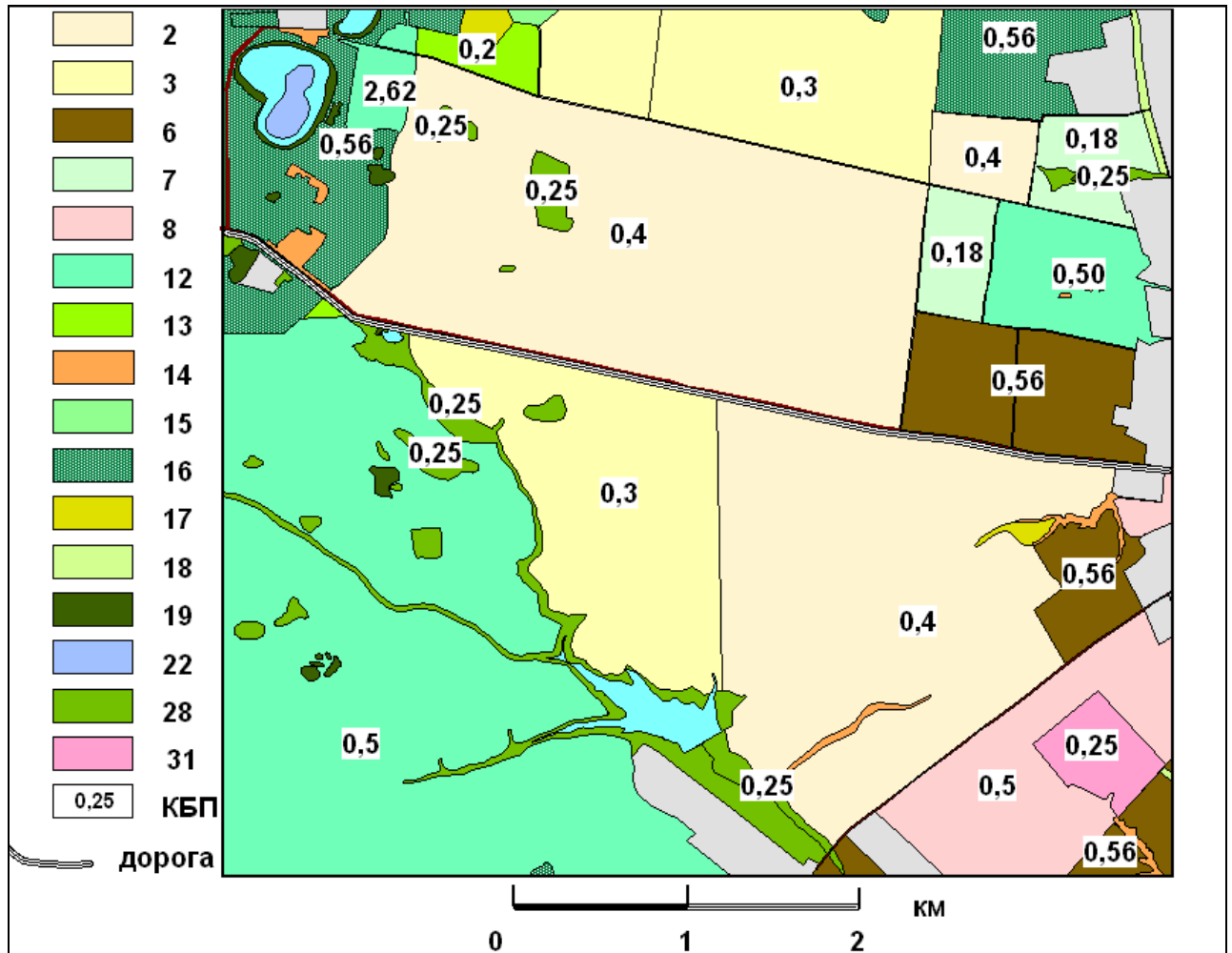


Рис. 2.6. Рослинний покрив. Димерська тестова ділянка

2 - озиме жито; 3 - яровий ячмінь; 6 - картопля; 7 – капуста; 8 - буряк; 12 - люпино-вівсяна сумішка; 13 - конюшина лучна; 14 - різнотрав'я; 15 - діброви; 16 – свіжі бори; 17 – вільхові ліси; 18 – березові ліси; 19 – болотяна рослинність; 22 – сірі різнотравно-вологотравні луки; 28 – різнотравно-вологотравні луки; 31 – плодово-ягідні насадження



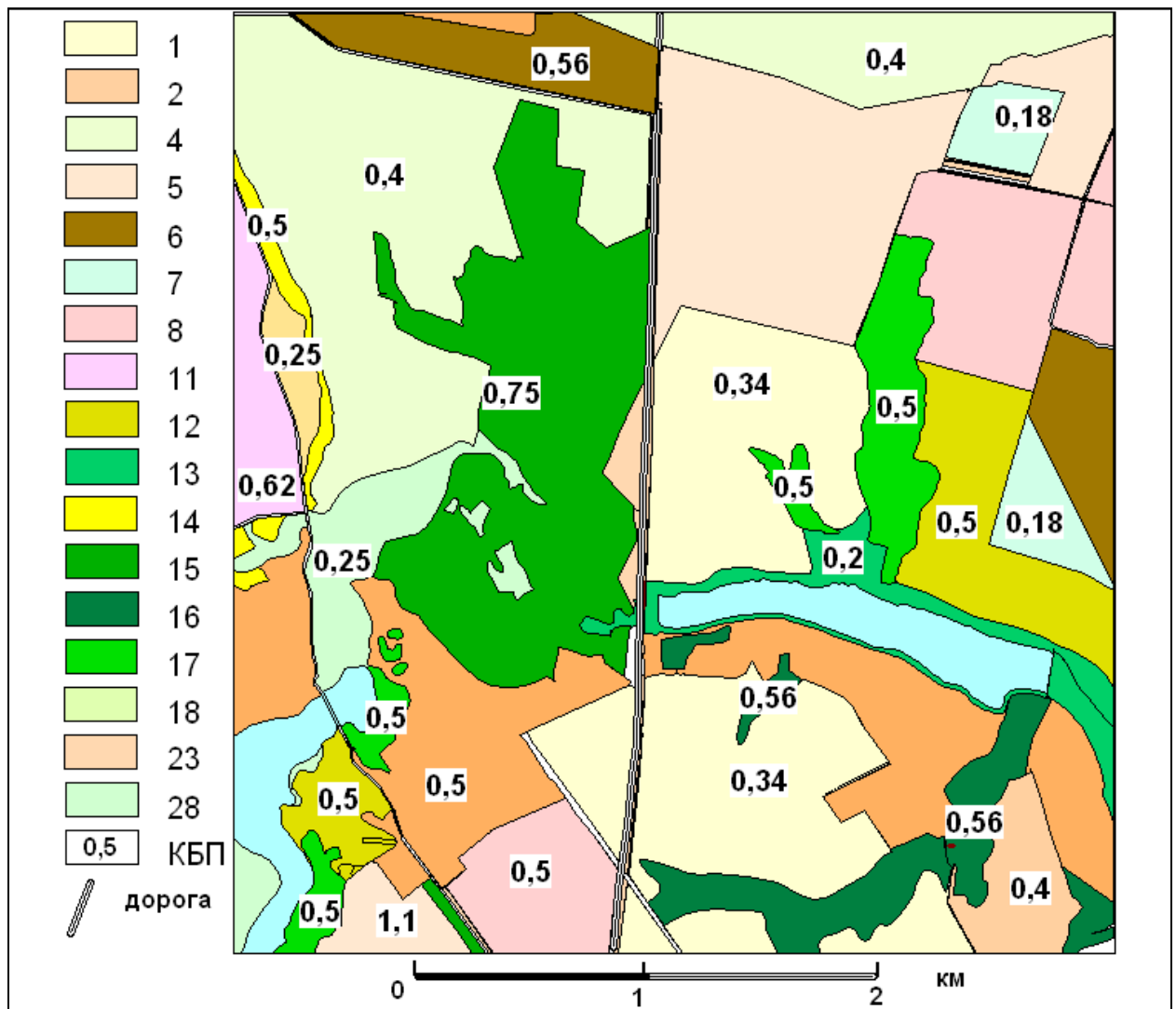


Рис. 2.7. Рослинний покрив Білоцерківська тестова ділянка

1 – пшениця; 2 - озиме жито; 4 – ріпак; 5 – соя; 6 - картопля; 7 – капуста; 8 - буряк; 11 - овес з підсівом конюшини; 12 - люпино-вівсяна сумішка; 13 - конюшина лучна; 14 - різнотрав'я; 15 - діброви; 16 – сухі бори; 17 – вільхові ліси; 18 – березові ліси; 23- лучна рослинність; 28 – різнотравно-вологотравні луки

#### 2.2.7. Ландшафтні комплекси тестових ділянок

Відповідно до територіального рівня та цілей дослідження, проаналізувавши властивості компонентів геосистем, як чинників формування міграційних сценаріїв для сполук свинцю, нами було визначено

геосистеми рангу урочищ на тестових ділянках (рис. 2.8- 2.9, додаток Б табл. Б.4, Б.5), що мають різноманітні умови перерозподілу сполук свинцю у своїх межах.

На Димерській тестовій ділянці представлені геосистеми межирічних рівнин на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими та дерново-слабопідзолистими супіщаними ґрунтами, переважно розорані. Природні особливості таких геосистем створюють умови повільного темпу проходження латеральної міграції, в той час як легкий механічний склад ґрунтів може пришвидшувати прояви радіальної міграції.

У западинах на рівнинах спостерігається накопичення свинцю, що пояснюється відсутністю площинного змиву за їх межі. Прояви оглеєності ґрунтів та підвищення вмісту глинистої фракції також пояснюють процес накопичення.

Геосистеми схилів є найдинамічнішими з точки зору темпів латеральної міграції нерозчинних сполук свинцю. Вони виступають як їх зони винесення (у верхній частині), інтенсивного транзиту або акумуляції (в нижній частині), що залежить ухилу, типу та фази розвитку рослинності, господарського використання геосистем.

Геосистеми ерозійної мережі є здебільшо транзитними, проте на днищах балок подекуди спостерігається накопичення полютантів.

Геосистеми заплав переважно акумулюють сполуки ВМ, що виносяться із спряжених геосистем. Низькі заболочені заплави і торфовища є акумулятивними, через високий вміст органічної речовини.

Серед геосистем Білоцерківської тестової ділянки найбільші площі займають рівнини на лесах з різними відмінами чорноземів, переважно розорані. Дані геосистеми займають найвищий гіпсографічний рівень території і відзначаються винесенням нерозчинних сполук свинцю з площинним змивом, що активізується на їхніх похилих ділянках, де інтенсивність обумовлюється зростанням ухилу поверхні.

На пологих та похилих схилах також мають прояви процеси механічної міграції речовини. Різні частини схилу можуть виступати як зони винесення (верхні частини), транзити або акумуляції (нижні частини). Круті схили виконують транзитні функції з більшою інтенсивністю.

Тераси переважно акумулюють полютанти, що пояснюється як їх гіпсографічним положенням, так і особливостями рельєфу. Низькі, переважно заболочені заплави акумулюють сполуки свинцю, які виносяться із спряжених геосистем.

В геосистемах ерозійної мережі свинець концентрується у привершинних водозбірних зниженнях, далі вниз по профілю концентрація його зменшується і знову підвищується у конусах виносу, що відбувається завдяки активному промиванню днища ерозійних форм в їх середній частині та більш важкому механічному складу винесеного уламкового матеріалу.

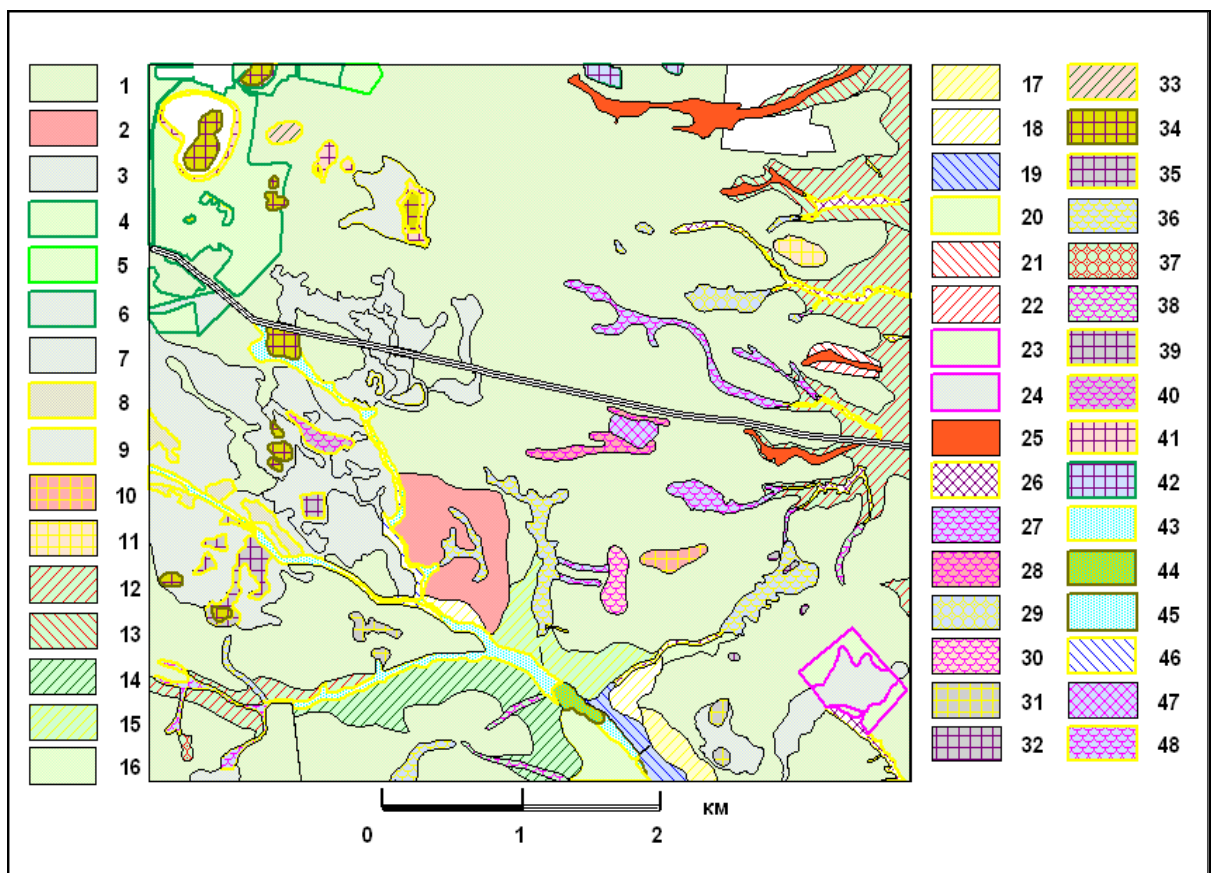


Рис. 2.8. Димерська тестова ділянка. Ландшафтні комплекси (легенда - дод.Б, табл. Б.4)

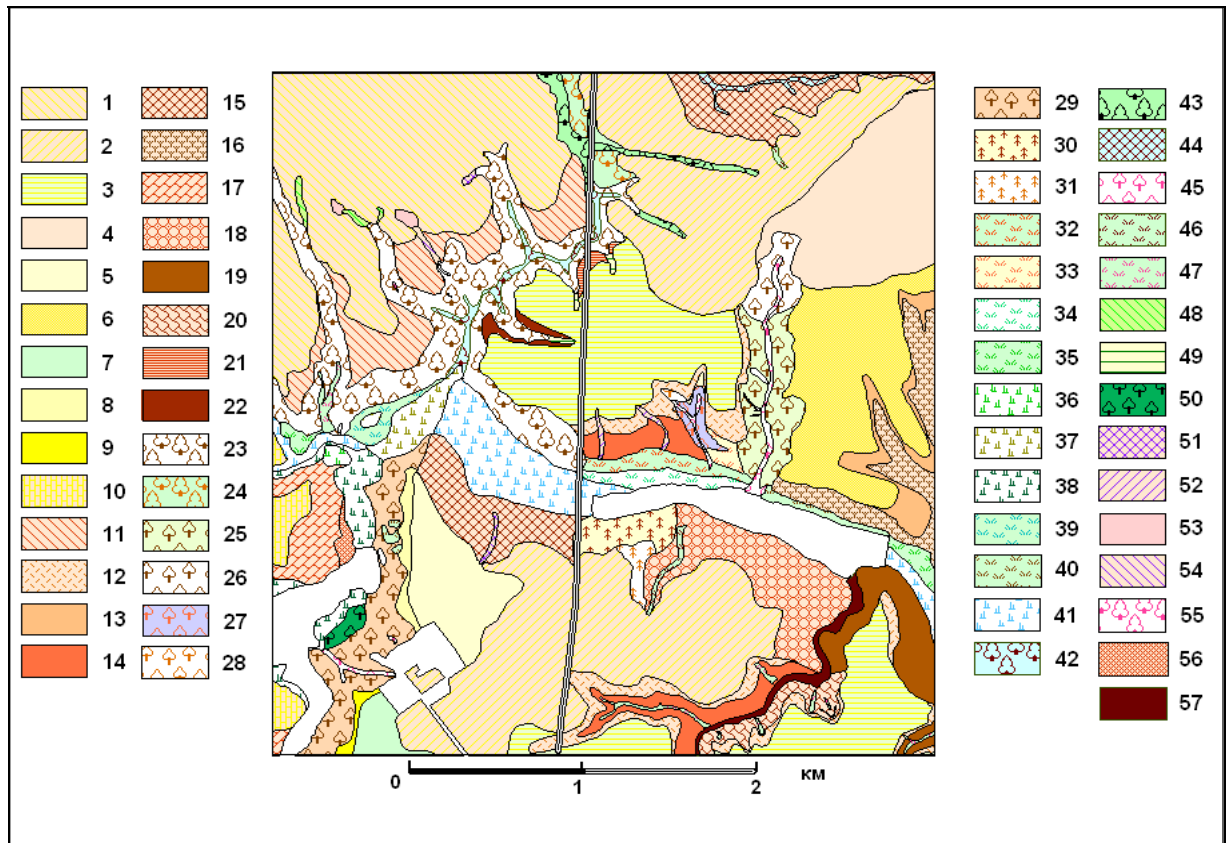


Рис. 2.9. Ландшафтні комплекси. Білоцерківська тестова ділянка. (легенда - дод.Б, табл. Б.5)

### 2.3. Антропогенні фактори формування полів забруднення та умов перерозподілу сполук важких металів у приавтомагістральних геосистемах

При аналізі умов формування поля забруднення ВМ у приавтомагістральних геосистемах слід враховувати не лише безпосередній вплив автошляхів, а й структуру природокористування території в цілому. Адже експлуатація господарських об'єктів може як посилювати вплив автошляхів, так і нейтралізувати його. Посилення може відбуватися і за рахунок прямого привнесення в ґрунт (в основному при сільськогосподарському використанні території), і аерогенного надходження поліутантів «промислового походження». Такий сумарний вплив на приавтомагістральні геосистеми призводить до виникнення екоситуації, при якій відбувається перевищення ГДК сполук ВМ. Господарська діяльність

людини також може знижувати ступінь забруднення приавтомагістральних територій, наприклад при застосуванні фітореMediaції.

### 2.3.1. Промислові об'єкти, як чинник забруднення території сполуками важких металів

ВМ можуть потрапляти на приавтомагістральні території повітряним шляхом з викидами промислових підприємств. Тому для отримання об'єктивних даних при оцінці актуального рівня забруднення територій, що потрапляють в радіус дії підприємств, слід визначати кількісні і якісні характеристики їх викидів та просторові параметри зони їх впливу [25]. Підприємства є потенційно небезпечними при формуванні поля забруднення на відстані, що залежить від їх спеціалізації та потужностей. Максимальний вміст ВМ у ґрунтах спостерігається у радіусі 1-3 км від джерела емісії, де перевищує фонові показники на один-три порядки, і лише на відстані 15-20 км наближається або досягає фонового рівня. У складі викидів в атмосферне повітря від промислових підприємств переважають тверді викиди (близько 82%), решту складають рідкі та газоподібні викиди. Саме тверді частки містять сполуки важких металів, як правило у вигляді сульфатів та сульфідів. Тож на даному етапі доцільним вбачається визначити наявні промислові об'єкти, що потенційно можуть чинити додатковий тиск на тестові приавтомагістральні ділянки. Такими об'єктами можуть стати підприємства, розташовані в межах 20-кілометрової смуги. Зона впливу підприємств, що містять сполуки свинцю у своїх викидах (ВАТ "Росава" (шинний завод № 1), ВАТ "Валса" (шинний завод №2) АТ "Білоцерківсільмаш") [92, с. 341] не розповсюджується на територію Білоцерківської тестової ділянки. У межах Димерської – також не було виявлено надходження поллютантів від промислових підприємств.

### 2.3.2. Агропромисловий комплекс як чинник формування первинного та вторинного поля забруднення територій сполуками важких металів

Під час сільськогосподарського виробництва часто підвищується ступінь забруднення ґрунтів сполуками ВМ, зокрема за рахунок відходів тваринницьких ферм та внаслідок застосування мінеральних, органічних добрив і хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР). Виведення ВМ з агроecosystem відбувається із збиранням урожаю, при зміні властивостей ґрунту внаслідок вилуговування, вимивання, а також при культивуванні певних видів рослин [92, с. 421; 97].

Характер ведення рослинництва може призводити до зміни концентрації ВМ в ґрунтах, зокрема за рахунок: процесів хімізації в рослинництві, зрошення, культурних рослин, які вирощуються на приавтомагістральних територіях (адже у різних культурних рослин різним є коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) (див. розд. 2.2.6.).

Процеси хімізації призводять до підвищення концентрації ВМ за рахунок внесення добрив, вапнування, застосування ХЗЗР.

Більшість добрив містить значну кількість важких металів (свинцю, кадмію тощо), які, за їх систематичного внесення у підвищених дозах, можуть накопичуватися в ґрунті. Вміст свинцю, наприклад, у суперфосфатах становить – 7 - 92 мг/кг (Мінесв В.Г., 2004). Калійні добрива, хоч і не містять у значних кількостях сполук свинцю, проте, проникаючи в ґрунтові води, К, як сильний окислювач, може викликати зміни міграційної активності ВМ [13].

Органічні добрива (гній і компост) також містять значну кількість важких металів. У результаті внесення у ґрунт органіки, в ньому зростає концентрація таких хімічних елементів, як свинець, кадмій, мідь, цинк, залізо, марганець. Наприклад, вміст свинцю в стійловому гної в середньому складає - 6,6 мг/кг сухої речовини. За норми витрати до 5 т/га, з гноєм щорічно вноситься приблизно 30 г/га свинцю [7; 100, с. 48]. Останнє

зумовлює необхідність врахування частки удобреної площі сільськогосподарських угідь при визначенні рівня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю. Значення частки удобреної площі в адміністративних районах, в межах яких знаходяться тестові ділянки, наведено в табл. 2.6.

*Таблиця 2.6*

**Частка удобреної площі у досліджуваних районах Київської області  
( на основі [105])**

	Частка удобреної площі, %	
	мінеральними добривами	органічними добривами
Білоцерківський	53,6	9,8
Вишгородський	7,2	7,0

З таблиці 2.6. видно, що майже половина сільськогосподарських земель підлягають удобренню мінеральними, а приблизно десята частина – органічними добривами. Проте, для тестових ділянок наразі немає достовірної інформації про землі де відбулось удобрення, а також склад та кількість внесених добрив.

Вапнування зумовлює зміну кислотних умов ґрунту, що призводить до уповільнення міграції важких металів, аж до повного їх виведення із міграційних процесів при утворенні штучного ландшафтно-геохімічного бар'єру (див. 2.2.5.). Таким чином, у процесі визначення актуального рівня забруднення приавтомагістральних територій сполуками ВМ, необхідне виявлення сільськогосподарських площ, які підлягали вапнуванню, хоча загальна тенденція у сільському господарстві свідчить про їхнє значне скорочення в останні роки, в тому числі у Київській області (табл.2.7).

На рис. 2.10. можна визначити ділянки, де відбувався процес вапнування та зміна кислотних властивостей ґрунтів (природні показники рН, вказано у додатку Б, табл.Б.1).

Внесення хімічних засобів захисту рослин призводить до забруднення ландшафтів ВМ, які містяться у складі цих засобів [73, с.135]. Загальна

тенденція останніх років [97], полягає у значному, майже в три рази, збільшенню обсягу внесення пестицидів, в тому числі і децентралізованого та самостійного, що також має бути враховано у загальному процесі визначення актуального рівня забруднення. Проте, для тестових ділянок наразі відсутня достовірна інформація про землі, на яких вносилися ХЗЗР.

Таблиця 2.7

**Динаміка проведення вапнування ґрунтів у сільськогосподарських підприємствах, за [105]**

	1990	2000	2005	2009	2010	2011	2012
Проведено вапнування, тис.га	76,7	0,6	0,9	5,3	5,3	5,6	4,0
Внесено вапнякового борошна та інших вапнякових матеріалів, тис.т	425,6	3,7	4,9	22,2	16,5	22,5	12,2

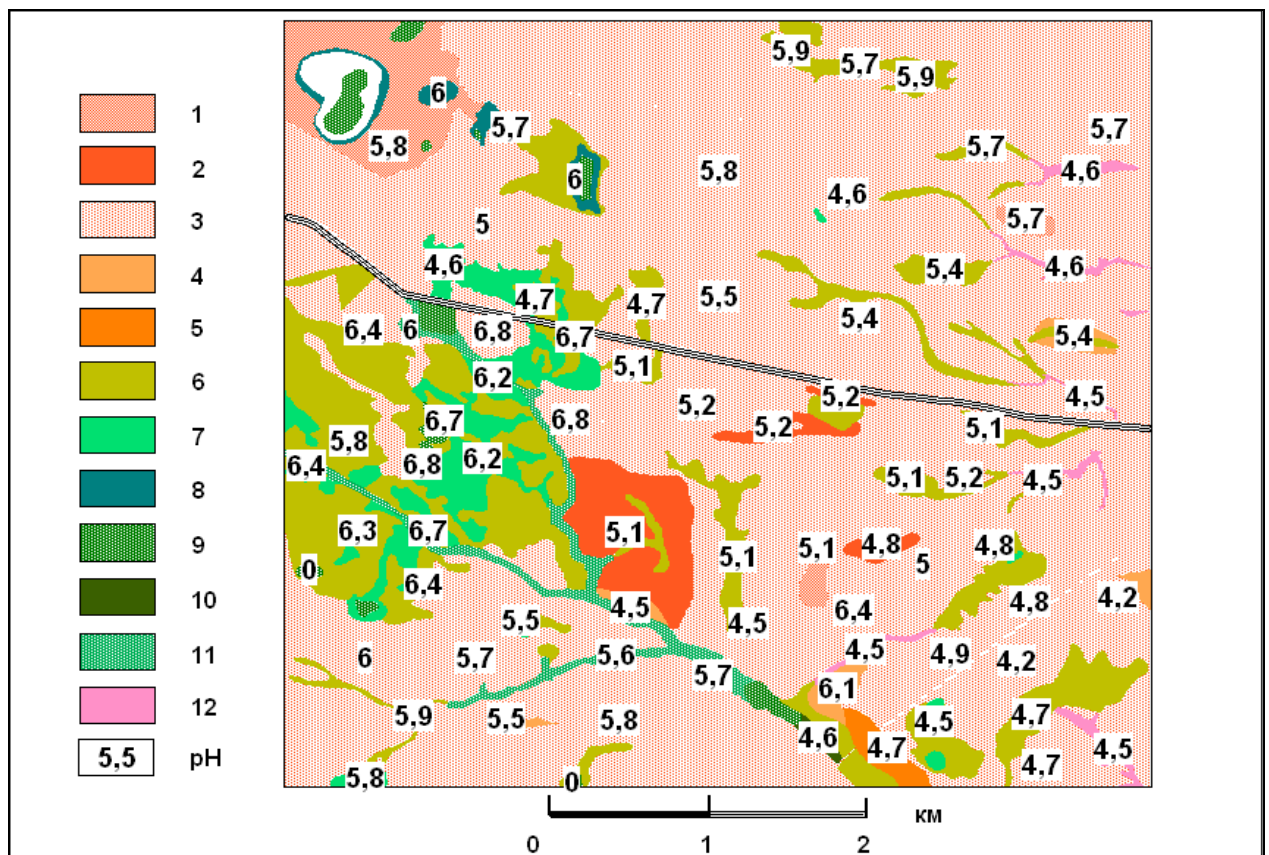


Рис. 2.10. Відмінності у значеннях рН ґрунтів, обумовленні процесом вапнування. Димерська тестова ділянка



### 2.3.3. Автомобільний транспорт, як чинник забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних геосистем

Через територію тестових ділянок проходять магістралі міжнародного значення - Санкт-Петербург - Одеса (Білоцерківська ділянка), та регіонального – Київ - Овруч (Димерська ділянка). Основні вантажні перевезення відбуваються у міжміському та приміському сполученнях, а головною функцією автотранспорту є забезпечення зв'язків між Києвом та підприємствами, розміщеними в інших областях та сусідніх державах [99, с. 44].

При дослідженнях повітря на автомагістралях Київської області з 492 відібраних проб, перевищення ГДК по сполукам свинцю було виявлено у 27 пробах, зокрема у місті Біла Церква та Вишгородському районі [105, с.89].

Інтенсивність потоку, співвідношення транспортних груп у потоці, строк експлуатації автомобілів та тип палива, що використовується для двигунів є провідними характеристиками, що формують параметри первинного поля забруднення вздовж автомагістралей.

Інтенсивність транспортного потоку істотно впливає на ширину і форму геохімічної аномалії. Так, при кількості 4,5 - 9,5 тис. автомобілів на добу вміст свинцю біля брівки земляного полотна в ґрунті перевищує фонові показники в 20-30 разів, а на відстані 15-20 метрів - в 1,5 – 2 рази. При інтенсивності руху, що складає понад 10 тис. автомобілів на добу, концентрація ВМ, за відсутності захисних деревних та чагарникових насаджень, сягає значень, за яких не можна вирощувати сільськогосподарські культури та випасати худобу в радіусі 50 м [81, с.34].

На досліджуваних ділянках інтенсивність транспортного потоку була визначена за методикою [82, с. 12 - 16] і склала для Білоцерківської тестової ділянки – 19488, Димерської – 5175 автомобілів на добу, що дозволяє говорити про реальну небезпеку забруднення ґрунтів сполуками свинцю, яку створює автотранспорт на даних ділянках.

Співвідношення транспортних груп у потоці є вагомим чинником формування первинного поля забруднення ВМ приавтомагістральних геосистем. Дані по транспортним групам автомобілів, по Київській області загалом, що співставні із транспортним потоком на тестових ділянках, свідчать, що кількість забруднюючих речовин, які потрапляють в атмосферне повітря для автомобілів різних транспортних груп є неоднаковою. Звичайно, найбільші показники мають вантажні автомобілі, що обумовлюється потужністю двигунів. Втім, кількість викидів від даної транспортної групи зменшуються в останні роки, в той час як частка пасажирських легкових автомобілів зростає [99].

Строк експлуатації транспортних засобів також є чинником формування первинного поля забруднення ВМ приавтомагістральних геосистем. Необхідність визначення строку експлуатації транспортних засобів обумовлена тим, що з віком механізми в автомобілі зношуються і це призводить до підвищення витрат пального і, як наслідок, кількості викидів. Зокрема, в автомобілях, віком понад 5 років витрати пального зростають на 5 %, а в автомобілях, віком понад 8 років - на 10 %. Цікаво також, що нові автомобілі (віком до 1 року) витрачають на 10 % пального більше [104, с. 12 - 16].

Загальною проблемою на сьогодні є постійне «старіння» автопарку України. Інформація щодо середнього віку парку дорожніх механічних транспортних засобів, останній раз у нашій державі проводилась у 2010 році (табл. 2.8).

Тип палива, що використовується для двигунів, впливає на формування первинного поля забруднення ВМ приавтомагістральних геосистем. Основним джерелом забруднюючих речовин від автотранспорту є пальне. Різні види пального мають різний спектр домішок, в тому числі сполук ВМ, у відпрацьованих газах [2]. Основним «постачальником» сполук свинцю в навколишнє середовище є бензинові двигуни [94]. І, хоча частка викидів, що формується автомобілями з бензиновими двигунами, скорочується в останні

роки, проте вона і досі залишається значною на приватомагістральних ділянках (табл. 2.9.).

Тож очевидною є необхідність визначення частки автомобілів із загального транспортного потоку, що використовує у своїй роботі той чи інший тип пального. Для досліджуваної території таке співвідношення було визначено на основі середніх для Київської області значень [105, с.63]. Дані представлені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.8

**Середній вік парку дорожніх механічних транспортних засобів (на 2009 рік), за [105]**

Тип автомобіля	Всього					Від 2 до 3 років				Від 3,1 до 5 років				Від 5,1 до 8 років				Більше 8 років							
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009					
Автомобілі - всього	330977	289088	359190	388857	343947	16425	-	17813	59067	59992	28091	-	30478	58218	61488	53270	-	57727	93841	82115	-	-	-	-	140352
Легкові автомобілі	272684	232023	294561	304701	303860	13980	-	15145	54126	57490	21194	-	22963	50318	55993	38679	-	41814	72738	72147	-	-	-	-	118230
Вантажні бортові	19480	15999	21202	29643	13036	-	-	-	-	1025	-	-	-	-	1698	-	-	-	-	2521	-	-	-	-	7792
Самоскиди	12358	12348	13533	13916	5514	-	-	-	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1178	-	-	-	-	3744
Сідлові тягачі	4478	4338	4884	8666	3162	-	-	-	-	206	-	-	-	-	508	-	-	-	-	902	-	-	-	-	1546
Спеціальні автомобілі	12035	14088	13198	16771	5652	-	-	-	-	261	-	-	-	-	693	-	-	-	-	1583	-	-	-	-	3115
Пасажирські автобуси	7376	6919	8020	8780	6799	-	-	-	-	457	-	-	-	-	1169	-	-	-	-	2061	-	-	-	-	3112
Інші транспортні засоби	2566	3373	2792	6380	5924	-	-	-	-	505	-	-	-	-	883	-	-	-	-	1723	-	-	-	-	2813

Таблиця 2.9

**Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря  
автотранспортом, що використовує різні типи палива, за [92, с.56]**

Роки	Обсяги викидів, тис.т.	У тому числі від використання			Частка викидів забруднюючих речовин від використання бензину у загальних обсягів викидів, %
		бензину	дизельного палива	зрідженого та стисненого газу	
2000	86,7	79,3	5,8	1,6	91,5
2005	96,7	86,8	7,8	2,0	89,8
2006	88,1	76,9	8,7	2,5	87,3
2007	158,0	117,5	26,5	8,6	74,4
2008	182,5	137,8	28,9	9,0	75,5
2009	164,8	124,2	27,2	9,2	75,3

Таблиця 2.10

**Частка автомобілів, що працюють на різному виді палива, на  
дослідних ділянках, із використанням різного типу палива**

Транспортна група автомобілів	Частка, в транспортному потоці (%)		
	Бензин	Дизпаливо	Зріджений та стиснений газ
Легкові автомобілі	80,8	18	1,2
Вантажні автомобілі	47,6	51,3	1,1
Автобуси	58,4	40,8	0,8

Таким чином було визначено основні шляхи надходження сполук свинцю (табл. 2.11.) у приавтомагістральні геосистеми та узагальнивши інформацію про умови його перерозподілу у геосистемах тестових ділянок, можливим стане вирішення одного з завдань дослідження - типізації приавтомагістральних геосистем за їх стійкістю до забруднення сполуками ВМ (див. розд. 4.2.)

## **Висновки до розділу 2**

1. Комплексна характеристика тестових ділянок за фізико-географічними, геохімічними та ландшафтними особливостями, типом господарського використання та інтенсивністю антропогенного впливу на них, засвідчила репрезентативність вибору зазначених територій для реалізації геоінформаційного моделювання забруднення сполуками ВМ (на прикладі сполук Pb) приавтомагістральних геосистем.

2. Репрезентативність тестових ділянок зумовлюється різноманіттям геохімічних умов міграції ВМ, типовістю ландшафтної структури, зважаючи і на переважання сільськогосподарського сектора у природокористуванні.

3. Результати всебічного аналізу стану дослідних ділянок та основних джерел емісії сполук ВМ природного та антропогенного походження, складають вихідний інформаційний базис щодо умов формування первинного поля забруднення сполуками свинцю. Він є основою створення електронних баз даних для проведення тестування розробленої нами методики геоінформаційного моделювання забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних геосистем.

## Основні сценарії надходження та міграції ВМ в геосистемах

Надходження ВМ				Очищення геосистеми			
Джерела	Механізми	Процеси	Агрегатний стан поллютантів	Міграційні сценарії, обумовлені властивостями компонентів геосистем	Механізми	Процеси	Форми міграції
1	2	3	4	5	6	7	8
Автотранспорт	Функціонування автомагістралей	Викиди автотранспорту та наслідки експлуатації дорожнього покриття (стирання автопокришок, виливи паливно-мастильних матеріалів, аварії)	Газоподібний рідкий, твердий	Винесення за межі (геосистема стає джерелом емісії ВМ для спряжених з нею геосистем, що знаходяться на більш низькому гіпсометричному рівні)	Латеральна міграція	Водна ерозія, гравітаційні процеси, дефляція та ін.	Міграція в розчинній формі Міграція в нерозчинній формі
Сільське господарство	Меліоративні заходи	Внесення з ХЗР та добривами	Рідкий, твердий	Кольматаж, лесиваж	Радіальна міграція	Інфільтрація, вмивання дрібних часток	Міграція в розчинній формі

1	2	3	4	5	6	7	8
		Внесення з забрудненими водами при поливі	Рідкий				
							Міграція в нерозчинній формі
	Функціонування тваринницьких комплексів	Стоки і викиди	Газоподібний рідкий, твердий	Накопичення ВМ в живій речовині та органічних рештках	Биогенна міграція	Винесення з сільськогосподарською продукцією, міграція по трофічних ланцюгах та ін.	Міграція в розчинній формі
	Використання сільськогосподарської техніки	Викиди	Газоподібний рідкий, твердий				Міграція в нерозчинній формі
Промисловість	Функціонування промислових підприємств	Викиди	Газоподібний рідкий, твердий	Накопичення ВМ (перехід сполук ВМ в умовно недоступну для рослин форму)	Закріплення ВМ на геохімічних бар'єрах у вигляді нерозчинних сполук	Осадження, адсорбція та ін.	Міграція відсутня
Спряжені геосистеми, що знаходяться на більш високому гіпсометричному рівні	Латеральна міграція	Водна ерозія, гравітаційні процеси, дефляція та ін.	Рідкий, твердий				

### РОЗДІЛ 3

## ВИХІДНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ ГЕОСИСТЕМ

### 3.1. Змістовно-класифікаційні положення методики моделювання

Важливою метою застосування пропонованої методики геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем є встановлення місцеположень найбільш безпечних територій у їх межах задля їх максимально ефективного використання у господарській діяльності.

Ще однією задачею, що може бути вирішена при застосуванні даної методики, є виявлення місцеположення та визначення величини забруднення сполуками ВМ тих геосистем, що безпосередньо не потрапляють в зону впливу автошляху, проте зазнають тиску від приавтомагістральних геосистем [24-27, 30,31].

Актуальний рівень забруднення приавтомагістральних геосистем визначатиме квазігеосистеми, координатнозадані та функціонально-диференційовані відповідно до рівня їх стану, стійкості надійності. АРЗ дозволить говорити, в тому числі, про можливість отримання безпечної сільськогосподарської продукції та обґрунтовувати рекомендації щодо підтримання територій у стійкому стані за існуючого рівня антропогенного навантаження.

**Рівень стану** приавтомагістральних геосистем – визначається ступенем забруднення ґрунтів у їх межах важкими металами (за відповідним показником (*Cont.h.m.*) та сукупністю властивостей, що зумовлюють їх стійкість та надійність.

**Стійкість** приавтомагістральних геосистем відображає їх здатність зберігати свої властивості за постійного та довготривалого антропогенного



впливу на них. Стійкість забезпечується головню за рахунок саморегуляції, яка обумовлена природними властивостями геосистем та реалізацією меліоративних і природоохоронних заходів.

**Надійність** приавтомагістральних геосистем доцільно розглядати як міру спроможності виконувати ними певні екопозитивні або лімітувати еконегативні природно-соціально-економічні функції (ПСЕФ) у межах, що відповідають безпечному режиму їх використання і обумовлюють обмеження деяких видів природокористування за існуючого антропогенного тиску.

Нами було проаналізовано ландшафтно-геохімічні та еколого-картографічні підходи до дослідження умов міграції та розповсюдження важких металів, визначено найбільш інформативні показники, що відображають процеси забруднення і самоочищення геосистем та моделі міграційних процесів у геосистемах, проведено аналіз природних і антропогенних чинників формування актуального рівня забруднення сполуками важких металів приавтомагістральних геосистем на прикладі тестових ділянок. На цій основі, було розроблено класифікацію приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень забруднення та їх стійкість до забруднення сполуками ВМ. Приналежність до певного таксону класифікації обумовлюється як величиною забруднення (кількість викидів, віддаль від джерела забруднення тощо), так і властивостями геосистем, на які потрапляють поллютанти. Така класифікація дозволяє виділити групи територій з подібним рівнем стану, узагальнити рекомендації щодо їх безпечного використання та підтримання у стійкому стані. Наявні засоби ГІС дозволяють провести геоінформаційне моделювання поведінки ВМ в геосистемах, визначити просторові параметри і візуалізувати ті приавтомагістральні геосистеми, в яких:

1. за умови дії одних і тих самих факторів (див.розд.2) відбуватиметься накопичення поллютантів;
2. можливе вирощування незабрудненої важкими металами продукції рослинництва, за різних умов переходу ВМ з ґрунту в рослини;

3. необхідно проводити систематичну ремедіацію (фітоекстракцію), фітостабілізацію та інші види меліорації.

В основу класифікації приавтомагістральних геосистем покладено модель класифікації транспортних ландшафтно-функціональних комплексів О.І.Перельмана, Касимова (1994) [107, с. 14], де приналежність до вищих таксонів обумовлена антропогенними умовами формування первинного поля забруднення сполуками ВМ (див. розд.2.3.), а нижніх таксонів - на основі природних властивостей геосистем, що характеризують особливості міграції (виносу, транзиту, акумуляції) сполук ВМ (див. розд. 2.2.).

Таким чином, зважаючи на вимогу щодо зв'язку критеріїв класифікації з критеріями рівня стану об'єктів моделювання та існуючий інформаційний базис, було розроблено класифікацію, засновану на ієрархічній схемі таксонів спадного типу «клас – підклас – відділ - група – підгрупа – тип – підтип – категорія – підкатегорія - розряд – підрозряд – вид – підвид – варіант» (табл. 3.1.)

**Класифікація приавтомагістральних геосистем за умовами, що визначають актуальний рівень їх забруднення сполуками ВМ**

Таксон класифікації	Критерії класифікації (вирізнення таксонів)	Принцип визначення приналежності до таксону	Типові приклади
1	2	3	4
Клас	Відповідність екологічним класам дорожніх об'єктів [125]	Приавтомагістральна геосистема у зоні впливу автошляху 1,2 екологічних класів	Приавтомагістральні геосистеми 1 класу, 2 класу (за аналогією до екологічних класів дорожніх об'єктів)
Підклас	Наявність джерел додаткового забруднення сполуками ВМ	Приавтомагістральна геосистема / або її частина потрапляє у зону впливу промислових та /або сільськогосподарських підприємств, що спричиняють забруднення компонентів навколишнього середовища сполуками ВМ	Приавтомагістральні геосистеми, що мають суто автотransпортний тип забруднення, автотransпортно-промисловий, промислово-автотransпортний, автотransпортно-сільськогосподарський, сільськогосподарсько-автотransпортний, автотransпортно-сільськогосподарсько-промисловий, промислово-автотransпортно-сільськогосподарський, сільськогосподарсько-автотransпортно-промисловий
Відділ	Відповідність провідним факторам міграції	Положення приавтомагістральної геосистеми в ряду геохімічних спряжень	Елювіальна, транселювіальна, супераквальна.
Група		Кут нахилу поверхні	Плоска (0-1°), полого (1-3°), похила (3-5°), поката (5-10°), крута (>10°)
Підгрупа		Гранулометричний склад ґрунтів	Піщаний, супіщаний, глинисто-піщаний, суглинковий, глинистий, з переважанням мулуватої фракції

## Продовження таблиці 3.1

Тип		Кислотна реакція ґрунтів	Сильнокисла, кисла, слабокисла, близька до нейтральної, нейтральна, слаболужна, лужна, сильнолужна
Підтип		Тип гумусу у ґрунтах [91, с.236]	Фульватний, гуматно-фульватний, фульватно-гуматний, гуматний
Категорія		Ступінь оглеєності ґрунтів	Оглеєні, глеюваті
Під-категорія		Ступінь оторфованості ґрунтів	Торф, оторфовані
Розряд		Ступінь еродованості ґрунтів	Слабозмиті, середньозмиті, сильнозмиті та розмиті ґрунти
Підрозряд		Наявність та тип рослинного покриву	Геосистеми під лісом, лучною, болотяною рослинністю, розорані, під багаторічними насадженнями
Вид	Відповідність провідним умовам вторинного перерозподілу поліювантів	Особливості приавтомагістральної геосистеми, що визначають найпоширеніші види перерозподілу важких металів	Приавтомагістральні геосистеми з геохімічними, геофізично-геофізичними, геофізичними, біохімічними умовами вторинного перерозподілу
			R тип міграції   L тип міграції
Підвид	Відповідність рівневі надійності	Особливості приавтомагістральної геосистеми, що визначають рівень її надійності, на основі методики [153, с.200-214] (розд. 3.2.2 (табл.3.11))	Приавтомагістральні геосистеми з вельми низьким, низьким, середнім, підвищеним, високим, вельми високим рівнем надійності
Варіант	Відповідність рівневі стійкості	Особливості приавтомагістральної геосистеми, що визначають інтенсивності міграційних процесів, розд. 3.2.2 (табл.3.14)	Приавтомагістральні геосистеми з вельми низьким, низьким, середнім, високим, вельми високим рівнем стійкості

### 3.2. Загальна алгоритмічна схема геоінформаційного моделювання забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем

Як зазначалося у попередніх розділах, приавтомагістральні геосистеми

мають свої особливості формування поля забруднення сполуками ВМ. Застосування методу моделювання з урахуванням провідних факторів забруднення та очищення дозволяє обчислити баланс ВМ в геосистемах і визначати актуальний рівень їх забруднення задля встановлення загального механізму та швидкості процесу забруднення.

Оцінювання актуального рівня забруднення пропонується здійснювати за загальним алгоритмом (3.1.) [30], що передбачає послідовне математичне визначення модельних показників:

Показник *Cont.h.m.* характеризує розрахункову кількість ВМ, що були привнесені у ґрунти геосистем з викидами автотранспорту та промислових підприємств, при проведенні сільськогосподарських робіт, а також внаслідок міграції сполук ВМ з геосистем, що розташовані вище у катенарному спряженні, за визначений проміжок часу;

Показник *Cl.h.m.* визначається на основі аналізу властивостей компонентів геосистеми і характеризує розрахункову кількість ВМ, що були винесені з ґрунту за її межі і/або виведені з міграційних потоків (переведені в умовно недоступну для рослин форму), за той самий часовий проміжок.

$$Poll.h.m. = Cont.h.m. - Cl.h.m. \quad (3.1)$$

Показник актуального рівня забруднення (*Poll.h.m.*) відображає кількість ВМ, що змінює ступінь забруднення приавтомагістральних геосистем, в умовах існуючого антропогенного навантаження.

Кожному модельному показнику відповідає певний етап геоінформаційного моделювання, що має підтримувати власними моделями і засобами: отримання, накопичення, збереження (у вигляді електронної бази даних), аналіз і відображення проміжних та остаточних результатів моделювання процесу забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ.

Основними принципами і особливостями процесу геоінформаційного моделювання, що полягає у створенні та послідовному застосуванні електронної бази даних «Актуальний рівень забруднення», є такі:

- понятійно-термінологічний апарат моделювання який базується на [118, с.7-37]. Загалом зазначимо, що просторовий аналіз розумівся як використання групи функцій, що дозволяють проводити аналіз просторових відношень об'єктів моделювання (розташування, зв'язки та ін.).

- в процесі ГІС- аналізу (через запити до бази даних), найчастіше проводяться операції з трьома типами модельних елементів (точковими, лінійними, площинними), а також, як правило на проміжних етапах моделювання – поверхнями.

- вибір просторових об'єктів зумовлюється робочим масштабом (у даній роботі – 1:10000). З огляду на це, в роботі широко застосовуються операції із взаємо-зворотної зміни виду подання і перекласифікації просторових об'єктів, в залежності від конкретних задач геоінформаційного моделювання, що дозволяє використовувати найдоцільніші прийоми просторового ГІС- аналізу модельних об'єктів.

- в процесі моделювання використовується інструментарій універсальної повнофункціональної ГІС класу MapInfo Version 11.5.

- при запитах до БД застосовуються як стандартні функціональні модулі обраного ГІС- інструментарію, так і спеціально створені модулі та додатки.

- В процесі моделювання використовуються найбільш поширені геоінформаційні багаточастотні моделі даних такі, як растрові та векторно-топологічні.

- Геоінформаційне моделювання актуального рівня забруднення в цілому виконується через реалізацію таких структурно-функціональних підсистем ГІС як: формування геоданих, їх організації, безпосередньо аналізу та виводу результатів модельного процесу.

Процес моделювання полягає у створенні та поетапному застосуванні електронних баз даних реляційного типу. Набір блоків БД: «Надходження ВМ», «Очищення геосистем», «АРЗ» - є геоінформаційним втіленням модельних показників *Cont.h.m.*, *Cl.h.m.*, *Poll.h.m.* відповідно. Субблоки БД відповідають запитам 2-го рівня про характеристики окремих джерел забруднення та окремі механізми очищення приавтомагістральних геосистем. Запити 3-го рівня є відображенням просторових і непросторових атрибутів окремих факторів формування актуального рівня забруднення. «Позачерговим» за реалізацією є термінологічно-класифікаційний блок БД, що містить інформацію про змістовно-класифікаційні аспекти методики моделювання, що засновуються на відповідності запитів до БД (рис.3.1.).

Зокрема:

- термінологія моделювання;
- типологія джерел надходження ВМ;
- типологія механізмів самоочищення геосистем;
- класифікація модельних об'єктів, за мовами формування АРЗ;
- типізація геосистем за стійкістю та надійністю;
- нормативно-правова база регулювання процесу забруднення ВМ тощо.

При розробці методики геоінформаційного моделювання актуального рівня забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем дотримувались наступні положення:

- з огляду на основні шляхи надходження ВМ [25] використовувався набір показників, що відображають величину забруднення [148], при цьому інтегральним показником вважається той, що відображає паритетне

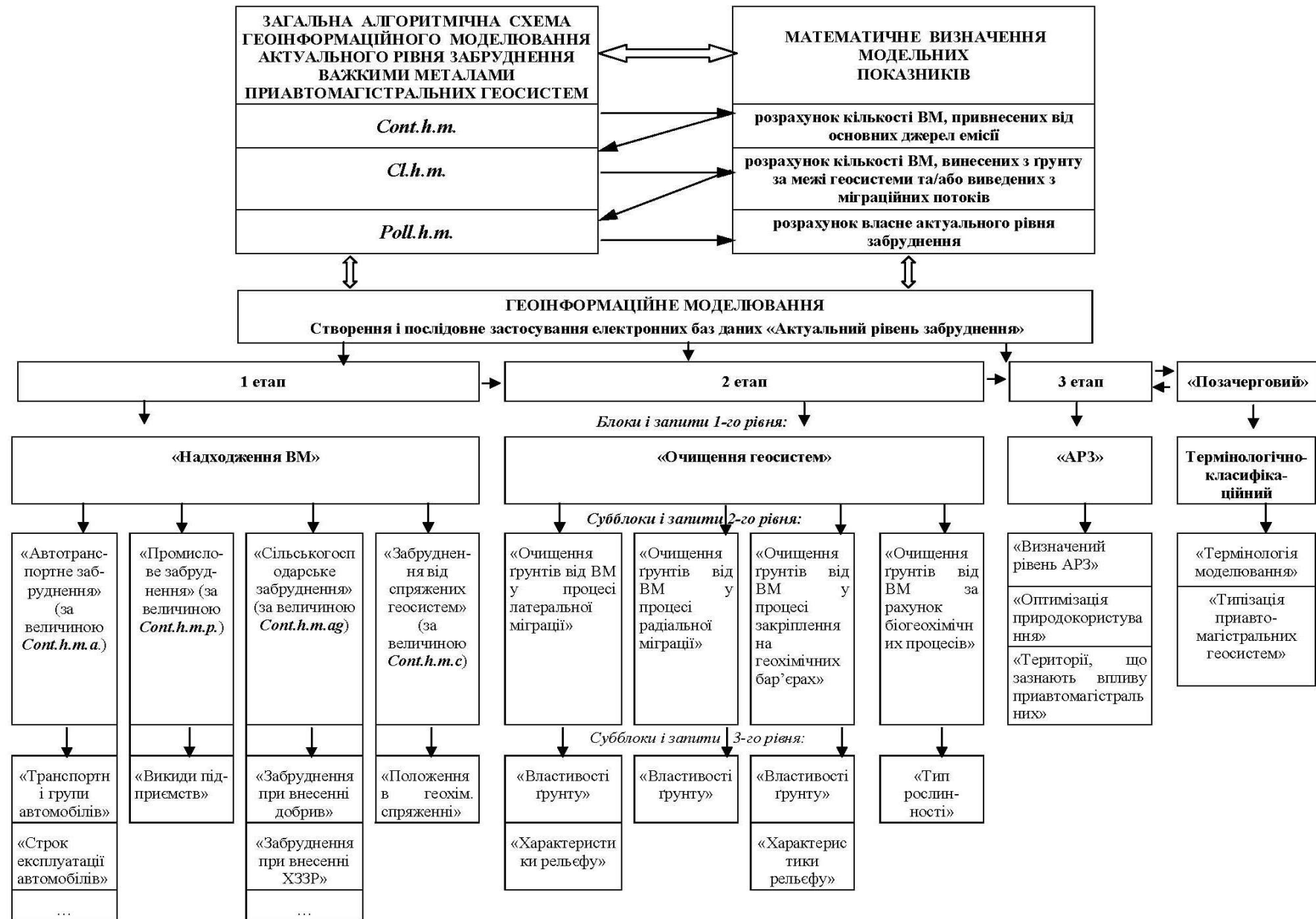


Рис. 3.1. Загальна алгоритмічна схема методики геоінформаційного моделювання актуального рівня забруднення важкими металами приватомагістральних геосистем



поєднання автотранспортного, промислового і сільськогосподарського забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ.

- перевірка показників відбувалася на прикладі, забруднення сполуками свинцю ґрунтів приавтомагістральних геосистем тестових ділянок, зважаючи на наявний інформаційний базис про територію дослідження та власні лабораторні і натурні спостереження.

3.2.1. Методика розрахунку та геоінформаційного моделювання кількості ВМ, привнесених у ґрунти приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії

Для обрахунку актуального рівня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ необхідно перш за все визначити кількісні характеристики першого складника модельного алгоритму (3.1.) - *Cont.h.m.*, що відображатиме загальну кількість сполук ВМ привнесених в геосистему поліютантів, зважаючи на чотири основні шляхи їх надходження (див. табл. 2.11. та [25]). Чим точніше буде визначено даний модельний показник, тим коректнішими будуть результати моделювання.

Нами пропонується проводити розрахунок кількості ВМ, що потрапляють у приавтомагістральні геосистеми, на основі відомостей про характеристики джерел емісії та особливості території, на яку потрапляють поліютанти.

Розрахунковий показник, що відбиває кількість сполук ВМ, яка надходить у приавтомагістральні геосистеми від автотранспорту (*Cont.h.m.a*) є вельми важливим у загальному процесі моделювання, адже досить часто найбільший вплив на величину забруднення сполуками ВМ чинять саме автотранспортні викиди [26].

У даній методиці пропонується застосування при моделюванні розрахункового показника (*Cont.h.m.a*), що характеризує середні значення кількості викидів ВМ для геосистем, що потрапляють в зону впливу ділянки

автодороги однорідної за дорожньою ситуацією (між примиканнями доріг), з урахуванням їх природних умов і, особливостей транспортного потоку (інтенсивність, транспортні групи автомобілів, термін їх експлуатації, тип використовуваного палива та ін.).

Показник *Cont.h.m.a* залежить перш за все від інтенсивності транспортного потоку. Відповідно, основними вихідними параметрами, які його формують, нами приймалися:

- інтенсивність руху (*Na*) - кількість транспортних засобів, що проходять впродовж одиниці часу через поперечний переріз дороги. Як розрахунковий період в залежності від завдання і засобів вимірювання може бути обрано годину, добу, місяць, рік [82, с.23];

- базова лінійна норма на пробіг автомобіля транспортної групи (*hs<sub>i</sub>*) - середнє значення кількості палива, використане 1 автомобілем транспортної групи при проходженні 100 км шляху;

- концентрація важких металів (*C.h.m.*) - кількість певного металу, яка міститься в 1л пального.

Проте, інтенсивність руху транспортного потоку в цілому, *Na* не є достатньо інформативним показником для поставлених завдань, оскільки різні види транспортних засобів споживають неоднакову кількість палива і по-різному впливають на величину навантаження (розд. 2.3.3.). Для обліку реальної кількості використаного транспортним потоком палива, потрібно встановити в ньому кількість автомобілів різних транспортних груп. Для цього на досліджуваній ділянці дороги потрібно:

- а) визначити фактичну інтенсивність потоку (*Na(факт<sub>доб</sub>)*) як суму автомобілів основних транспортних груп (автобусів, легкових, вантажних), що проходять через поперечний переріз дороги за добу;

- б) розрахувати середню кількість палива, використаного певною транспортною групою автомобілів при проходженні 100 км шляху [82, с.24], (*Hs<sub>i</sub>*), за (3.2), як:

$$Hs_i = hs_i \cdot n_i \quad (3.2),$$

де  $hs_i$  - середнє значення базової лінійної норми на пробіг автомобілів транспортної групи - на 100 км,  $n_i$  - кількість автомобілів транспортної групи, що проходять по ділянці автодороги за добу.

Параметр  $Hs_i$  залежить від багатьох факторів, урахування яких дозволяє уточнити кількість спожитого палива. Це і частка різного типу пального, і термін експлуатації автомобіля, і природні умови території, в яких відбувається експлуатація автомобіля. Таким чином,  $Hs_i$  вимагає коригування, для чого нами пропонується застосовувати уточнюючі показники і коефіцієнти. Серед них важливими є:

Показник  $P_f$ , який визначає частку автомобілів у транспортній групі з різним типом застосовуваного палива.  $P_f$  (3.3) дозволяє розрахувати кількість палива, яке стає джерелом емісії різних ВМ ( $Hs_i f$ ) (3.4), оскільки різне паливо має неоднаковий спектр домішок у відпрацьованих газах [2].

$$\begin{aligned} P_b &= n_b / n_i, \\ P_{d.n} &= n_{d.n} / n_i, \\ P_z &= n_z / n_i \end{aligned} \quad (3.3),$$

де  $P_b$  - частка автомобілів транспортної групи, що працюють на бензині,  $P_{d.n}$  - частка автомобілів транспортної групи, що працюють на дизельному паливі,  $P_z$  - частка автомобілів транспортної групи, що працюють на зрідженому та стисненому газі,  $n_b$  - кількість автомобілів транспортної групи, що працюють на бензині,  $n_{d.n}$  - кількість автомобілів транспортної групи, що працюють на дизельному паливі,  $n_z$  - кількість автомобілів транспортної групи, що працюють на зрідженому та стисненому газі.

$$Hs_{if} = Hs_i \cdot P_f \quad (3.4),$$

де  $Hs_i$  середня кількість палива, використаного певною транспортною групою автомобілів при проходженні 100 км шляху  $P_f$  - частка автомобілів в транспортній групі з різним типом застосовуваного палива.

Другий важливий коригуючий показник  $P_{f (age m)}$ , що визначає частку автомобілів з терміном експлуатації (3.5), дозволяє врахувати різницю в кількості спожитого палива, обумовлену терміном експлуатації автообілів. Зі зростанням цього терміну механізми в автомобілі зношуються, що призводить, в тому числі, до підвищення витрати палива. Так, в автомобілях старше 5 років - витрата збільшується на 5%, а старше 8 років - на 10% [104].  $P_{f (age m)}$  відображає в потоці автомобілів однієї транспортної групи, що використовують однаковий тип палива частку «різновікових» груп (1 «вікова» група - до 1 року експлуатації, 2 - 5-8 років, 3 - понад 8 років), як:

$$P_{\bar{o} (age 1)} = n_{\bar{o} (age 1)} / n_{\bar{o}},$$

$$P_{\bar{o} (age 2)} = n_{\bar{o} (age 2)} / n_{\bar{o}},$$

$$P_{\bar{o} (age 3)} = n_{\bar{o} (age 3)} / n_{\bar{o}},$$

$$P_{\bar{o}.n. (age 1)} = n_{\bar{o}.n. (age 1)} / n_{\bar{o}.n.},$$

$$P_{\bar{o}.n. (age 2)} = n_{\bar{o}.n. (age 2)} / n_{\bar{o}.n.},$$

$$P_{\bar{o}.n. (age 3)} = n_{\bar{o}.n. (age 3)} / n_{\bar{o}.n.},$$

$$P_z (age 1) = n_z (age 1) / n_z,$$

$$P_z (age 2) = n_z (age 2) / n_z,$$

$$P_z (age 3) = n_z (age 3) / n_z, \quad (3.5),$$

де  $P_{\bar{o} (age m)}$  - частка автомобілів транспортної групи, що працюють на бензині, певної «вікової» групи,  $P_{\bar{o}.n. (age m)}$  - частка автомобілів транспортної групи, що працюють на дизельному паливі, певної «вікової» групи,  $P_z (age m)$  -

частка автомобілів транспортної групи, що працюють на зрідженому та стисненому газі, певної «вікової» групи,  $n_{f(age 1)}$  - кількість автомобілів транспортної групи, які працюють на відповідному типі пального, 1 «вікової» групи,  $n_{f(age 2)}$  - кількість автомобілів транспортної групи, які працюють на відповідному типі пального, 2 «вікової» групи,  $n_{f(age 3)}$  - кількість автомобілів транспортної групи, які працюють на відповідному типі пального, 3 «вікової» групи.

Для кількості палива, що використовує окрема «вікова» група автомобілів, має бути використаний коефіцієнт ( $k_{(age m)}$ ), який, згідно з [104], складатиме: для автомобілів 1 року використання (1 «вікової» групи)  $k_{(age 1)} = 1,1$ , 5-8 років (2 «вікової» групи)  $k_{(age 2)} = 1,05$ , більше 8 років (3 «вікової» групи)  $k_{(age 3)} = 1,1$ .

Це дозволить уточнити кількість палива, обумовлену терміном експлуатації автомобілів у групі з однаковим типом використовуваного палива - модельний параметр  $Hs_{i(f age)}$  (3.6):

$$Hs_{i(f age)} = Hs_{if} (P_{f(age 1)} \cdot k_{(age 1)} + P_{f(age 2)} \cdot k_{(age 2)} + P_{f(age 3)} \cdot k_{(age 3)} + P_{f(age)}) \quad (3.6),$$

де  $P_{f(age)}$  – частка автомобілів 2-5 року експлуатації.

З (3.6) стає можливим визначити кількість пального, яка споживається транспортним потоком певної інтенсивності ( $Hs$ ) при проходженні 100 км дороги:

$$Hs = \sum Hs_{i(f age)} \quad (3.7),$$

Використовуючи інформацію про вміст важких металів в пальному, розрахунковий показник *Cont.h.m.a.* з 100 км дороги, буде мати наступний вигляд (3.8):

$$Cont.h.m.a = Hs \cdot C.h.m. \quad (3.8),$$

де *C.h.m.* - вміст важких металів у 1 л палива.

Слід зазначити, що при згоранні пального кількість майже всіх ВМ, що потрапляють в відпрацьовані гази, дорівнює кількості цих металів в самому пальному. В той же час, для сполук свинцю, характерним є надходження в відпрацьовані гази 75% металу від кількості, що міститься у паливі [2; 106, с.16]. Тому в розрахунках, які застосовуються для Pb, в формулу (3.8) слід вводити поправочний коефіцієнт 0,75.

У найбільш спрощеному варіанті показник *Cont.h.m.a* (3.8) вже міг би використовуватися в процесі моделювання. Однак, природні умови території, на якій прокладено той чи інший відрізок автодороги, також виступають факторами, що впливають на кількість використаного палива [24, 26, 30]. Тому очевидною стає потреба в коригуванні показника *Hs* відповідно до орографічних та кліматичних характеристик місцевості, за допомогою відповідних коефіцієнтів.

Орографічні коефіцієнти дозволяють враховувати відмінності в кількості споживаного транспортним потоком палива на ділянках дороги з різними абсолютними висотами ( $K_{a.h.}$ ) і ухилом дорожнього полотна ( $K_{sl}$ ).

В гірських умовах, при абсолютній висоті місцевості 300-800 м над рівнем моря, витрата палива зростає до 5%, 801-2000 - до 10%, 2001-3000 - до 15%, вище 3000 - до 20% [104, с.3]. Таким чином, використовуючи відомості про абсолютні висоти досліджуваної ділянки дороги, можна змінити розрахункову кількість палива *Hs* (3.7) за допомогою коригуючого коефіцієнта  $K_{a.h.}$ , який для висоти 300-800 м над рівнем моря складатиме - 1,05, 801-2000 м - 1,1, 2001-3000 м - 1,15, 2001-3000 м - 1,2, і отримати уточнену кількість палива, використану транспортним потоком на ділянках з відповідними абсолютними висотами  $Hs_{(a.h.)}$  (3.9):

$$Hs_{(a.h.)} = Hs \cdot K_{a.h.} \quad (3.9),$$

де  $Hs_{(a.h.)}$  – кількість палива, уточнена за висотними характеристиками місцевості.

На ділянках дороги з підйомом також зростає кількість спожитого палива в середньому на 20%. Цей факт дозволяє збільшити  $Hs_{(a.h.)}$  на коефіцієнт  $K_{sl}$  рівний 1.2. Такі розрахунки слід застосовувати тільки до тієї частини транспортного потоку, яка йде на підйом.

Кліматичні коефіцієнти враховують особливості використання пального протягом року. Адже, витрата палива збільшується в холодний період на 10%, також додаткові витрати виникають при експлуатації автомобіля в несприятливих погодних умовах, в тому числі в дні сезонної відлиги, при сильному снігопаді і ожеледі та інші стихійних лихах. На дорогах 1, 2 і 3 категорії витрата палива збільшується до 35% [104, с.4]. Тому необхідно використовувати в розрахунках уточнюючі коефіцієнти для холодного періоду  $K_t$  і для днів з надзвичайними погодними умовами  $K_{ex}$ :

Для днів з середньодобовою температурою нижче  $0^\circ\text{C}$ , коригувальний температурний коефіцієнт  $K_t$  складає 1,1 і буде застосовуватися в такий спосіб: за даними метеорологічних спостережень для досліджуваної території, слід визначити кількість днів з середньодобовою температурою нижче  $0^\circ\text{C}$  -  $n_t$ . Відповідно, розрахункова кількість використаного пального, обумовленого температурними показниками  $Hs_{(a.h.t)}$  складатиме (3.10):

$$Hs_{(a.h.t)} = Hs_{(a.h.)} \cdot n_t \cdot K_t + Hs_{(a.h.)} \cdot (365 - n_t) / 365 \quad (3.10)$$

При розрахунку споживання палива, з урахуванням його збільшення в дні з несприятливими погодними умовами  $n_{ex}$ , необхідна зміна його розрахункової кількості, раніше уточненого по висотним і температурним показниками  $Hs_{(a.h.t)}$ , за допомогою коефіцієнта  $K_{ex}$  - 1,35.

Для цього необхідно визначити кількість днів з несприятливими погодними умовами, характерними для місцевості, протягом року  $n_{ex}$  [132] та провести уточнення кількості використаного пального, з урахуванням

збільшення його витрати в дні з несприятливими погодними умовами,  $Hs_{(ex)}$ , як (3.11):

$$Hs_{(ex)} = Hs_{(a.h.t)} \cdot n_{ex} \cdot K_{ex} + Hs_{(a.h.t)} \cdot (365 - n_{ex}) / 365 \quad (3.11)$$

Таким чином, можна говорити про наближену до реальності розрахункову кількість споживаного пального з урахуванням як особливостей транспортного потоку певної інтенсивності, так і природних характеристик території.

Відзначимо, що такі розрахунки слід проводити тільки при аналізі транспортного потоку за межами міста. У містах, в розрахунках слід використовувати методику, що враховує категорій вулиць, наявність світлофорів, швидкість транспортного потоку тощо.

Показник використання палива  $Hs_{(ex)}$  дозволяє уточнити і кількість викидів ВМ, якщо застосувати його замість  $Hs$  у формулі (3.7). Отримавши такі дані, нескладно обрахувати яку кількість металів «постачає» транспортний потік на відрізку досліджуваного автошляху визначеної довжини за секунду, що стане вихідним джерелом інформації про забруднення приавтомагістральних територій сполуками важких металів від викидів автотранспорту, і дозволить сформулювати субблок БД «Автотранспортне забруднення» - складову блоку «Надходження ВМ» (див. рис.3.1.) та виконати побудову, за допомогою наявного ГІС-інструментарію карти «розсіювання поллютантів «автотранспортного походження» в приземному шарі атмосферного повітря», наприклад застосувавши положення методики [83].

Розрахунок кількості сполук ВМ, що надходять у приавтомагістральні геосистеми із викидами промислових підприємств (показник  $Cont.h.m.p$ ) потребує врахування багатьох обставин. Для отримання об'єктивних даних про величину забруднення повітря у приавтомагістральних геосистемах у



випадку перекриття полів приземних концентрацій полютантів від автотранспорту та промислових підприємств, необхідно визначити суму їх числових значень. Розрахунковий показник (*Cont.h.m.p*) визначається як кількість певного металу, що потрапила у навколишнє середовище з викидами у повітря від окремих об'єктів промисловості, поле забруднення від яких знаходиться в межах приавтомагістральних геосистем.

Оскільки даний показник залежить від інтенсивності викидів та відстані, на якій розташоване підприємство, основними вихідними параметрами, що його формують, є:

- *n(i)* - кількість штатних викидів кожного підприємства, які містять сполуки ВМ (див. розд. 2.3.1.);
- *C.h.m.* - концентрація важких металів у викидах промислового підприємства.

В процесі визначення *Cont.h.m.p.* необхідно:

1. Виявити підприємства, викиди від яких створюють додатковий тиск на приавтомагістральні геосистеми.
2. Визначити величину впливу кожного промислового підприємства (*Cont.h.m.p(i)*) (3.12):

$$Cont.h.m.p(i) = n(i) \cdot C.h.m. \quad (3.12)$$

3. За методикою [83] та, використавши можливості інструментарію ГІС, побудувати поля розподілу полютантів з урахуванням природних особливостей території. Якщо на приавтомагістральні території не впливають інші підприємства, то *Cont.h.m.p(i)* дорівнюватиме загальному *Cont.h.m.p.*

4. Якщо викиди декількох підприємств створюють «перекриття», то, відповідно, на таких територіях значення показника забруднення *Cont.h.m.p(i)* мають додаватися. Тоді розрахунковий показник, що відбиває потрапляння сполук ВМ у приавтомагістральні геосистеми від промислових підприємств буде розраховуватися як (3.13), що доповнює вихідний

інформаційний базис про забруднення приавтомагістральних територій сполуками важких металів від викидів промисловості - **Cont.h.m.p.**, що дозволяє сформувати субблок БД «Промислове забруднення» (див. рис.3.1.) та виконати побудову карти «розсіювання полютантів «промислового походження» в приземному шарі атмосферного повітря».

$$\mathit{Cont.h.m.p} = \sum \mathit{Cont.h.m.p}(i) \quad (3.13)$$

Розрахунок кількості сполук ВМ, що надходять у приавтомагістральні геосистеми від сільськогосподарської діяльності (**Cont.h.m.ag**). Основними вихідними параметрами, що формують **Cont.h.m.ag** є наступні:

- величина забруднення ґрунтів сполуками ВМ, що визначається кількістю внесених добрив на одиницю площі **Cont.h.m.ag(f)**;
- величина забруднення ґрунтів сполуками ВМ, що обумовлюється кількістю внесених хімічних засобів захисту рослин на одиницю площі **Cont.h.m.ag(pc)**;
- величина забруднення ґрунтів сполуками ВМ, що визначається кількістю внесених поливних вод 2 та 3 класів на одиницю площі **Cont.h.m.ag(ir)**;

Для розрахунку **Cont.h.m.ag** необхідно:

1. визначити величину забруднення території важкими металами при внесенні добрив **Cont.h.m.ag(f)**, для чого потрібно встановити кількість ВМ, що надійде в ґрунти приавтомагістральної геосистеми при внесенні окремого типу добрив, на одиницю удобрюваної площі за рік, як (3.14):

$$\mathit{Cont.h.m.ag}(f i) = n(f i) \cdot \mathit{C.h.m} / S \quad (3.14),$$

де **n(f i)** – кількість добрив окремого типу, що містять сполуки ВМ: **n(or)**– органічні добрива, **n(P)** - фосфатні добрива, **n(N)** - азотні добрива, **C.h.m** - концентрація ВМ у відповідному типі добрива [73, с.235], **S**- удобрювана площа.

Якщо на досліджувану територію були внесені добрива лише одного типу, то  $Cont.h.m.ag(f i)$  буде дорівнювати загальній величині забруднення території важкими металами при внесенні добрив  $Cont.h.m.ag(f)$ . Якщо на територію вносилися декілька видів добрив, то показник  $Cont.h.m.ag(f)$  розраховуватиметься за (3.15):

$$Cont.h.m.ag(f) = \sum Cont.h.m.ag(f i) \quad (3.15)$$

2. Обрахувати забруднення території важкими металами при внесенні ХЗЗР  $Cont.h.m.ag(pc)$ , для чого необхідно встановити кількість ВМ, що надійде в ґрунти приавтомагістральної геосистеми при внесенні окремого виду ХЗЗР, на одиницю площі за рік, як (3.16):

$$Cont.h.m.ag(pc i) = n(pc i) \cdot C.h.m. / S \quad (3.16),$$

де  $n(pc i)$  – кількість ХЗЗР кожного виду, що містять сполуки ВМ:  $n(g)$  – гербіциди,  $n(in)$  - інсектициди,  $n(fun)$  – фунгіциди та ін.,  $C.h.m.$  - концентрація ВМ у відповідному типі ХЗЗР [73, с.245],  $S$  - площа, на яку були внесені ХЗЗР.

Якщо на досліджувану територію вносилися ХЗЗР лише одного виду, то  $Cont.h.m.ag(pc i)$  дорівнює загальній величині забруднення  $Cont.h.m.ag(pc)$ . Якщо було застосовано декілька видів ХЗЗР, то показник  $Cont.h.m.ag(pc)$  розраховуватиметься за (3.17):

$$Cont.h.m.ag(pc) = \sum Cont.h.m.ag(pc i) \quad (3.17)$$

3. Обрахувати забруднення території важкими металами при поливі  $Cont.h.m.ag(ir)$ . Для виконання цього завдання потрібно встановити кількість ВМ, що потрапила в ґрунти приавтомагістральної геосистеми при поливі

одиниці площі водами 2 та 3 класу, оскільки, як зазначалося у розд. 2.3.2., у зрошувальних водах першого класу міститься незначна кількість сполук ВМ.

Для обрахунку  $Cont.h.m.ag(ir)$  необхідно визначити кількість ВМ, що надійде в ґрунти приавтомагістральної геосистеми при внесенні окремого класу зрошувальних вод на одиницю площі за рік, як (3.18):

$$Cont.h.m.ag(ir) = n(ir\ i) \cdot C.h.m / S \quad (3.18),$$

де  $n(ir\ i)$  – кількість зрошувальні води окремого класу, що містять сполуки ВМ:  $n(2)$  – 2 класу,  $n(3)$  - 3 класу,  $C.h.m.$  - концентрація ВМ у відповідному класі зрошувальних вод [73, с.247],  $S$  - площа, що підлягала поливу.

Таким чином, враховуючи основні шляхи потрапляння сполук ВМ у приавтомагістральні геосистеми при веденні сільського господарства, показник  $Cont.h.m.ag$ , буде становити (3.19):

$$Cont.h.m.ag = Cont.h.m.ag(f) + Cont.h.m.ag(pc) + Cont.h.m.ag(ir) \quad (3.19)$$

$Cont.h.m.ag$  дозволяє сформуванню субблок БД «Сільськогосподарське забруднення» (див. рис. 3.1.) та побудувати карту «забруднення поллютантами «агарно-меліоративного походження» ґрунтів приавтомагістральних геосистем». Набір з власних сблоків якого, зокрема «Забруднення при внесенні добрив», «Забруднення при внесенні ХЗЗР» «Забруднення при поливі», міститиме відомості про окремі його види. Вихідними матеріалами під час геоінформаційного моделювання показника мають бути цифрові карти сільськогосподарського використання приавтомагістральних геосистем, з відповідними атрибутами по якості та кількості внесених добрив, ХЗЗР та поливних вод для кожного поля.

Забруднення приавтомагістральних геосистем ***Cont.h.m.*** – перший складник загальної алгоритмічної схеми геоінформаційного моделювання, який визначає кількість сполук ВМ, що потрапляють у межі приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії визначатиметься за (3.20):

$$\mathbf{Cont.h.m.} = \mathbf{Cont.h.m.a} + \mathbf{Cont.h.m.p} + \mathbf{Cont.h.m.ag} + \mathbf{Cont.h.m.c} \quad (3.20),$$

де ***Cont.h.m.a*** - розрахунковий показник, що відбиває кількість сполук ВМ, яка надходить у приавтомагістральні геосистеми від автотранспорту, ***Cont.h.m.p*** - розрахунковий показник, що відбиває кількість сполук ВМ, яка надходить у приавтомагістральні геосистеми від об'єктів промисловості, ***Cont.h.m.ag*** - розрахунковий показник, що відбиває кількість сполук ВМ, яка потрапила у приавтомагістральні геосистеми від сільськогосподарської діяльності, ***Cont.h.m.c*** - розрахунковий показник, що відбиває кількість сполук ВМ, яка надходить у приавтомагістральні геосистеми від спряжених геосистем, що знаходяться на вищому гіпсометричному рівні, за рахунок міграційних процесів (див. детальніше у 3.2.2.).

Візуалізація інформації, з блоку бази даних «Надходження ВМ» ***Cont.h.m.*** (табл. 3.2.), відбувається у серії електронних карт, зокрема карти первинного поля забруднення приземних шарів атмосфери, при небезпечних швидкостях вітру, від автотранспорту та промислових підприємств та забруднення ґрунтів поллютантами «агарно-меліоративного походження», які є інформаційним базисом, для проведення наступних етапів геоінформаційного моделювання [26, 31].

Визначення модельного показника (*Cont.h.m.*) та формування блоку БД «Надходження ВМ»

Розрахунковий показник	Зміст показника у моделюванні	Параметри, що визначають показник при моделюванні	Фактори, що впливають на значення параметрів	Величини, що формують фактори	Зміст величини	Спосіб розрахунку	Результат урахування факторів у моделюванні
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cont.h.m.a</b> (див. формулу 3.8.)	відбиває кількість сполук ВМ, яка надходить у приавтомагістральні геосистеми від автотранспорту	транспортна група автомобілів	частка у транспортному потоці	базова лінійна норма ( <i>hsi</i> )	кількість використаного палива автомобілями транспортної групи	див. формулу (3.2.)	уточнена кількість пального, що використовує транспортний потік, залежно від кількості автомобілів транспортних груп, що його складають
		тип пального, що використовується	частка у транспортній групі	коригувальний показник <i>Pf</i>	кількість використаного палива різного типу автомобілями транспортної групи	див. формулу (3.3.)	уточнена кількість пального, що використовує транспортна група, залежно від кількості автомобілів, працюючих на різних типах пального
		строк експлуатації автомобілів	частка у транспортній групі із однаковим типом пального, що використовується	коригувальний показник <i>Pf(age m)</i>	кількість використаного палива автомобілями різного строку експлуатації транспортної групи із однаковим типом палива	див. формулу (3.5.)	уточнена кількість пального, що використовує транспортна група, залежно від частки різновікових автомобілів, працюючих на однаковому типі пального

## Продовження таблиці 3.2

							уточнена кількість викидів ВМ, що формує транспортна група, залежно від частки різновікових автомобілів, працюючих на однаковому типі пального
		орографічні особливості території, на якій розташовано досліджувану частину шляху	абсолютна висота місцевості,	збільшувальний коефіцієнт <b><i>Ka.h</i></b>	кількість використаного палива автомобілями, обумовлена орографічними особливостями території	див. формулу (3.9.)	уточнена кількість викидів сполук ВМ, що формує транспортна група, що проходить по ділянці автошляху з однаковими орографічними та кліматичними умовами абсолютними висотами,
			ухил дорожнього полотна	збільшувальний коефіцієнт <b><i>Ksl</i></b>			
		кліматичні особливості місцевості, на якій розташовано досліджувану частину шляху	кількість днів з низькими температурами протягом року	збільшувальний коефіцієнт <b><i>Kt</i></b>	кількість використаного палива автомобілями, обумовлена температурою повітря	див. формулу (3.10.)	
			кількість днів з несприятливими погодними умовами протягом року	збільшувальний коефіцієнт <b><i>Kex</i></b>	кількість використаного палива автомобілями, обумовлена погодними умовами	див. формулу (3.11.)	

<b>Cont.h.m.p</b> (див. формули 3.12., 3.13.)	відбиває кількість сполук ВМ, що надходить у приавтомагістральні геосистеми від об'єктів промисл.		наявність та потужність підприємств, зони впливу яких «перекриваються» із зоною впливу автошляху	<b>n(i)</b>	кількість викидів кожного підприємства, яке має у своїх штатних викидах сполуки ВМ	технічна документація підприємства	додаткове навантаження на приавтомагістральні геосистеми сполуками ВМ, що надходять від промислових підприємств
				<b>C.h.m.</b>	концентрація ВМ у викидах промислового підприємства	техн. документ. підприємства	
<b>Cont.h.m.ag</b> (див. формулу 3.19)	відбиває кількість сполук ВМ, що надходить у ґрунти приавтомагістральних геосистем від сільськогосподарської діяльності	забруднення території важкими металами при внесенні добрив <b>Cont.h.m.ag(f)</b> (див. формули 3.14, 3.15)	тип та інтенсивність внесення добрив, на одиницю площі приавтомагістральної геосистеми за рік	<b>n(fi)</b>	кількість добрив кожного виду, що містять сполуки ВМ	технічна документація підприємства	додаткове навантаження на приавтомагістральні геосистеми сполуками ВМ, що надходять від сільськогосподарських підприємств
				<b>C.h.m</b>	концентрація ВМ у відповідному типі добрива	[73]	
		забруднення території важкими металами при внесенні ХЗЗР <b>Cont.h.m.ag(pc)</b> (див. формули 3.16, 3.17)	тип та інтенсивність внесення ХЗЗР, на одиницю площі приавт. геосистеми за рік	<b>n(pc i)</b>	кількість кожного виду ХЗЗР, що містять сполуки ВМ	технічна документація підприємства	
				<b>C.h.m.</b>	концентрація ВМ у типі ХЗЗР	[73]	
		забруднення території важкими металами при зрошенні <b>Cont.h.m.ag (ir)</b> (див. формулу 3.18)	інтенсивність зрошення водами 2 та 3 класів, на одиницю площі приавтомагістральної геосистеми за рік	<b>n(ir i)</b>	кількість зрошувальні води окремого класу, що містять ВМ	техн. докум. підпр. або натурні виміри	
				<b>C.h.m.</b>	концентрація ВМ у зрош.вод.	[73]	



3.2.2. Методика розрахунку та геоінформаційного моделювання кількості сполук ВМ, винесених з ґрунту за межі приавтомагістральних геосистем та/ або виведених з міграційних потоків

Другим етапом моделювання є визначення другого модельного показника *Cl.h.m.*, який характеризує розрахункову кількість ВМ, що були винесені з ґрунту за межі геосистем і/або виведені з міграційних потоків (переведені в умовно недоступну для рослин форму). В основу розрахунку показника *Cl.h.m.* нами покладено аналіз властивостей компонентів геосистеми, що впливають на міграційні сценарії ВМ (табл. 2.11.).

Практичне втілення результатів визначення *Cl.h.m.* полягає у можливості проводити: загальну оцінку екологічного стану приавтомагістральних геосистем; здійснювати функціональне зонування території за величиною забрудненості ґрунтів геосистем сполуками ВМ.

Даний етап моделювання включає формування наступних субблоків [30]:

1. «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі латеральної міграції», інформація з якого створює можливість на основі аналізу основних факторів міграції, визначити кількість ВМ, що виносяться за межі геосистем [116, с.58-67].

2. «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі радіальної міграції», який на основі методики [153, с.200-217] та моделей [126, с.100-123], дає можливість визначити:

- ділянки, на яких відбувається міграція розчинних форм ВМ,
- інтенсивність міграційних процесів,
- небезпечність ділянки для її господарського використання.

3. «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі закріплення на геохімічних бар'єрах», що створює можливість визначення кількості ВМ, які будуть виведені з міграційних потоків.

4. «Очищення ґрунтів від ВМ за рахунок біогеохімічних процесів», в якому стає можливим визначення кількості ВМ, винесених за межі геосистем (наприклад з урожаєм).

Задля математичного обрахунку кількості ВМ, що були винесені за межі геосистеми різними шляхами, пропонується застосовувати моделі, що вже пройшли апробацію (див. розд. 1.3).

Першим кроком при визначенні *Cl.h.m.* є:

а) розрахунок кількості ВМ, що переходить на поверхню ґрунту з приземних шарів атмосфери та побудова карти «Забруднення поверхневого шару ґрунту з атмосферного повітря».

В роботі [81, с.23], при спряжених дослідженнях вмісту металів в приземних шарах атмосферного повітря та верхньому шарі ґрунтів встановлено достовірні кореляції між їх концентраціями в цих середовищах. Дані зв'язки виражаються рівняннями регресії. Для сполук свинцю таке рівняння виглядає як (3.20):

$$y = 1324x + 6,3 \quad (3.20),$$

де  $x$  – концентрація свинцю у приземному шарі повітря,  $y$  – його концентрація у поверхневому шарі ґрунту.

б) визначення сумарної кількості сполук ВМ, що надійшли з атмосфери та безпосередньо в поверхневий шар ґрунту, в результаті сільськогосподарської діяльності (див. розд. 1.3, 3.2.1), та побудова відповідної карти «Сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту».

В ґрунтах ВМ перебувають як в нерозчинній, так і в розчинній формі, тому їх перерозподіл відбуватиметься в процесі латеральної та радіальної міграції, закріплення на геохімічних бар'єрах, біогенної міграції, що обумовлює необхідність моделювання всіх згаданих сценаріїв.

Розрахунок та геоінформаційне моделювання кількості сполук ВМ, що виноситься з геосистеми в процесі латеральної міграції, необхідне для ВМ, що знаходяться в нерозчинній формі. Для них потрібно визначити напрямок та інтенсивність протікання механічної латеральної міграції на досліджуваній території. На основі цих даних складається карта «перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі механічної латеральної міграції».

При розрахунках пропонується використовувати положення методик по визначенню кількості ґрунту, що виноситься з території за рахунок ерозійних процесів [116, с.76]. Параметрами, що впливають на механізм очищення ґрунтів в процесі латеральної міграції є: хімічні та фізичні властивості ґрунту, особливості рельєфу, гідро-кліматичні характеристики території та характер рослинного покриву (див. розд. 2.2.), що визначають протиерозійну стійкість ґрунтів та інтенсивність ерозійних процесів, та величина первинного поля сумарного забруднення поверхневого шару ґрунту сполуками ВМ. Застосування показників, що характеризують вплив того чи іншого фактора, надає можливість обрахувати кількість ґрунту, винесеного з певної ділянки за визначений проміжок часу  $i$ , відповідно, кількість ВМ, що буде переміщуватись в просторі з загальною масою ґрунту.

Факторами, що визначають вплив певного параметра на проходження латеральної міграції є властивості компонентів геосистеми. Для ґрунтів це - механічний склад, водопроникність, структура, вміст гумусу тощо. Для рельєфу - довжина, ухил та форма схилу. Гідро-кліматичними факторами є характер та величина опадів протягом року. Наявність та вид рослинного покриву, протиерозійних заходів, а в межах агроландшафтів також вид агротехніки, є також визначальними для стійкості ґрунтів до змиву та прояву водно-ерозійних процесів. Тож, відповідно, в процесі моделювання мають бути визначенні коефіцієнти, які відображають умови протікання процесу механічної латеральної міграції [153, с.200], що становлять атрибутивну складову інформації у БД. Ними є: коефіцієнт потенційної ерозії ( $K\theta$ ), коефіцієнт скелетності ґрунтів ( $Ks$ ), топографічний фактор місцевості ( $LS$ ),

ерозійний індекс дощових опадів ( $R$ ), коефіцієнт впливу рослинного покриву ( $C$ ), фактор протиерозійних заходів ( $P$ ).

Коефіцієнт потенційної ерозії  $K_v$  характеризує здатність ґрунтів до ерозії, яка обумовлюється наступними властивостями ґрунту: 1 – сумарний вміст фракцій дрібного піску і пилу (0,1...0,001 мм); 2 – вміст піщаної фракції (1...0,1 мм); 3 – вміст гумусу; 4 – ступінь структурованості (вміст водостійких агрегатів розміром більше ніж 0,25 мм); 5 – водопроникність ґрунту.  $K_v$  визначають за допомогою номограми Уишмейера, Джонса, Кроса (рис.3.2.).

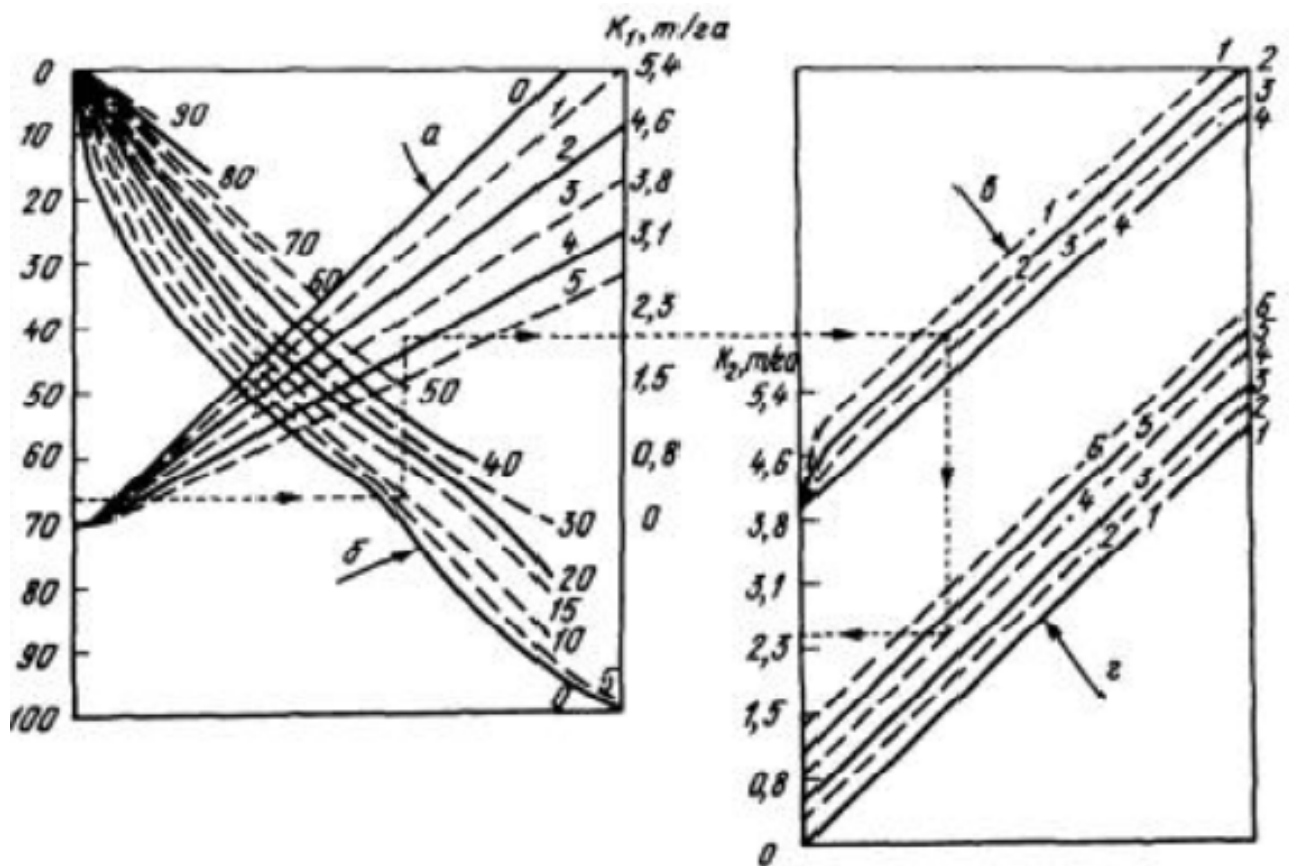


Рис. 3.2. Номограма Уишмейера, Джонса, Кроса для визначення коефіцієнта потенційної ерозії ґрунтів  $K_v$  (а – вміст гумусу, %; б- вміст піску, %; в – вміст водотривких агрегатів розміром більше 0, 25 мм, %; г – водопроникність, мм;  $K_1$ - еродованість ґрунтів в залежності від механічного складу та вмісту гумусу,  $K_2$  – еродованість ґрунтів з урахуванням всіх факторів)

Коефіцієнт скелетності ґрунтів -  $K_s$  характеризує сумарний вміст частинок розміром більше 2 мм у верхньому горизонті у % відносно маси горизонту [121, с.20]. Значення коефіцієнту визначаємо за табл. 3.3.

Таблиця 3.3

**Коефіцієнт скелетності ґрунтів ( $K_s$ ), за [153, с.200]**

Кількість уламків у %	$K_s$
Менше 1	1.00
1-10	0.87
11-30	0.64
31-50	0.39
51-75	0.19
Більше 75	0.1

Коефіцієнт  $LS$  - топографічний фактор місцевості - безрозмірна величина, що характеризує вплив рельєфу, а саме довжини схилу та його крутизни на швидкість руху води і втрати ґрунту з ерозією. Для визначення  $LS$  виконуємо чотири процедури:

1. За цифровими моделями рельєфу [118, с.56], визначається довжина кожного схилу  $l$  (м) та його ухил  $s$  (%).

2. Для однорідних за ухилом ділянок за таблицею 3.4. [153, с.201] визначається рельєфозалежний фактор ерозійних процесів  $L$ , що відображає вплив довжини схилу на втрати ґрунту в процесі латеральної міграції.

3. Для цих же ділянок, за таблицею 3.5 [153, с.202] визначається фактор градієнту нахилу  $S$ , що відображає втрати ґрунту в залежності від кута нахилу ділянки.

4. Коефіцієнт  $LS$  на досліджуваних ділянках визначається як добуток  $L$  та  $S$ .

Коефіцієнт  $R$  впливу кліматичних особливостей території на швидкість ерозійних процесів загалом, та латеральної міграції нерозчинних сполук ВМ зокрема, визначається за картою «Ерозійного індексу дощових опадів Європейської території СРСР і Кавказу» (М.Н.Заславський, Г.О.Ларіонов).

Коефіцієнт впливу рослинного покриву  $C$  визначає втрати ґрунту на ділянках з різним рослинним покривом та типом обробітку. Оцінюється

через відношення значень виносу ґрунту на певній території до значень на ділянці, що перебуває під паром [153, , с. 212]. Значення  $C$  для рослинного покриву, що є найбільш характерним для більшості мішанолісових та лісостепових ландшафтів та сільськогосподарських систем, наведено у табл. 3.6.

Фактор протиерозійних заходів  $P$  відображає зміни у кількості винесеного ґрунту при їх проведенні. Розраховується як відношення кількості ґрунту, що виноситься з ділянки, де проводяться протиерозійні заходи, до втрат на адекватній ділянці, на якій такі дії не відбуваються.

Таблиця 3.4

**Визначення рельєфозалежного фактору ерозійних процесів ( $L$ ),  
за [153]**

Довжина схилу (м)	$L$	
	При ухилі більше або = 5%	При ухилі менше 5%
5	0,5	0,6
10	0,7	0,7
20	1	1
30	1,1	1,1
40	1,3	1,3
50	1,5	1,4
60	1,7	1,5
70	1,8	1,6
80	1,9	1,7
90	2	1,8
100	2,1	1,8
120	2,3	2
140	2,5	2,1
160	2,7	2,2
180	2,9	2,3
200	3	2,4
240	3,3	2,6
270	3,5	2,7
300	3,7	2,8
350	4	3
400	4,3	3,2

**Визначення фактора градієнту нахилу ( $S$ ), за [153]**

Ухил (%)	$S$
3	0,2
4	0,3
5	0,5
6	0,6
7	0,7
8	0,8
9	1,0
10	1,2
11	1,3
12	1,5
13	1,7
14	2
15	2,2
16	2,4
17	2,6
18	2,9
19	3,2
20	3,5
21	3,8
22	4,1
23	4,4
24	4,7
26	5,4
28	6,1
30	6,8

Таблиця 3.6

**Значення фактора ґрунтозахисних властивостей рослинного покриву та типу агротехніки ( $C$ ), за [153]**

Вид рослинного покриву	$C$
Ліс	0,001
Луки, пасовища, сіножаті	0,02
Багаторічні трави (1-3 року)	0,08-0,01
Зернові ярі	0,5
Зернові озимі	0,3
Цукрові буряки	0,85
Картопля	0,75
Пар	1

Вказані коефіцієнти через проведення оверлейних операцій з відповідними тематичними шарами надають можливість встановити показник  $E_{fw}$ , що відображає масу ґрунту (тони), яка виноситься за рахунок

ерозійних процесів, з одиниці площі (гектару) за певний проміжок часу (рік), за формулою (3.21) [153, с. 192] .

$$E_{fw} = K_v \cdot K_s \cdot L \cdot S \cdot R \cdot C \cdot P \quad (3.21),$$

Оверлейний аналіз цифрової карти ґрунтів (значення  $E_{fw}$ ) та карти «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту» дозволяє визначити і кількість важких металів, що виноситься, за рахунок механічної латеральної міграції, в цей проміжок часу ( $E_{hm}$ ), як (3.22).

$$E_{hm} = E_{fw} \cdot y \quad (3.22),$$

де  $E_{fw}$  - кількість ґрунту, що виноситься з території,  $y$  – концентрація важких металів у поверхневому шарі ґрунту.

Оцінка  $E_{hm}$  є вирішенням задачі, яка ставилася у процесі моделювання – кількісних показників очищення ґрунтів від ВМ у процесі латеральної міграції.

Слід зважати також на те, що на кожному «більш низьку» в катенарному спряженні ділянку потрапляє певна кількість ВМ із «вищої» катенарної ланки і потім, разом зі сполуками свинцю, що були привнесені від джерел емісії у її межі безпосередньо, переміщується вниз по схилу. За таким алгоритмом можна обчислити механічний перерозподіл важких металів у поверхневому шарі ґрунту.

Інформація про напрямок та інтенсивність латерального перерозподілу сполук свинцю в геосистемах, дозволяє ранжувати їх, визначивши бал ( $B_{(l)}$ ), за можливостями самоочищення в процесі латеральної міграції, як одним з проявів стійкості (табл.3.7).



**Можливості самоочищення ґрунту в процесі латеральної міграції**

$B_{(l)}$	Міграційний сценарій (баланс між надходженням та винесенням нерозчинних сполук ВМ в процесі латеральної міграції)	Рівень можливостей до самоочищення
0	винесення менше ніж надходження	низький
1	винесення дорівнює надходженню	середній
2	винесення більше ніж надходження	високий

Визначення інтенсивності перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі радіальної міграції є основою створення відповідного субблоку БД, адже при наявності характеристик компонентів геосистем, зокрема ґрунтових особливостей, таких як: кисла реакція ґрунтів, фульватний типу гумусу, легкий механічний склад, відсутність карбонатів та ін., процес радіальної міграції деяких сполук ВМ пришвидшується.

Лише комплексний аналіз латерального та радіального перерозподілу дозволяє визначити небезпечні ділянки, адже подекуди найбільший показник вмісту важких металів у ґрунті не є критично небезпечними для вирощування сільськогосподарської продукції, а незначний вміст ВМ у ґрунті, за певних умов, є джерелом найбільшої потенційної небезпеки для забруднення рослинної продукції.

Факторами, що визначають можливості протікання радіальної міграції є властивості ґрунтів досліджуваних ділянок є кислотність, вміст гумусу, гранулометричний склад (передусім вміст глинистих часток) тощо. Будь який з цих факторів може виступити як лімітуючий і, відповідно, процес радіальної міграції або уповільниться або зупиниться.

В процесі геоінформаційного моделювання розрахунки мають проводитися наступним чином:

1. для кожної ґрунтової відміни за показником рН, відповідно до методики [153, с.231], надається так званий «бал зв'язування» ( $B_{(pH)}$ ) (табл.3.8.). Атрибут  $B_{(pH)}$  обумовлюється індивідуальною здатністю металів до переходу у розчинну форму та міграції, при різних значеннях кислотної реакції ґрунтів. Наприклад, рухливість Рb, якщо рН сольової витяжки ґрунту більше 4.2, обмежується геохімічним бар'єром. Умов для радіальної міграції Рb в такому ґрунті майже немає, отже його перерозподіл відбуватиметься в основному за сценаріями латеральної міграції.

Таблиця 3.8

**Бали зв'язування для сполук Рb, обумовлені кислотністю ґрунту,  
на основі [153]**

рН сольової витяжки	Бал зв'язування $B_{(pH)}$	Міграція розчинних форм Рb
<2,5	0	Вельми швидка
2,5-2,7	1	Швидка
2,8-3,2	2,0	Пришвидшена
3,3-3,7	3,0	Нормальна
3,8-4,2	4,0	Утруднена
більше 4,3	5,0	Умовно відсутня

2. Якщо показник рН менше або дорівнює лімітуючому значенню (на прикладі свинцю – бал зв'язування 4,0 (табл. 3.8.)), то сполуки знаходяться в розчинній формі, отже, в таких умовах, пришвидшується процес їх радіальної міграції. В цьому випадку потрібно проаналізувати можливості зв'язування розчинних сполук важких металів ґрунтами, обумовлені іншими їх властивостями (табл.3.9., 3.10):

Таблиця 3.9

**Бали зв'язування для сполук Рb, обумовлені вмістом гумусу,  
на основі [153]**

Вміст гумусу ( %)	Бал зв'язування $B_{(h)}$	Міграція розчинних форм Рb
$\leq 2$	0	Швидка
> 2 - 8	0,5	Утруднена
> 8	1,0	Умовно відсутня

**Бали зв'язування для сполук Pb, обумовлені гранулометричним складом ґрунтів, на основі [153]**

Гранулометричний склад	Бал зв'язування $B_{(m)}$	Міграція розчинних форм Pb
Піщані	0	Швидка
Супіщані, легко-, середньо-, важкосуглинкові	0,5	Нормальна
Глинисті	1,0	Утруднена
Глина	1,5	Умовно відсутня

В результаті визначення суми балів з таблиць 3.7. - 3.10., для кожного типу ґрунту, можна отримати атрибут, що характеризуватиме відносний ступінь зв'язування ним ( $B_{(total)}$ ) та інтенсивність радіальної міграції ВМ.

Оверлейний аналіз тематичних шарів «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту» (див. вище) та цифрової карти ґрунтів (значення  $B_{(total)}$ ) дають можливість визначити ступінь небезпеки та рівень надійності геосистеми, зокрема, з точки зору забруднення важкими металами рослин (табл.3.11.), що ілюструватиме відповідний субблок БД «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі радіальної міграції». Його відображенням є карта «інтенсивності перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі радіальної міграції».

Таблиця 3.11

**Можливості радіальної міграції Pb, обумовлені характеристиками ґрунту**

Бал зв'язування ( $B_{(total)}$ )	Інтенсивність міграції розчинних форм металу	Небезпека	Наслідки для господарської діяльності	Рівень надійності геосистеми
0	вельми сильна	вельми сильна	повне руйнування рослинної складової геосистеми, повна втрата врожаю	вельми низький
1	сильна	сильна	комплексне зниження якості ґрунтів (пригнічення ферментативних процесів); можливий активний перехід в рослини через їх кореневу систему	низький

2	помірна	середня	можливий активний перехід в рослини через їх кореневу систему	середній
3	слабка	послаблена	можливий перехід в рослини через їх кореневу систему	підвищений
4	дуже слабка	слабка	накопичення в рослинах концентраторах	високий
більше 4	умовно відсутня	вельми слабка	небезпека для природних та агрогеосистем умовно відсутня	вельми високий

Визначення кількості ВМ, що виводяться із речовинно-енергетичних потоків через закріплення на ландшафтно-геохімічних бар'єрах є окремим завданням методики. Такі бар'єри формуються у місцях різкої зміни характеристик ґрунту таких, як кислотність, гранулометричний склад, вміст гумусу тощо (див. розділ 2.2.5.). Виведення нерозчинних сполук ВМ із потоків речовини частково може відбуватися і у замкнених від'ємних формах рельєфу. Тому реалізація даного завдання має проводитись при виконанні попередніх етапів моделювання. Адже певні властивості ґрунту, (див. табл. 3.7. - 3.10.) виступають, як лімітуючі, тобто такі, при яких радіальна міграція умовно відсутня та відбувається закріплення розчинних сполук ВМ у ґрунті. А особливості рельєфу можуть призводити до локалізації процесів міграції нерозчинних сполук ВМ з площинним змивом. Таким чином, факторами, що визначатимуть механізм закріплення, є: тип ґрунту та особливості рельєфу.

Інформаційним базисом в процесі моделювання процесу закріплення ВМ на геохімічних бар'єрах є цифрові карти ґрунтів (зокрема атрибути  $B_{(pH)}$ ,  $B_{(h)}$ ,  $B_{(m)}$ ) при яких відбувається закріплення розчинних форм ВМ (див. вище)

На основі оверлейного аналізу рельєфу території (що відображає наявні замкнені від'ємні форми рельєфу) та карти «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту» стає можливим віднайти ділянки та визначити кількість нерозчинних форм ВМ, що вилучатиметься з процесів латеральної міграції із площинним змивом.

Картографічним відображенням даного етапу моделювання є тематичні шари: «ландшафтно-геохімічні бар'єри», на якому показані ділянки з найбільшою ймовірністю акумуляції розчинних сполук ВМ та «локації накопичення нерозчинних сполук ВМ», де з високою ймовірністю відбудуватиметься збільшення їх концентрації.

Визначення кількості ВМ, що виносяться з ґрунту за рахунок біогенної міграції, означає оцінку тієї частки металів, що переходитимуть в рослини з ґрунту. Інформаційний базис для даного етапу моделювання – цифрова карта рослинного покриву (атрибути коефіцієнт біологічного поглинання (*КБП*) або біологічної рухомості (*В<sub>x</sub>*)). Його значення наведені в дод. А табл. А.3. Оверлейний аналіз такої карти та карти «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту» дають можливість обрахувати кількість ВМ, що перейде з ґрунтів в рослини. Адже на ділянках, що визначені як такі, де відбуваються процеси радіальної міграції сполук ВМ, в залежності від інтенсивності даного процесу (*B<sub>(total)</sub>*) потенційну здатність до міграції в рослини мають до 100% поліютантів. В той же час, на ділянках, де така міграція умовно відсутня, здатність до переходу у рослини мають лише близько 10% металів [70, 86]. Таким чином, з'являється можливість визначити кількість металів, що є потенційно небезпечною з точки зору переходу у рослини. Використання атрибутів рослинного покриву (*КБП*) або (*В<sub>x</sub>*) дозволяють змоделювати процес біогеохімічної міграції, геоінформаційним втіленням якого є карта «накопичення сполук ВМ рослинами», карта «очищення ґрунтів від ВМ в процесі біогенної міграції». В процесі такого моделювання виникає можливість визначити ранги геосистем за їх рівнем до очищення ґрунтів в процесі біогеохімічної міграції (*B<sub>(p)</sub>*) (табл. 3.12).

Поетапне формування субблоків БД дозволяє визначити модельний показник *Cl.h.m.* (табл. 3.13.) та сформувати блок БД «Очищення геосистем». Візуалізація інформації з даного блоку бази даних відбувається у серії електронних карт, зокрема «сумарне забруднення поверхневих шарів

грунту», «перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі механічної латеральної міграції», «інтенсивності перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі радіальної міграції», «очищення ґрунтів від ВМ в процесі біогенної міграції», які є інформаційним базисом, для проведення наступного етапу геоінформаційного моделювання.

Таблиця 3.12

### Можливості очищення ґрунту в процесі біогеохімічної міграції

$B_{(p)}$	<i>КБП</i>	Рівень можливостей очищення
0	< 0,2	вельми низький
1	0,21 - 0,4	низький
2	0,41 - 0,6	середній
3	0,61 - 0,8	підвищений
4	0,81 - 1,0	високий
5	>1	вельми високий

Результати реалізації 1 та 2 етапів методики забезпечують можливість подальшого моделювання і визначення актуального рівня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ [26]. Таке моделювання пропонується проводити на третьому етапі при формуванні блоку БД «АРЗ». Методика розрахунків полягає у визначенні актуального рівня забруднення як різниці між надходженням сполук ВМ (результати 1-го етапу моделювання) та кількістю ВМ, що виводяться з міграційних процесів за різними сценаріями (результати 2-го етапу моделювання). Різниця складає показник (*Poll.h.m.*), що, власне, і відбиває актуальний рівень забруднення та визначається для кожної приавтомагістральної геосистеми за визначений період часу (рік). Результатами створення такого блоку БД є набір субблоків, з яких за запитом 2 рівня (рис.3.1.) можна отримати інформацію про власне АРЗ, рівень стійкості геосистеми, як середньозважене за площею ділянок з різним ступенем стійкості до забруднення її ґрунтів сполуками ВМ  $B_{(s)}$  (середнього значення з балів  $B_{(l)}$ ,  $B_{(p)}$ ,  $B_{(total)}$ ) (табл. 3.14), провести їх типізацію та визначити місцезонавання і прогнозований рівень забруднення територій, що зазнають впливу приавтомагістральних геосистем, через перерозподіл ВМ за основними міграційними сценаріями.

Визначення модельного показника (*Cl.h.m.*) та формування блоку БД «Очищення геосистеми»

Етап моделювання	Зміст у моделюванні	Параметри, що визначають механізм очищення	Фактори, що впливають на значення параметра	Показники, що характеризують вплив факторів при моделюванні	Зміст показника	Спосіб визначення показника	Результат виконання етапу моделювання / відображення результатів моделювання	
формування субблоку БД «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі латеральної міграції»	аналіз факторів, що визначають сценарії латеральної міграції ВМ	тип ґрунту	механічний склад	коефіцієнт потенційної ерозії - <i>K<sub>v</sub></i>	характеризує здатність ґрунтів до ерозії.	номограма Уишмейера, Джонса, Кроса (рис.3.2).	визначення кількості ВМ, що виноситься з території за рахунок процесу латеральної міграції з одинці площі за часовий проміжок, (3.22), визначення можливостей до самоочищення в процесі латеральної міграції (табл.3.7) / карта «перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі механічної міграції»	
			водопроникність					
			вміст гумусу					
		особливості рельєфу	структура	коефіцієнт скелетності ґрунтів - <i>K<sub>s</sub></i>	характеризує сорбційну здатність ґрунтів, через сумарний вміст частинок розміром більше 2 мм у верхньому горизонті у % від маси горизонту	табл. 3.3. [153],		
			довжина схилу	топографічний фактор місцевості - <i>LS</i>	характеризує вплив довжини та нахилу ґрунтової ділянки, на швидкість руху води і втрати ґрунту з ерозією.			табл. 3.4.,3.5. [153],
			ухил схилу					
гідро-кліматичні характеристики	опад	кліматичний фактор місцевості - <i>R</i>	характер та кількість опадів протягом року	[153]				

## Продовження таблиці 3.13

		величина забруднення поверхневого шару ґрунту в певний момент часу		первинне поле забруднення - <b>Cont.h.m.</b>	сумарна кількість ВМ, що надійшли з атмосфери і були внесені безпосередньо в поверхневий шар ґрунту	карта «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту»	
формування субблоку БД «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі радіальної міграції»	аналіз факторів, що визначають можливість проходження та інтенсивність радіальної міграції сполук ВМ	тип ґрунту	кислотність	бали зв'язування, обумовлені кислотністю ґрунту - <b><math>B_{(pH)}</math></b>	характеризують здатність розчинних сполук свинцю до міграції	табл. 3.8, [153]	визначення ділянок з різною інтенсивністю процесу радіальної міграції сполук ВМ. Визначення рівня надійності геосистеми (табл.3.11) / карта «інтенсивності перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі радіальної міграції»
			гумус	бали зв'язування, обумовлені вмістом гумусу у ґрунті - <b><math>B_{(h)}</math></b>		табл. 3.9, [153]	
			гранулометричний склад	бали зв'язування, обумовлені наявністю глинистих часток у ґрунті - <b><math>B_{(m)}</math></b>		табл.3.10, [153]	
		величина забруднення поверхневого шару ґрунту				карта «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту»	



## Продовження таблиці 3.13

формування субблоку БД «Очищення ґрунтів від ВМ у процесі закріплення на геохімічних бар'єрах»»	аналіз факторів, що визначають сценарії виведення сполук ВМ із речовинно-енергетичних потоків	тип ґрунту	див «очищення ґрунтів від ВМ у процесі радіальної міграції»				визначення ділянок, де відбувається часткове виведення сполук ВМ з міграційних процесів в ґрунтах, та кількості ВМ, що вилучаються з речовинно-енергетичних потоків / карти: «ландшафтно-геохімічні бар'єри», «локації накопичення нерозчинних сполук
		особливості рельєфу місцевості	замкнені знижені форми рельєфу			карта рельєфу	
		величина забруднення поверхневого шару ґрунту		див. 3.2.1		карта «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту»	
формування субблоку БД «Очищення ґрунтів від ВМ за рахунок біогеохімічних процесів»	аналіз факторів, що визначають сценарії виведення сполук ВМ із ґрунту за рахунок біогенної міграції	тип рослинного покриву	видовий та/або сортовий склад	коефіцієнт біологічного поглинання <b>(КБП)</b> або коефіцієнт біологічної рухомості <b>(Вх)</b> (табл. А.3)	характеризує відношення кількості ВМ, у рослинах до їх кількості в ґрунті	карта рослинного покриву, з атрибутом <b>(КБП) або (Вх)</b>	визначення кількості ВМ, що перейде з ґрунтів в рослини, встановлення рангів за рівнем можливостей очищення (табл. 3.12) / карти «накопичення сполук ВМ рослинами», «очищення ґрунтів від ВМ в процесі біогенної міграції»
		тип ґрунту	ділянки з різною інтенсивністю процесу радіальної міграції сполук ВМ			карта «інтенсивності перерозподілу сполук ВМ у поверхневому шарі ґрунту в процесі рад. міграції»	
		величина забруднення поверхневого шару ґрунту ВМ				карта «сумарне забруднення поверхневих шарів ґрунту»	

**Стійкість геосистем, обумовлена можливостями самоочищення  
грунту від сполук ВМ, за основними міграційними сценаріями**

$B_{(s)}$	Рівень стійкості
0	вельми низький
1	низький
2	середній
3	підвищений
4	високий
5	вельми високий

**Висновки до розділу 3**

1. Запропонована в роботі схема геоінформаційного моделювання актуального рівня забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем ґрунтується на використанні математичних та математично-картографічних моделей, які дозволяють реалізувати підходи до просторового аналізу засобами ГІС забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ.

2. Алгоритм зводиться до послідовного математичного визначення та картографічного відображення трьох модельних показників, а саме: 1) *Cont.h.m.*, який відбиває кількість ВМ, привнесених від основних джерел емісії в ґрунти геосистем; 2) *Cl.h.m.*, що відображає кількість ВМ, винесених з ґрунту за межі геосистеми та/або виведених з міграційних потоків, за основними міграційними сценаріями; 3) *Poll.h.m.*, який віддзеркалює власне актуальний рівень забруднення ґрунтів приавтомагістральних геосистем, як різницю значень перших двох показників. Кожному модельному показнику відповідає певний етап геоінформаційного моделювання, що має підтримувати власними моделями і засобами: отримання, накопичення, збереження (у вигляді електронної бази даних), аналіз і відображення проміжних та остаточних результатів моделювання процесу забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ.

3. Основними принципами і особливостями процесу геоінформаційного моделювання, що полягає у створенні та послідовному застосуванні електронної бази даних «Актуальний рівень забруднення», є наступні: в процесі ГІС-аналізу найчастіше проводяться операції з точковими, лінійними, площинними об'єктами, а також поверхнями; вибір просторових об'єктів зумовлюється робочим масштабом та задачами моделювання; в роботі застосовуються операції із взаємо-зворотної зміни виду подання і перекласифікації просторових об'єктів; в процесі моделювання використовується інструментарій універсальної повнофункціональної ГІС класу MapInfo Version 11.5.; при запитах до БД застосовуються стандартні і спеціально створені функціональні модулі ГІС- інструментарію; в процесі моделювання використовуються растрові та векторно-топологічні геоінформаційні багаточастотні моделі даних.

4. Для визначення параметрів поля забруднення, запропоновано ряд розрахункових показників, що характеризують кількість сполук ВМ, які надходять у межі приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії (*Cont.h.m.*). В даних розрахунках прийнято до уваги як інтенсивність впливу джерела емісії, так і природні умови території, що визначають просторові характеристики первинного поля забруднення (формули (3.2)-(3.20)). При цьому, зокрема, було обґрунтовано і подано у розрахунковому вигляді показники «автотранспортної» (*Cont.h.m.a*), «промислової» (*Cont.h.m.p*), «сільськогосподарської» (*Cont.h.m.ag*) складових загального поля забруднення.

5. У процесі моделювання відповідно до сили антропогенного навантаження та властивостей геосистем розроблено їх типологічну класифікацію за умовами, що визначають актуальний рівень забруднення та їх стійкість до забруднення сполуками ВМ. Така класифікація дає змогу узагальнювати рекомендації щодо підтримання у стійкому стані та безпечного використання (перш за все, отримання безпечної

сільськогосподарської продукції) приавтомагістральних геосистем при існуючому рівні антропогенного навантаження.

6. Поетапне втілення положень методики полягає у створенні і послідовному застосуванні електронної бази даних реляційного типу «Актуальний рівень забруднення», що складається із взаємопоеднаних блоків («Надходження ВМ», «Очищення геосистем», «АРЗ»), які відображають результати визначення відповідних модельних показників. Субблоки 1 та 2 блоків БД є адекватними змісту запитів 2-го рівня за характеристиками окремих джерел забруднення та механізмами очищення ґрунтів приавтомагістральних геосистем. Запити 3-го рівня, у складі зазначених субблоків, фактично є відображенням просторових і непросторових атрибутів цифрових карт окремих факторів формування актуального рівня забруднення.

## РОЗДІЛ 4

### РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АКТУАЛЬНОГО РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ СВИНЦЕМ ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ ГЕОСИСТЕМ ТЕСТОВИХ ДІЛЯНОК

Апробація представленої у попередніх розділах алгоритмічної схеми моделювання здійснена на прикладі тестових об'єктів - ділянок, визначених у р.2.1. як найбільш репрезентативні для відпрацювання положень методики геоінформаційного моделювання забруднення ВМ приавтомагістральних геосистем.

Реалізація методики моделювання полягала у створенні електронної бази даних реляційного типу «Актуальний рівень забруднення», що складається з блоків БД «Надходження ВМ», «Очищення геосистем», «АРЗ» та «Термінологічно-класифікаційного» блоку. Їх послідовне застосування дозволяє:

1. протестувати складники загального процесу моделювання (див. р.3);
2. відобразити у цифровому вигляді накопичений у роботі інформаційний базис щодо території дослідження (див. р.2) ;
3. реалізувати обрані модельні способи аналізу;
4. провести кінцеве визначення АРЗ приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю;
5. встановити місцезнаходження приавтомагістральних територій найбільш стійких з точки зору забруднення сполуками ВМ;
6. визначити місцезнаходження приавтомагістральних територій небезпечних з точки зору забруднення сполуками ВМ продукції рослинництва,;
7. визначити геосистеми, для яких приавтомагістральні території є джерелом забруднення сполуками свинцю.

Ступінь реалізації геоінформаційного моделювання тестових ділянок визначався обсягом та інформативністю наявної інформації про них. Під час роботи, із використанням ГІС-інструментарію MapInfo Version 11.5, було виконано модельні побудови, в результаті чого сформовано БД та створено серію цифрових карт (з робочим масштабом 1:10000), які подано у р.4.1., 4.2 зі стислими коментарями.

#### **4.1. Геоінформаційне моделювання розрахункової кількості сполук Рв, привнесених у ґрунти приавтомагістральних геосистем від основних джерел емісії**

Задля реалізації методики визначення АРЗ тестових ділянок сполуками свинцю перш за все необхідно виявити та проаналізувати кількісні та якісні характеристики всіх джерел емісії Рв (див. 2.3.). Потрібно також визначити кількість сполук свинцю, що потрапляє в межі тестових ділянок від виявлених джерел, на основі чого сформувати перший блок БД «Надходження ВМ». Нарешті, необхідно отримати картографічні моделі первинного поля забруднення ґрунтів приавтомагістральних геосистем сполуками Рв.

4.1.1. Розрахунок кількості сполук Рв, що надходять у приавтомагістральні геосистеми із викидами автотранспорту

Однією з часткових, проте важливих, задач дослідження стала перевірка на фактичних матеріалах отриманих на тестових ділянках, показників, що відбивають кількість сполук ВМ, яка надходить в геосистему із викидами автотранспорту (*Cont.h.m.a*).

Дане завдання вирішувалось відповідно до методики розрахунку викладеної у 3.2.1. зокрема за методикою [82] були отримані дані про

фактичну інтенсивність руху основних транспортних груп автомобілів за період обліку, що складав 1 годину - ( $Naфакт_{(год)}$ ) (табл.4.1.):

Таблиця 4.1

**Інтенсивність руху транспортних груп автомобілів на тестових ділянках за період обліку ( $Naфакт_{(год)}$ )**

Тестова ділянка	Дата спостережень	Час спостережень	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси
Білоцерківська	11.07.2015	17.00 -18.00	1208	76	24
Димерська	20.06.2015	14.00-15.00	292	12	4

На основі даних таблиці 4.1. та поправочних коефіцієнтів, що були визначені відповідно до дати спостережень на кожній тестовій ділянці (табл.4.2.), за формулою 4.1., була розрахована фактична інтенсивність транспортного потоку за добу ( $Naфакт_{(доба)}$ ) – результати подано у таблиці 4.3.

$$Naфакт_{(доба)} = Naфакт_{(год)} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (4.1.),$$

де  $Naфакт_{(год)}$  – інтенсивність транспортного потоку (авт./год.);  $K_1$  – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за годинами доби;  $K_2$  – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за днями тижня;  $K_3$  – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за місяцями року.

Таблиця 4.2

**Коефіцієнти зміни інтенсивності руху, відповідно до години доби ( $K_1$ ), дня тижня ( $K_2$ ), місяця ( $K_3$ ), (за [82, с.35])**

Тестова ділянка	$K_1$	$K_2$	$K_3$
Білоцерківська	15,11	0,996	0,99
Димерська	16,70	0,996	1,01

**Інтенсивність руху транспортних груп автомобілів на тестових ділянках за добу (*Нафакт*<sub>(доба)</sub>)**

Тестова ділянка	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси	Всього
Білоцерківська	17998	1132	358	19488
Димерська	4906	202	67	5175

Урахування співвідношення транспортних груп автомобілів є необхідним, адже, якщо на даному етапі у розрахунках використовувати значення загальної кількості автомобілів та усередненої базової лінійної норми, то похибка складатиме близько 30 % (див. табл. 4.11). Тому, для подальших розрахунків було визначено середнє значення базової лінійної норми на пробіг автомобілів транспортної групи - на 100 км для досліджуваного транспортного потоку ( $hs_i$ ), за значеннями базової лінійної норми на пробіг автомобіля [82]. Значення  $hs_i$  представлені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**Середнє значення базової лінійної норми на пробіг автомобілів транспортної групи - на 100 км ( $hs_i$ ), (на основі [82])**

Транспортна група автомобілів	$hs_i$ (л)
Легкові автомобілі	9.8
Вантажні автомобілі	23.7
Автобуси	25.2

За значеннями  $hs_i$  та формулою (3.2.) (див. розд. 3.2.1.), було визначено середню кількість палива (л), що використовується автомобілями певної транспортної групи при проходженні 100 км шляху ( $Hs_i$ ) на тестових ділянках (дані у таблиці 4.5).



**Розрахована кількість пального (л), використаного  
транспортними групами автомобілів на тестових ділянках**

Тестова ділянка	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси
Білоцерківська	176380,4	26828,4	9021,6
Димерська	48078,8	4787,4	1688,4

Як зазначалося у 3.2.1., параметр ( $Hs_i$ ), залежить від багатьох факторів, врахування яких дозволяє уточнити як реальну кількість пального, так і відповідну кількість сполук ВМ, що надходять у повітря із відпрацьованими газами. Тому  $Hs_i$  був скоригований за відповідними уточнюючими показниками та коефіцієнтами.

По-перше, було визначено ( $Hs_{i\delta}$ ) – розрахункову кількість спожитого бензину, як частку від загальної кількості пального, що використовувалось транспортним потоком, адже саме бензин є основним джерелом емісії сполук свинцю, серед основних типів палива [2]. Для цього, за формулою (3.3) було визначено  $P_f$  - показник, що вказує на частку автомобілів в транспортній групі з різним типом застосовуваного палива, для цілей нашого дослідження частку автомобілів з бензиновим двигуном -  $P_{\delta}$ . Втім, на сьогодні відсутні можливості щодо отримання натурних даних. Тож при моделюванні нами використовувались статистичні дані (табл. 2.10, розд. 2.3.3.). Для тестових ділянок було визначено частку автомобілів із бензиновим двигуном  $P_{\delta}$ , та кількість бензину (за формулою (3.4.)), використана транспортними потоками на досліджуваних ділянках - результат у табл. 4.6.

По-друге, було визначено ( $Hs_{i(\delta\text{ age})}$ ) - розрахункову кількість спожитого бензину, уточнену відповідно до різниці у кількості пального, обумовленої строком експлуатації автомобілів. Для цього за даними таблиці табл. 2.8 (розд. 2.3.3.) було визначено частку різновікових груп автомобілів у

досліджуваних потоках  $P_b (age m)$  – результат у табл. 4.7. та відкориговано кількість бензину, за формулою (3.6) – результат у табл. 4.8.

Таблиця 4.6

**Розрахункова кількість спожитого бензину (л), автомобілями певної транспортної групи ( $Hs_{i\delta}$ )**

Тестова ділянка	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси
Білоцерківська	142515,4	12770,3	5268,6
Димерська	38847,7	2278,8	986

Таблиця 4.7

**Частка «різновікових» автомобілів ( $P_b (age m)$ ), на дослідних ділянках, за [105]**

Транспортна група автомобілів	Строк експлуатації автомобілів (роки)		
	2-5	5 - 8	понад 8
	Частка, в транспортному потоці (%)		
Легкові автомобілі	37,4	23,7	38,9
Вантажні автомобілі	18,5	21,2	60,3
Автобуси	23,9	30,3	45,8

Таблиця 4.8

**Розрахункова кількість бензину, обумовлена строком експлуатації автомобілів ( $Hs_{i(\delta age)}$ ), за [104,105]**

Тестова ділянка	Транспортна група автомобілів	Строк експлуатації автомобілів			$Hs_{i(\delta age)}$
		2- 5	5-8	более 8	
Білоцерківська	Легкові автомобілі	53300,8	35465	60982,3	149748,1
	Вантажні автомобілі	2362,5	2842,7	8470,5	13675,7
	Автобуси	1259,2	1676,2	2654,3	5589,7
Димерська	Легкові автомобілі	14529	9667,3	16622,9	40819,2
	Вантажні автомобілі	421,4	507,3	1511,5	2440,2
	Автобуси	235,7	313,7	496,8	1046,2

Таким чином, за формулою (3.7), стало можливим отримати розрахункову кількість спожитого транспортним потоком палива ( $Hs$ ), та кількість сполук свинцю, що надходить в приавтомагістральні геосистеми ( $Cont.h.m.a.$ ). Проте попередньо потрібно було визначити показник  $C.h.m.$ , що відбиває вміст сполук свинцю у 1 л палива. Оскільки в Україні використовується бензин різних країн постачальників, і за їх нормативами вміст Pb є різним, нами було визначено середній вміст сполук свинцю (додаток Г) у бензині залежно від частки, яку займає на ринку той чи інший виробник, як  $C.h.m. = 0,0022$  (г/л). Таким чином був розрахований модельний показник (за формулою 3.8, з поправочним коефіцієнтом 0,75, адже, як йшлося в 3.2.1., у відпрацьовані газу потрапляє лише 75 % металу, який міститься у паливі). Результати розрахунків  $Cont.h.m.a$  наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

**Розрахункова кількість використаного пального ( $Hs$ ) та кількість сполук свинцю ( $Cont.h.m.a$ ), що потрапляє в приавтомагістральні геосистеми від транспортного потоку**

Тестова ділянка	$Hs$ (л/100 км)	$Cont.h.m.a$ (г/100 км)
Білоцерківська	169013,5	278,87
Димерська	44305,6	73,1

Показник, що відбиває витрати палива ( $Hs$ ), мав бути уточнений у відповідності до природних характеристик території дослідних ділянок, зокрема орографічних та кліматичних (формули 3.9.-3.11).

Орографічні характеристики території не змінили в нашому випадку розрахункову кількість палива, адже на жодній тестовій ділянці абсолютні висоти місцевості не досягали 300 м над рівнем моря, що дозволило б використати орографічний коефіцієнт ( $K_{a.h.}$ ).

Кліматичні ж особливості Київської області, що також впливають на витрати палива (див 3.2.1.), змінили дані про витрати пального розраховане та скориговане за транспортними групами та строком експлуатації автомобілів ( $H_s$ ). Для цього, за [132] було визначено, на досліджуваній території кількість днів на рік, для яких мають застосовуватись коригувальні коефіцієнти  $n_t$  - 78, для та  $n_{ex}$  - 104, для яких були застосовані відповідні коефіцієнти  $K_t = 1,1$ ,  $K_{ex} = 1,35$ .

Після цього, за формулами (3.10 - 3.11) було розраховано кількість бензину, зміни у використанні якого обумовлені температурними показниками та несприятливими погодними умовами. Результати наведено у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

**Розрахункове використання бензину транспортним потоком, з урахуванням кліматичних характеристик території**

Тестова ділянка	Використання бензину	
	в дні з низькими температурами $H_s (a.h. t)$	в дні з несприятливими погодними умовами $H_s (ex)$
Білоцерківська	172625,3	189840,5
Димерська	45252,4	49765,2

В результаті застосування методики уточнення кількості пального, що використовується транспортним потоком певної інтенсивності, складу, строку експлуатації, отримано дані, які на 29 -30 % відрізняються від розрахунків, при яких не беруться до уваги ці характеристики. Урахування таких факторів, як природні умови території, по якій прокладено ділянку автошляху, дозволило відкоригувати значення витрат бензину майже на 9 %.

Таким чином було отримано наближені до реальності розрахункові показники використаного палива (табл. 4.11), і як наслідок, забруднення сполуками свинцю приавтомагістральних територій на тестових ділянках (табл. 4.12).

Таблиця 4.11

**Зміни у розрахункових показниках використаного бензину, з урахуванням особливостей транспортного потоку ( $H_s$ ) та природних характеристик території ( $H_s$  (ex))**

Тестова ділянка	Витрати бензину				
	без урахування особливостей транспортного потоку	з урахуванням особливостей транспортного потоку ( $H_s$ )		з урахуванням природних особливостей ділянки автошляху ( $H_s$ (ex))	
	витрати (л)	витрати (л)	зміна (%)	витрати (л)	зміна (%)
Білоцерківська	237964,1	169013,5	- 29	189840,5	- 20,2
Димерська	63190,9	44305,6	- 29,9	49765,2	- 21,2

Таблиця 4.12

**Зміни у розрахункових показниках забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю від викидів автотранспорту ( $Cont.h.m.a$ ), з урахуванням особливостей транспортного потоку та природних характеристик території**

Тестова ділянка	$Cont.h.m.a$ (г/100 км)		
	без урахування факторів зміни витрат палива	з урахуванням особливостей транспортного потоку	з урахуванням природних особливостей ділянки автошляху
Білоцерківська	392,64	278,87	313,24
Димерська	104,27	73,1	82,11

В таблицях 4.11, 4.12 розрахунки наведені для ділянки автошляху довжиною 100 км. Тож не складно підрахувати кількість сполук свинцю, що потрапляє у геосистеми на будь-якому відрізку дороги. Як зазначалося, довжина відрізка має визначатися індивідуально в залежності від дорожньої (між примиканням доріг) та ландшафтної ситуації. На тестових ділянках була виміряна довжина відрізка, та отримані значення вхідного параметра

*Cont.h.m.a*, що відображає забруднення приавтомагістральних геосистем від автотранспорту на тестових ділянках (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

**Розрахункові показники забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю від викидів автотранспорту (*Cont.h.m.a*) на тестових ділянках**

Тестова ділянка	Довжина однорідного відрізу автошляху (км)	<i>Cont.h.m.a</i> (г)
Білоцерківська	2,788	8,73
Димерська	5,69	4,67

При аналізі промисловості та сільського господарства регіону дослідження (розд. 2.3.1., 2.3.2.), додаткових джерел сполук свинцю «антропогенного» походження у рік спостережень не було визначено. Стосовно останнього із основних джерел надходження сполук свинцю в ґрунти приавтомагістральних геосистем, а саме спряжених геосистем, що знаходяться на вищому гіпсометричному рівні, зазначимо наступне: в процесі моделювання показник, який відбиває цю кількість сполук - *Cont.h.m.c* – визначатиметься в процесі реалізації наступного етапу моделювання, а саме розрахунку кількості ВМ, що переміщується в ґрунтах в процесі механічної латеральної міграції (див.4.2.1.), за алгоритмом, описаним у 3.2.2.1. Тож на даному етапі моделювання значення *Cont.h.m.a* і склали значення загального модельного показника *Cont.h.m.*

#### 4.1.2. Створення блоку БД «Надходження сполук свинцю»

Визначивши обсяг надходження свинцю, що потрапляє в атмосферу приавтомагістральних геосистем, ми отримали змогу наповнити даними блок БД «Надходження сполук свинцю», зокрема субблоку «Автотранспортне забруднення». Процес геоінформаційного моделювання, проводився за

допомогою інструменту «Еол 2000» [56], що є автоматизованою системою розрахунку розсіювання викидів шкідливих речовин в приземному шарі атмосферного повітря, з урахуванням характеристик території дослідження зокрема таких показників, як температурна стратифікація атмосфери, швидкість та напрямки вітру тощо; б) рельєф території, зокрема показник впливу рельєфу місцевості на значення максимальної приземної концентрації домішок у повітрі, положення та метричні характеристики перешкод техногенного та природного походження тощо, тобто тих показників, які дозволяють врахувати ступінь несприятливості місцевих умов для сталого розсіювання домішок у повітрі (сила та напрямок переважаючих вітрів, рельєф місцевості тощо). Розрахункові модулі «Еол 2000» засновані на «Методиці розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств ОНД - 86» [83]. В даній методиці застосовуються моделі, які дозволяють на єдиній основі вирішити питання визначення характеру та просторових параметрів первинного поля забруднення, що формуються у приавтомагістральних територіях в процесі атмосферного перенесення поллютантів.

Певні модулі системи «Еол 2000» дозволяють змодельовати поле забруднення для автошляху, як джерела, що складається із сукупності окремих точкових джерел. Тобто дорога «розбивається» на ділянки з однаковими характеристиками, для кожної з яких моделюється процес розсіювання сполук ВМ. Сукупність результатів такого моделювання складає власне карту «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру» для всього досліджуваного відрізка. Графічний процесор та алгоритм побудови ізоліній, дозволяє отримати відображення розсіювання за рахунок побудови ізоліній або поверхні GRID, кожному пікселю якої присвоєне значення концентрації ВМ.

Реалізація геоінформаційного моделювання процесу розсіювання сполук ВМ відбувалася на відстані до 10 км від джерела, що цілком достатньо для визначення параметрів зони впливу автошляхів.

Для коректного виконання цього завдання був проведений поділ досліджуваної ділянки автошляху (табл. 4.13.), на відрізки з однаковими просторовими характеристиками, такими як: конфігурація, абсолютні та відносні висоти дорожнього полотна, кут нахилу поверхні дорожнього полотна та ін., тобто відрізки з однорідними умовами атмосферного розподілу домішок, адже у процесі розрахунку концентрацій у приземному шарі повітря, вони є визначальними.

В результаті реалізації даного етапу геоінформаційного моделювання, було сформовано блок БД «Надходження ВМ» для тестових ділянок, що містить інформацію про первинний атмосферний розподіл сполук свинцю. Виключенням став лише субблок «Забруднення від спряжених геосистем», адже його реалізація вбачається доцільнішою при паралельному визначенні «забруднення-очищення» геосистем в процесі латеральної міграції (див.далі).

Геоінформаційним відображенням просторових характеристик показника *Cont.h.m.* стали картографічні моделі розподілу сполук свинцю у приземних шарах атмосфери, при небезпечних швидкостях вітру для тестових ділянок (рис 4.1.- 4.2.).



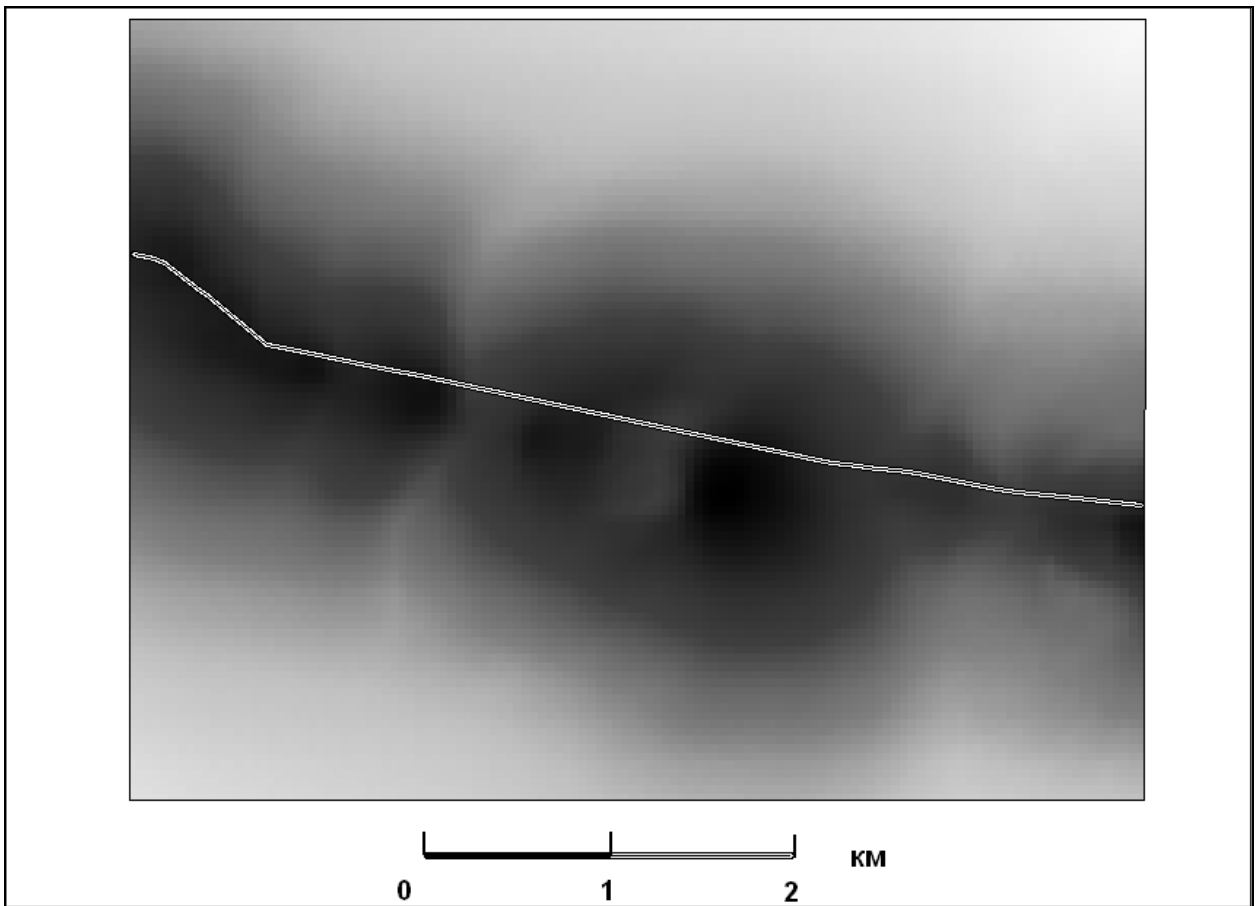


Рис. 4.1. Результуючий шар для 1 етапу геоінформаційного моделювання «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру», як результат візуалізації відповідного запиту 1-го рівня до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка (більша інтенсивність кольору відповідає більшим концентраціям)

З рис. 4.1. видно, що на Димерській ділянці в межах рівнинного рельєфу з незначними перепадами висот спостерігається більш широка смуга розповсюдження сполук свинцю, на відміну від Білоцерківської, (рис.4.2.), з яскраво-вираженими яружно-балковим рельєфом, в результаті чого спостерігається значно вужча смуга забруднення, що вказує на прямий вплив рельєфу місцевості на розподіл сполук свинцю.

Така інформація, після розрахунків переходу поллютантів з одного компонента ландшафту в інші, дозволяє визначити найбільш ймовірний

обсяг сполук свинцю, що надійде з приземних шарів атмосфери в ґрунти приавтомагістральних геосистем на тестових ділянках, що є самостійним показником при характеристиці екологічного стану приавтомагістральних геосистем, а також основою для подальшої оцінки їх перерозподілу у приавтомагістральних геосистемах [26].

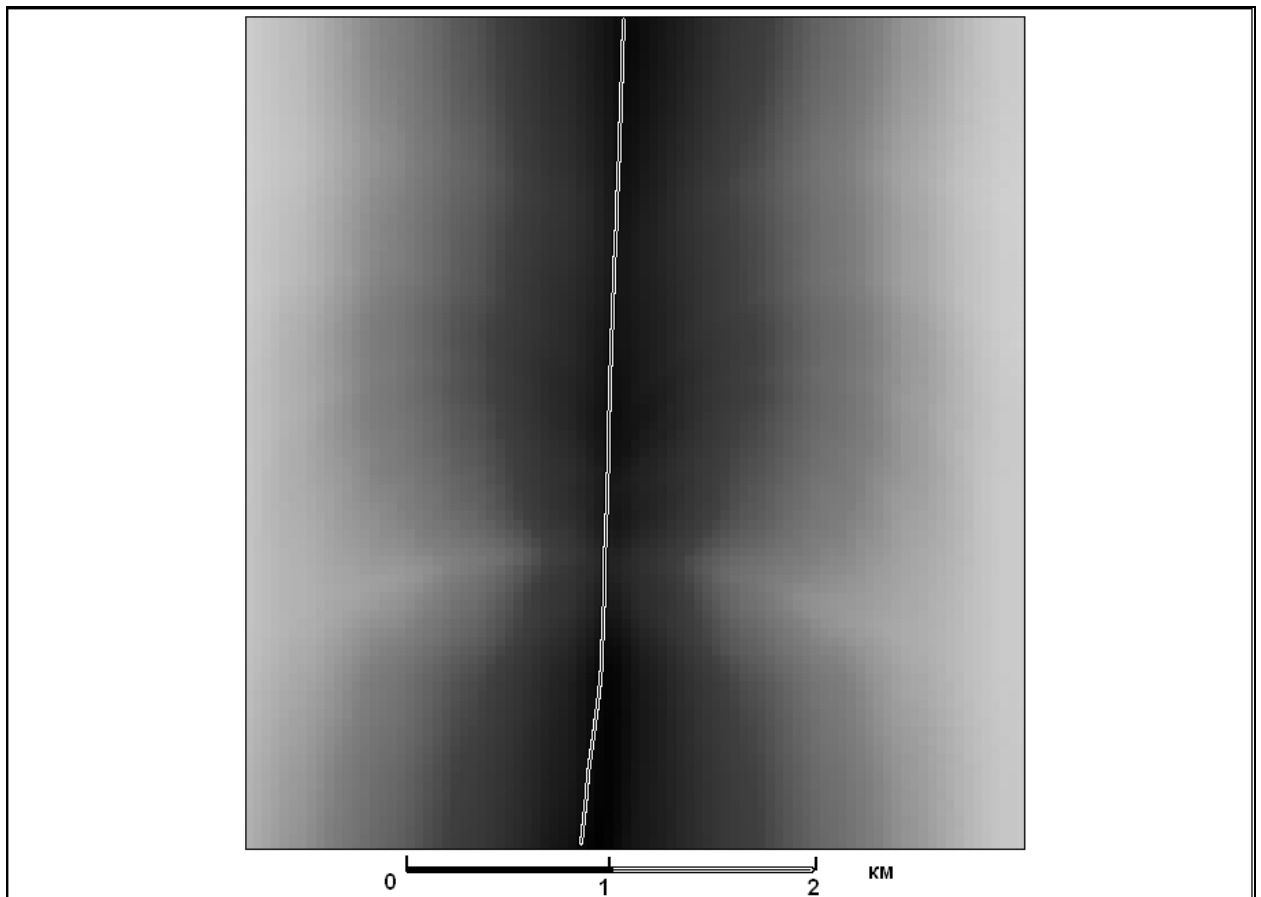


Рис. 4.2. Результуючий шар для 1 етапу геоінформаційного моделювання «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру», як результат візуалізації відповідного запиту 1-го рівня до електронних БД «Актуальний рівень забруднення». Білоцерківська тестова ділянка (більша інтенсивність кольору відповідає більшим концентраціям)

#### 4.2. Геоінформаційне моделювання розрахункової кількості сполук Pb, винесених з ґрунту за межі та/або виведених з міграційних потоків приавтомагістральних геосистем

Визначена на попередньому етапі розрахункова кількість сполук свинцю, що надійшла у геосистеми тестових ділянок, дозволила перейти до створення блоку БД «Очищення геосистеми». Він був створений за методикою (див 3.2.2.), у межах приавтомагістральних геосистем сільськогосподарського призначення. В геосистемах з природним рослинним покривом перерозподіл сполук свинцю у верхньому ґрунтовому горизонті є нерівномірним, а при сільськогосподарському обробітку ґрунту відбувається його перемішування. Це дозволяє говорити про відносну рівномірність розподілу поллютантів у межах орного шару.

Для виконання наступних модельних побудов нами використовувалась реляційна база геоданих території дослідних ділянок, сформована з даних про: властивості ґрунтів, з атрибутивними характеристиками, що визначають їх ерозійну здатність (гранулометричний склад, вміст гумусу, водопроникність, коефіцієнт скелетності ( $K_s$ )); рельєфу; рослинного покриву та сільськогосподарського використання території (із атрибутами  $C$ ,  $P$ ), кліматичні характеристики місцевості ( $R = 10,6$ ) тощо.

Проміжні та кінцеві результати моделювання подано нижче.

Створення субблоку БД «Очищення ґрунтів від сполук Pb у процесі латеральної міграції» відбувалось наступним чином:

1. Оверлейні операції з цифровими картами «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру» та «Ґрунти», відповідно до регресійного рівняння (3.20)), дозволили побудувати карту «Забруднення поверхневого шару ґрунту», яка відображає концентрації сполук свинцю у 20-ти сантиметровому шарі ґрунту (рис. 4.3 - 4.4.). На даних рисунках видно конфігурацію та кількісні характеристики первинного поля забруднення поверхневого шару ґрунтів сполуками свинцю,

що і стало підставою для окреслення меж приавтомагістральних геосистем, як тих, що потрапляють в зону впливу автошляхів (див.розд 1). Критерієм, за яким було встановлено межі є концентрації сполук свинцю у ґрунтах, що визначають «помірний» рівень їх забруднення (коефіцієнт аномальності  $K_a > 3$ ) [52]). Отримані таким чином значення поля концентрацій, цілком співпали з результатами лабораторних дослідженнях ґрунтів на вміст сполук свинцю, що підтвердило правильність модельних розрахунків (див. додаток В., табл. В.1)

2. На основі цифрової карти рельєфу, була створена цифрова модель рельєфу території у вигляді нерегулярної триангуляційної мережі (TIN) за алгоритмом триангуляції Делоне. Тобто з набору точок з відомими висотними позначками, було побудовано трикутники, максимально близькі до рівносторонніх фігур. Для Білоцерківської тестової ділянки кількість трикутників склала 102524, Димерської – 159505. Кожен трикутник у такій мережі являє собою частину поверхні з унікальними і однорідними просторовими характеристиками, що дозволяє розглядати його як мінімальний парцел при математичному моделюванні. Надалі розрахунок всіх параметрів проводився в зазначених трикутниках, як середньовиважених за площею значень. Зокрема у кожному трикутнику було визначено довжину схилу  $l$  (м) та його ухил  $s$  (%), і відповідно, обраховано рельєфозалежний фактор міграції  $LS$  (табл.3.4., 3.5).

3. Оверлейний аналіз триангуляційної мережі та карти «Забруднення поверхневого шару ґрунту» дозволили отримати відповідні значення поля забруднення у кожному парцелі.

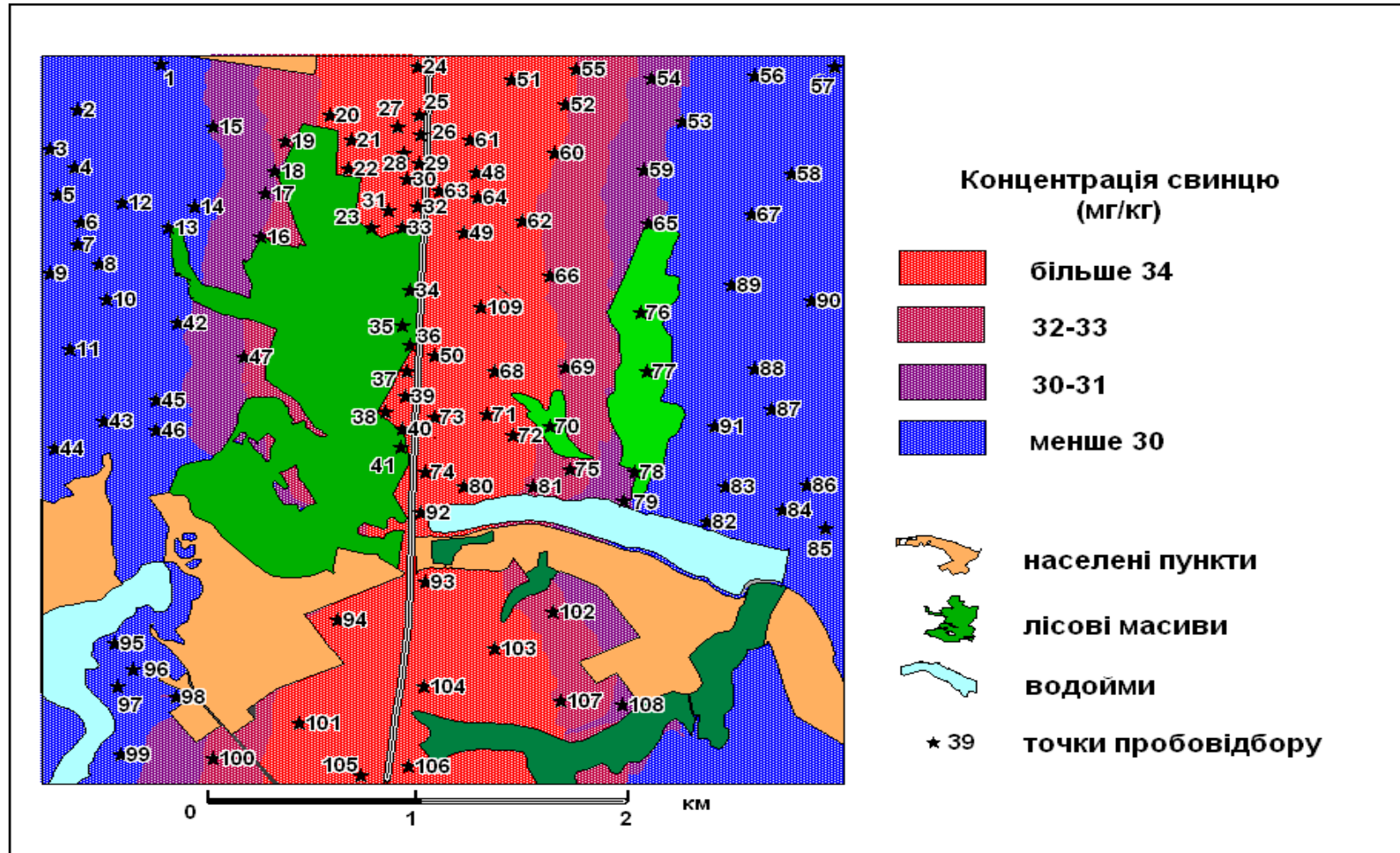


Рис. 4.3. Забруднення поверхневого шару ґрунту, як результат візуалізації запиту до БД «Актуальний рівень забруднення». Білоцерківська тестова ділянка

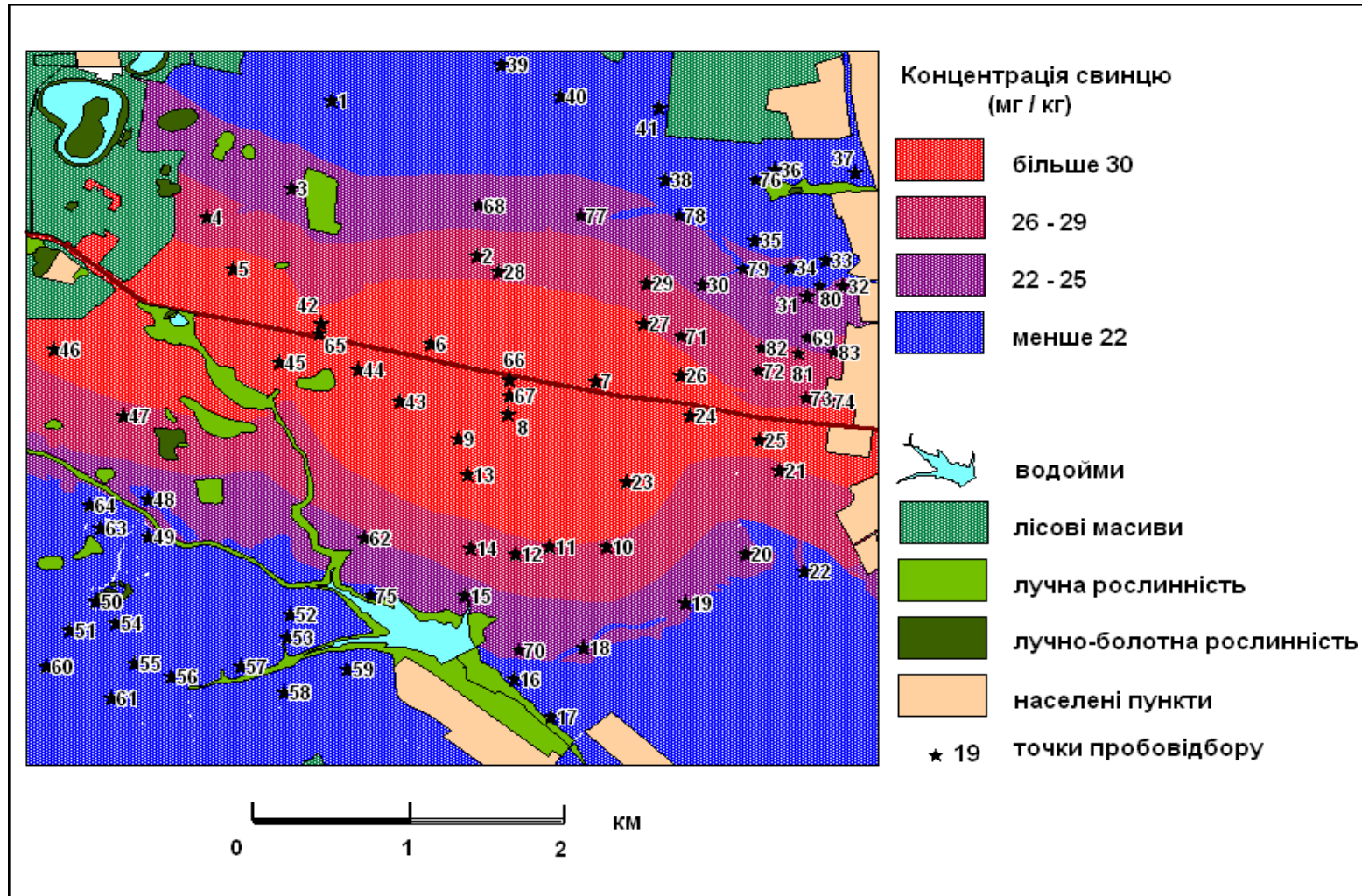


Рис. 4.4. Забруднення поверхневого шару ґрунту, як результат візуалізації запиту до БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка

4. Для визначення кількості сполук свинцю, що мігрують за сценарієм латеральної міграції, були проведені оверлейні операції з цифровими картами «Забруднення поверхневого шару ґрунту», «Ґрунти», «Рослинний покрив», в результаті чого у кожному парцелі було розраховано:

А) коефіцієнт потенційної ерозії ґрунтів  $K_v$ , за допомогою створеного нами розрахункового модуля бази даних, на основі номограми Уишмейера, Джонса, Кроса (рис.3.2.);

Б) кількість ґрунту ( $E_{fw}$ ) та сполук свинцю ( $E_{hm}$ ), що потенційно можуть бути винесеними з ерозійними процесами, відповідно до формул (3.21, 3.22).

5. Окремо розроблений спеціалізований модуль дозволив визначити напрямок переміщення речовини та побудувати граф «латеральної міграції між парцелами». В результаті цього було розраховано кількість сполук свинцю, що переміщується між парцелами та отримано результуючий шар «Очищення ґрунтів від сполук свинцю у процесі латеральної міграції».

6. За алгоритмом, який враховує, що у кожен «більш низький» в катенарному спряженні парцел ця кількість свинцю потрапляє, додається до кількості, що осіла на поверхню ґрунту безпосередньо з повітря, а вже потім переміщується далі вниз по схилу, була розрахована залишкова кількість свинцю, як різниця між привнесеними та винесеними в процесі латеральної міграції металами.

Окремі результати розрахунків для трикутників, на які поділено фрагмент катени (рис.4.5), наведено у додатку Д, (табл.Д.1.) Такий алгоритм розрахунку дозволив, паралельно із параметрами очищення геосистем, визначити останній зі складників «надходження» -  $Cont.h.m.c.$  - кількість сполук свинцю, яка потрапляє у приавтомагістральні геосистеми від спряжених геосистем.

Значення для геосистем були отримані як середньовиважені за площами трикутників, значення параметрів «забруднення-очищення» в процесі латеральної міграції (окремі розрахунки подано в додатку Д, табл.

Д.2 - Д.3). Як результуючий, був отриманий тематичний шар «Перерозподілу сполук свинцю у поверхневому шарі ґрунту в процесі латеральної міграції» (рис. 4.6 - 4.7.), що відображає їх «залишкову» кількість у геосистемі, зони мобілізації свинцю, його транзиту, акумуляції, а також, відповідно до заданих критеріїв (табл. 3.7.)- дозволяє визначити геосистеми з різним рівнем можливостей до самоочищення в процесі латеральної міграції

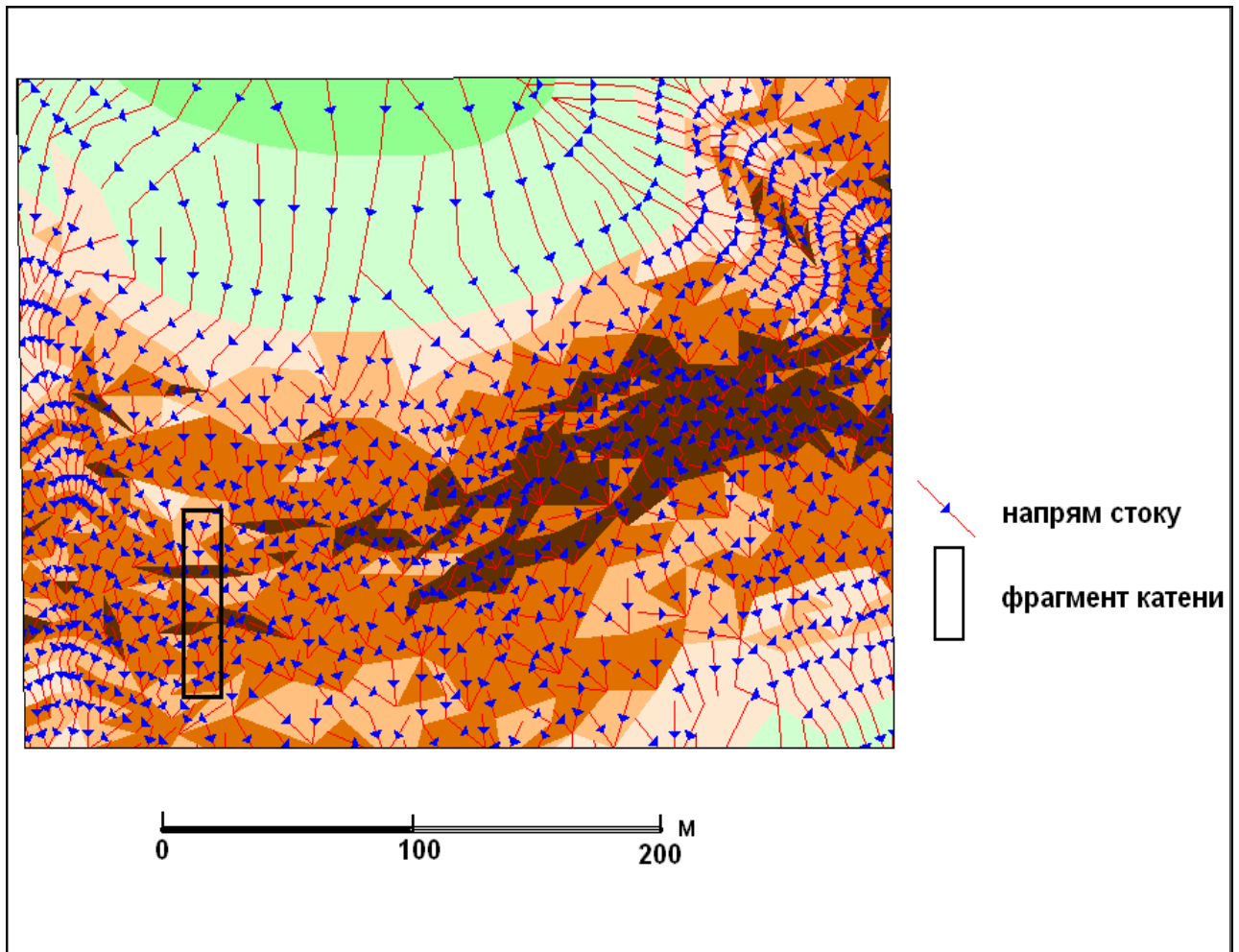


Рис. 4.5. Напрямок та інтенсивність винесення ґрунту в процесі латеральної міграції, як результат візуалізації відповідного запиту 2-го рівня до електронної БД «Актуальний рівень забруднення».

Білоцерківська тестова ділянка



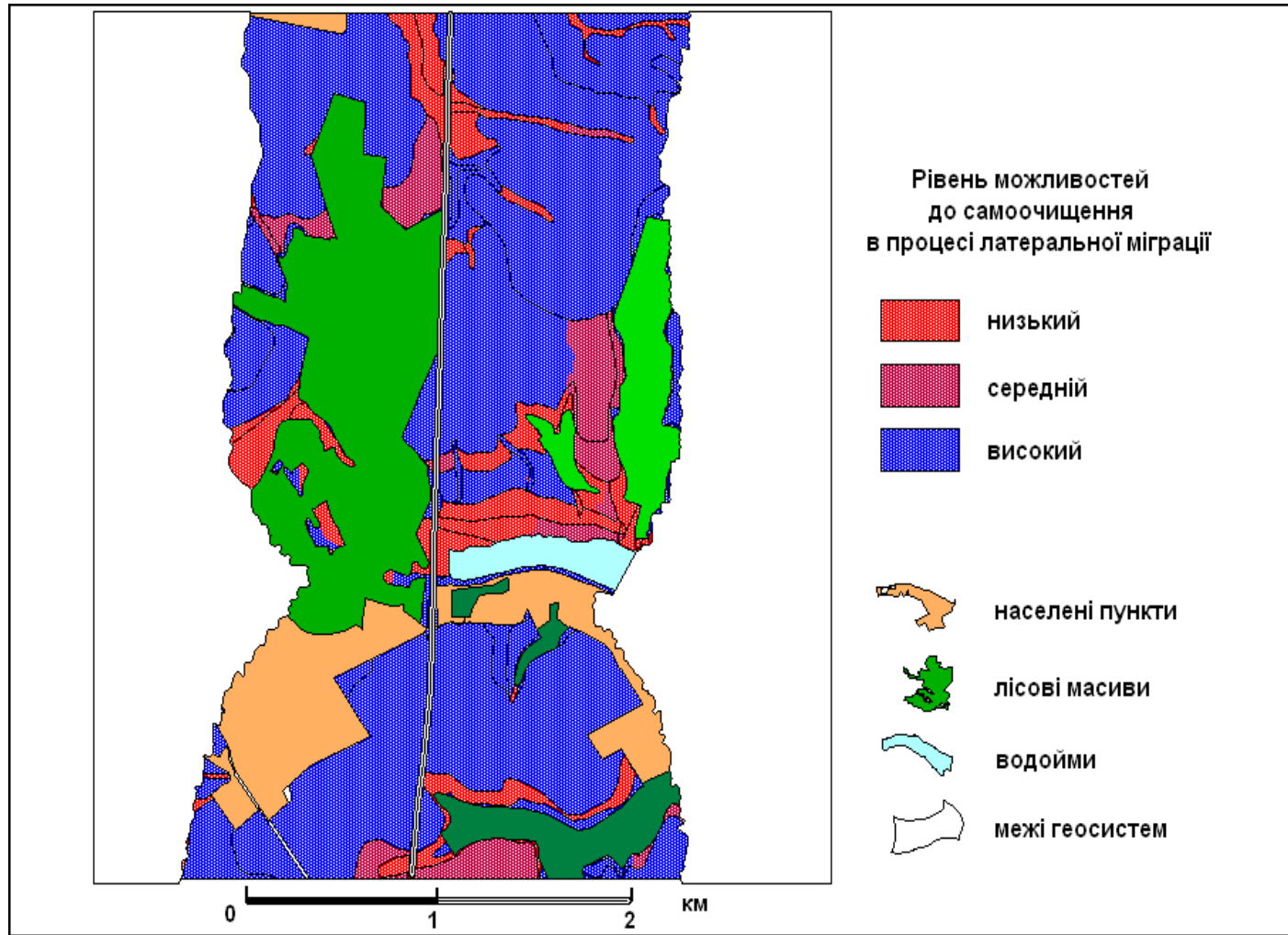


Рис. 4.6. Рівень можливостей самоочищення від сполук свинцю в процесі латеральної міграції, як результат візуалізації відповідного запиту до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Білоцерківська тестова ділянка

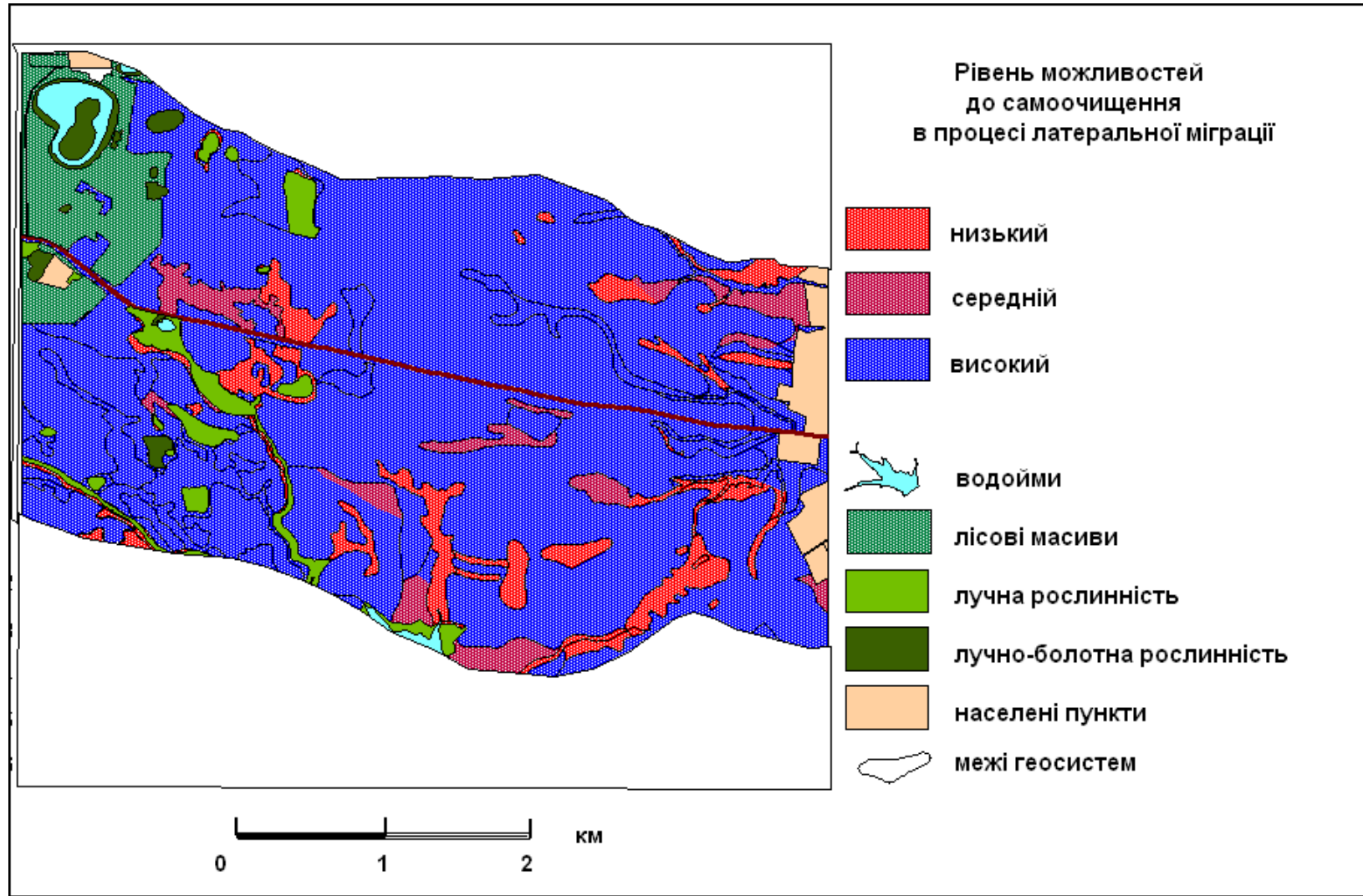


Рис. 4.7. Рівень можливостей самоочищення від сполук свинцю в процесі латеральної міграції, як результат візуалізації відповідного запиту до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка

Для визначення показників процесів радіальної міграції на тестових ділянках за атрибутами цифрової карти ґрунтів (додаток Б, табл. Б.1- Б.2.) та значеннями (табл. 3.8. – 3.10.) було надано відповідні бали зв'язування, тобто атрибути, які визначають інтенсивність радіальної міграції сполук Рв. Результати, представлені у додатку Д, табл. Д.4. – Д.5., свідчать, що лише на частині Димерської тестової ділянки, де було проведене вапнування ґрунтів, простежується «дуже слабка» інтенсивність міграції металу, та, відповідно, «слабка» небезпека забруднення рослин (табл. 3.11). Переважно це стосується накопичення розчинних сполук свинцю в рослинах концентраторах (рис.4.8). На решті території дослідження така небезпека є «вельми слабкою» через умовну неможливість переходу сполук свинцю у розчинні форми, обумовлену кислотними характеристиками ґрунтів.

Таким чином, окреслені найбільш небезпечні території, з точки зору можливості переходу у рослини сполук свинцю (рис.4.8), та встановлені такі показники рівня надійності геосистем (табл. 3.11) як «вельми високий» та «високий» (за табл.3.11.). Вони стали відображенням результату даного етапу геоінформаційного моделювання. Зокрема, визначений «вельми високий» рівень їх надійності дає підстави вважати, що вони здатні виконувати екопозитивні природно-соціально-економічні функції, зокрема біопродукційну та землеробську функції, та обмежувати еконегативні функції, обумовлені загрозою для здоров'я людини.

Створення субблоку БД «Очищення ґрунтів від сполук свинцю у процесі закріплення на геохімічних бар'єрах». Наступний етап аналізу полягає у визначенні територій, де відбувається виведення із речовинно-енергетичних потоків сполук свинцю через закріплення на ландшафтно-геохімічних бар'єрах.

Під час реалізації попереднього етапу моделювання, було визначено, що майже всі ґрунти тестових ділянок (див. додаток Д, табл.Д.4. - Д.5

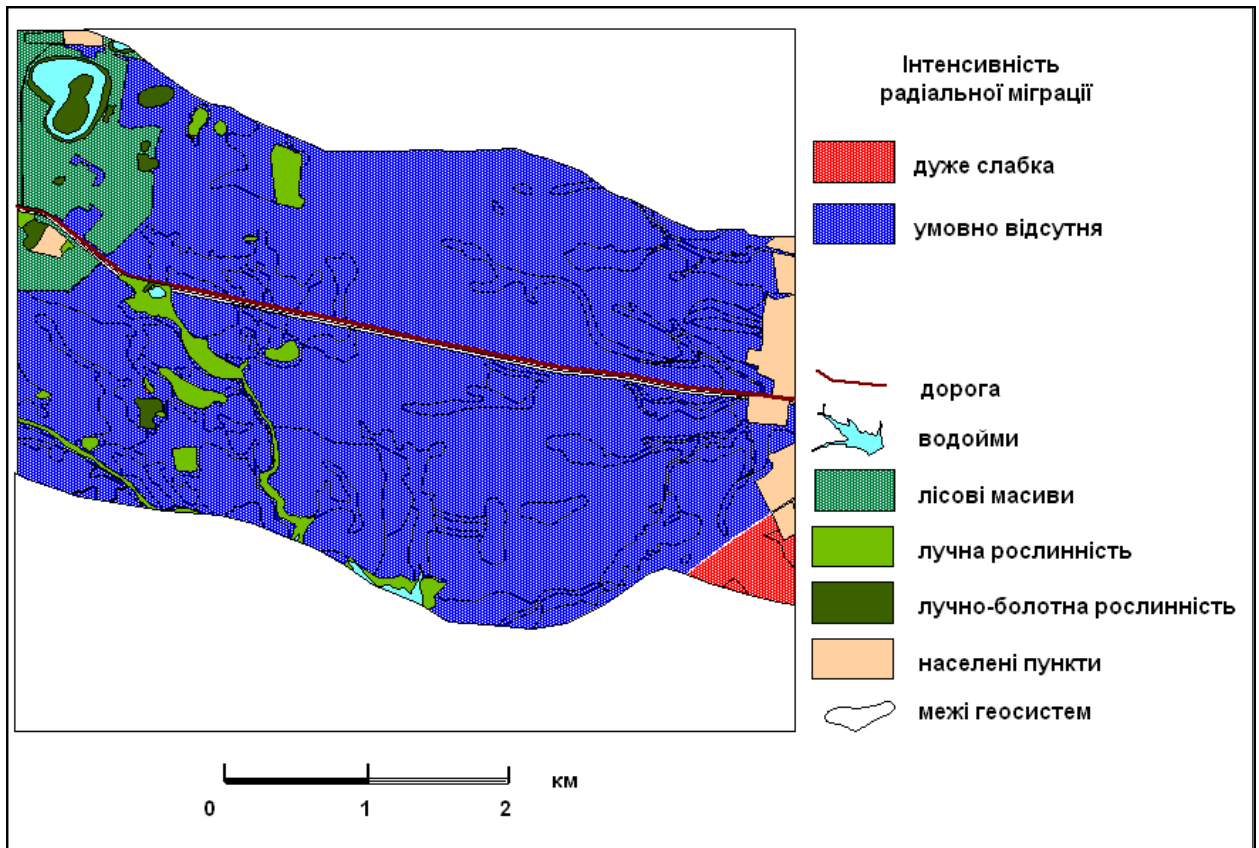


Рис. 4.8. Інтенсивність перерозподілу сполук свинцю у поверхневому шарі ґрунту в процесі радіальної міграції, як результат візуалізації запиту до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка

(значення  $B_{(total)} = 5$ )), обумовлюють наявність геохімічних бар'єрів для розчинних форм сполук свинцю.

Для нерозчинних форм свинцю ділянками, де вони можуть локалізуватися, тобто виводитися з процесів міграції з площинним зливом, є замкнені від'ємні форми рельєфу. Під час моделювання «перерозподілу сполук свинцю в процесі латеральної міграції» (див. 4.2.1), було визначено ділянки з високою ймовірністю їх акумуляції (рис. 4.9.).

Створення субблоку БД «Очищення ґрунтів від Pb за рахунок біогеохімічних процесів». Інтенсивність захоплення сполук свинцю рослинами має визначатися на ділянках, де такий перехід можливий за рахунок радіальної міграції. Втім, навіть при ситуації, що склалася на тестових ділянках, де такий вид міграції «умовно відсутній», близько 10 %

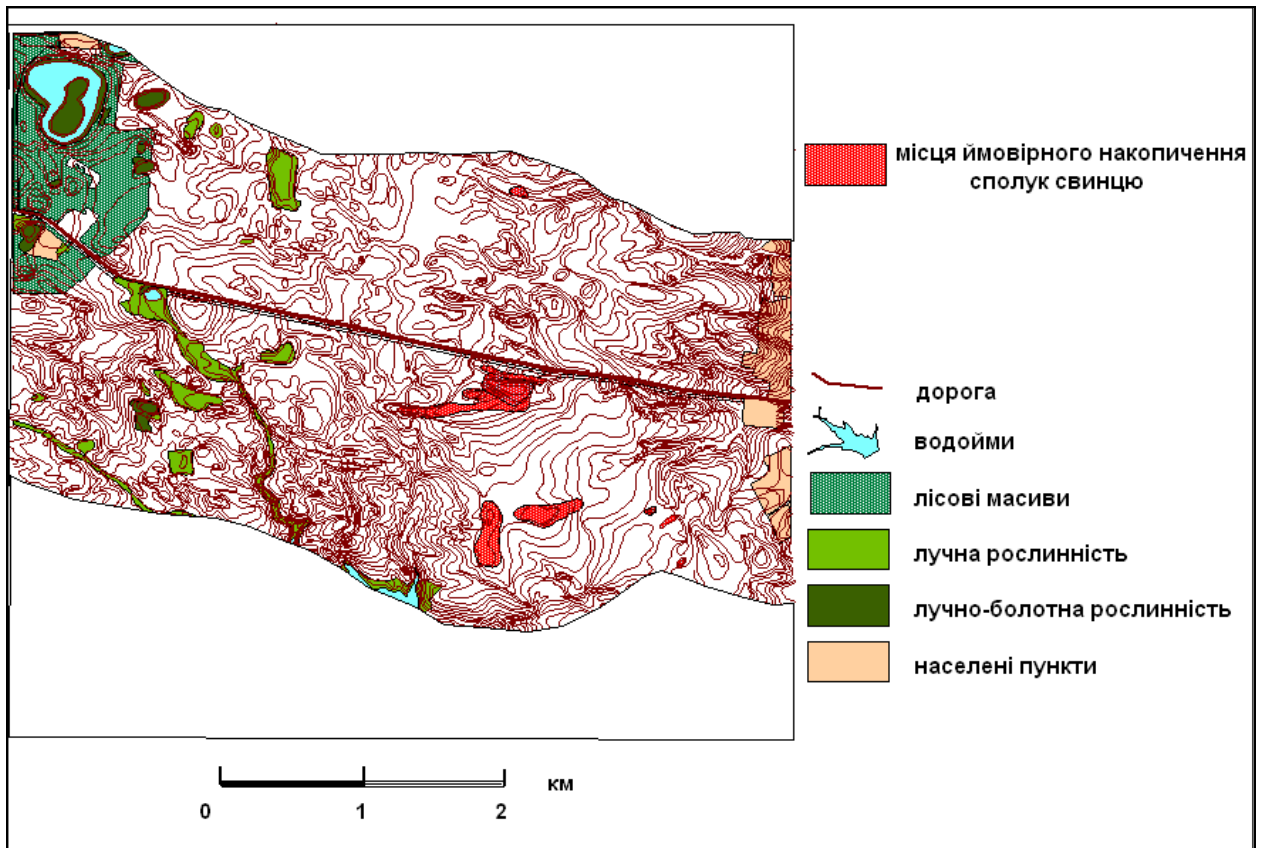


Рисунок 4.9. – Локації накопичення нерозчинних сполук свинцю, як результат візуалізації запиту до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка.

сполук металу можуть бути захоплені кореневою системою рослин [70, 86]. Тож, задля визначення кількості сполук свинцю, що можуть виводитися з ґрунту за рахунок біогеохімічних процесів, був проведений оверлейний аналіз карт рослинності тестових ділянок (атрибут «КБП» (коефіцієнт біологічного поглинання) (додаток Б, табл. Б.3)), та «Забруднення поверхневого шару ґрунту сполуками свинцю». Спеціально сформований запит, що задовольняв умові «КБП \* 10%Pb», дозволив розрахувати кількість сполук свинцю, що переходить з ґрунту в рослини, та реалізувати відповідний етап моделювання – формування субблоку БД «Очищення ґрунтів від Pb за рахунок біогеохімічних процесів».

### 4.3. Визначення актуального рівня забруднення сполуками свинцю приавтомагістральних геосистем

Покрокове виконання попередніх часткових завдань моделювання дозволило розрахувати актуальний рівень забруднення (АРЗ) як різницю між кількістю сполук свинцю, що надходить в приавтомагістральні геосистеми від основних джерел емісії (*Cont.h.m.*), та кількістю, що виводяться з ґрунтів за їх межі та/або виводяться з речовинно-енергетичних потоків (*Cl.h.m.*) протягом року. Під час визначення АРЗ як розрахунковий період нами було обрано 1 рік, оскільки саме за цей період може проявитися дія всіх факторів, що впливають на його зміну. Моделювання АРЗ проводилося в межах визначених трикутників, та відповідно у приавтомагістральних геосистемах сільськогосподарського призначення, як середньо виважене за площами трикутників, значення.

Окремі результати розрахунків подано у додатку Д, табл. Д 6. - Д.7. Дані таблиць характеризують актуальний рівень забруднення ґрунтів приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю, як віддзеркалення швидкості процесу забруднення (або очищення) приавтомагістральних геосистем, що є результатом процесу моделювання.

Результати моделювання відображено на рис. 4.10 – 4.16. Отримані значення АРЗ, в свою чергу дозволили вирішити наступні завдання, що були визначені у вступі.

Території, здатні до самоочищення та швидкість даного процесу при існуючому рівні антропогенного навантаження (додаток Д, табл. Д. 6 – Д.7., рис. 4.10-4.11).

Приавтомагістральні території, де відбувається накопичення сполук свинцю за рахунок перерозподілу та швидкість даного процесу (див. рис. 4.10).

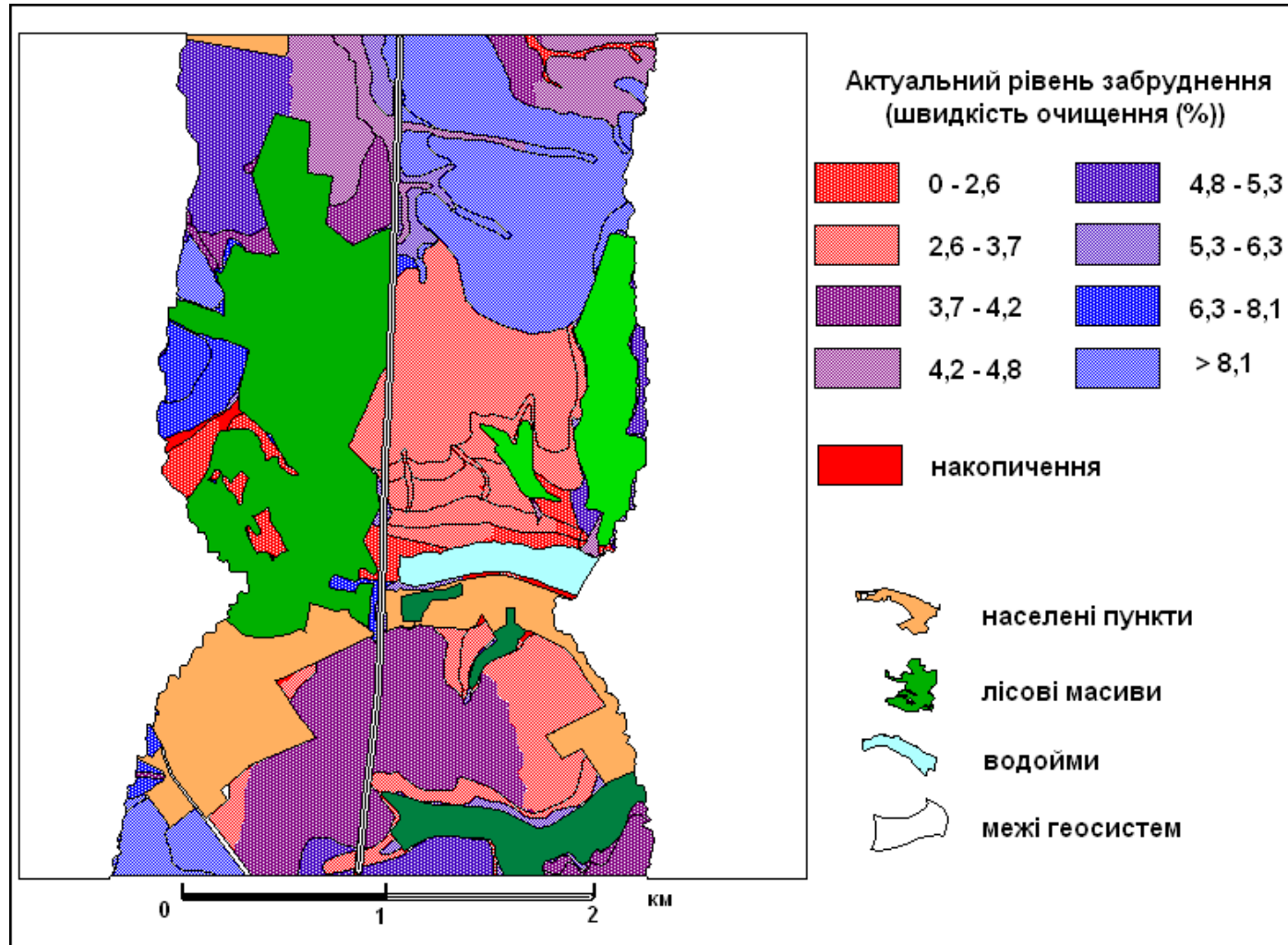


Рис.4.10. Актуальний рівень забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю, як результат візуалізації відповідного запиту 2-го рівня до електронних БД. Білоцерківська тестова ділянка

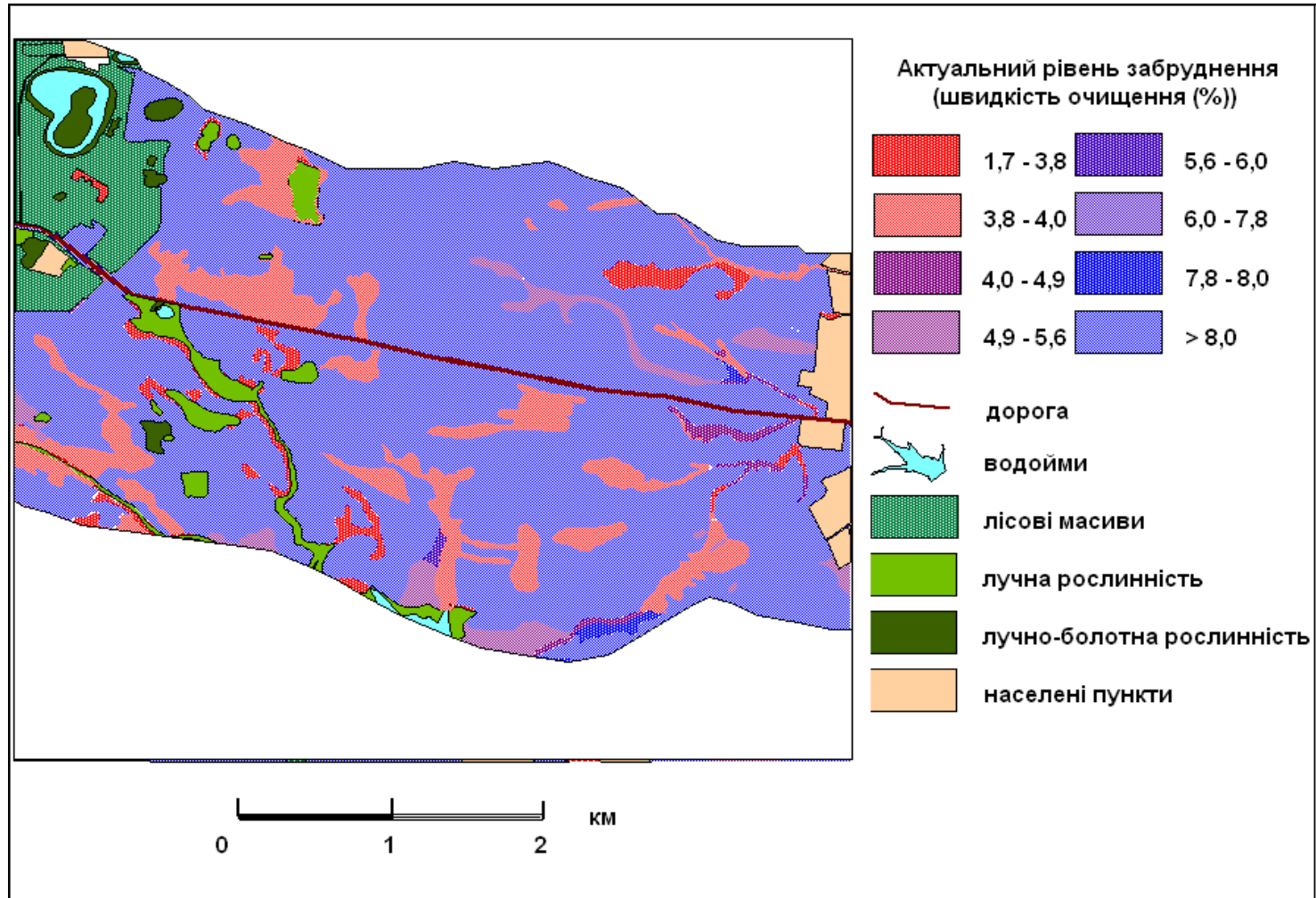


Рис. 4.11. Актуальний рівень забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками свинцю, як результат візуалізації відповідного запиту 2-го рівня до електронних БД. Димерська тестова ділянка



Потенційно небезпечні зони у приавтомагістральних геосистемах для вирощування сільськогосподарської продукції, з точки зору забруднення ґрунтів сполуками свинцю певних ділянок із визначеними фізико-географічними особливостями, та певною інтенсивністю «зовнішнього» впливу сусідніх територій.

Категорії стійкості приавтомагістральних геосистем (рис.4.12 -4.13, додаток Д., табл. Д.8 – Д.9.), відповідно до можливостей самоочищення ґрунту від сполук свинцю (табл.3.14.). Таким чином нами встановлено, що на кожній тестовій ділянці 60% геосистем мають середній рівень стійкості, 40 % на Димерській та 35 % на Білоцерківській – високий рівень. Переважно це елювіальні та транселювіальні геосистеми, швидкість очищення яких перевищує швидкість надходження металів. І лише одне супераквальне урочище на Білоцерківській ділянці має низький рівень стійкості. Очевидно це обумовлюється як кількістю полютантів, так і особливостями латерального їх перерозподілу в геосистемах.

Параметри забруднення територій, що не потрапляють в зону впливу автошляху проте зазнають впливу приавтомагістральних геосистем, що було окремим завданням даної роботи (рис. 4.14 - 4.15);

Прогнозний рівень концентрації сполук свинцю, за умови існуючої сили антропогенного тиску, в тому числі прогнозний термін, за який та чи інша геосистема досягне бажаного рівня стану, який було задано як досягнення гранично допустимих концентрацій, в ґрунтах, де на сьогодні такий рівень перевищено (рис.4.16), як результат моделювання часової динаміки забруднення сполуками свинцю ґрунтів приавтомагістральних геосистем.

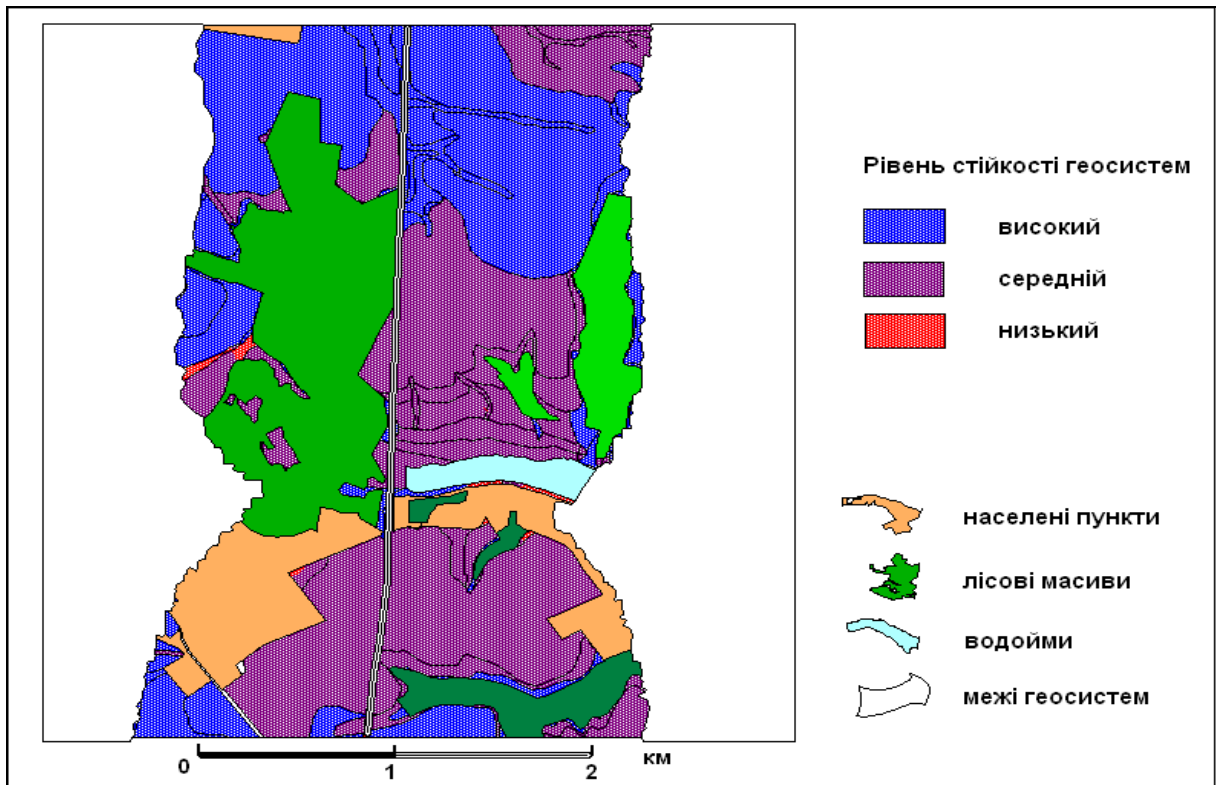


Рис. 4.12. Рівні стійкості приавтомагістральних геосистем, як здатності до самоочищення від сполук свинцю. Білоцерківська тестова ділянка

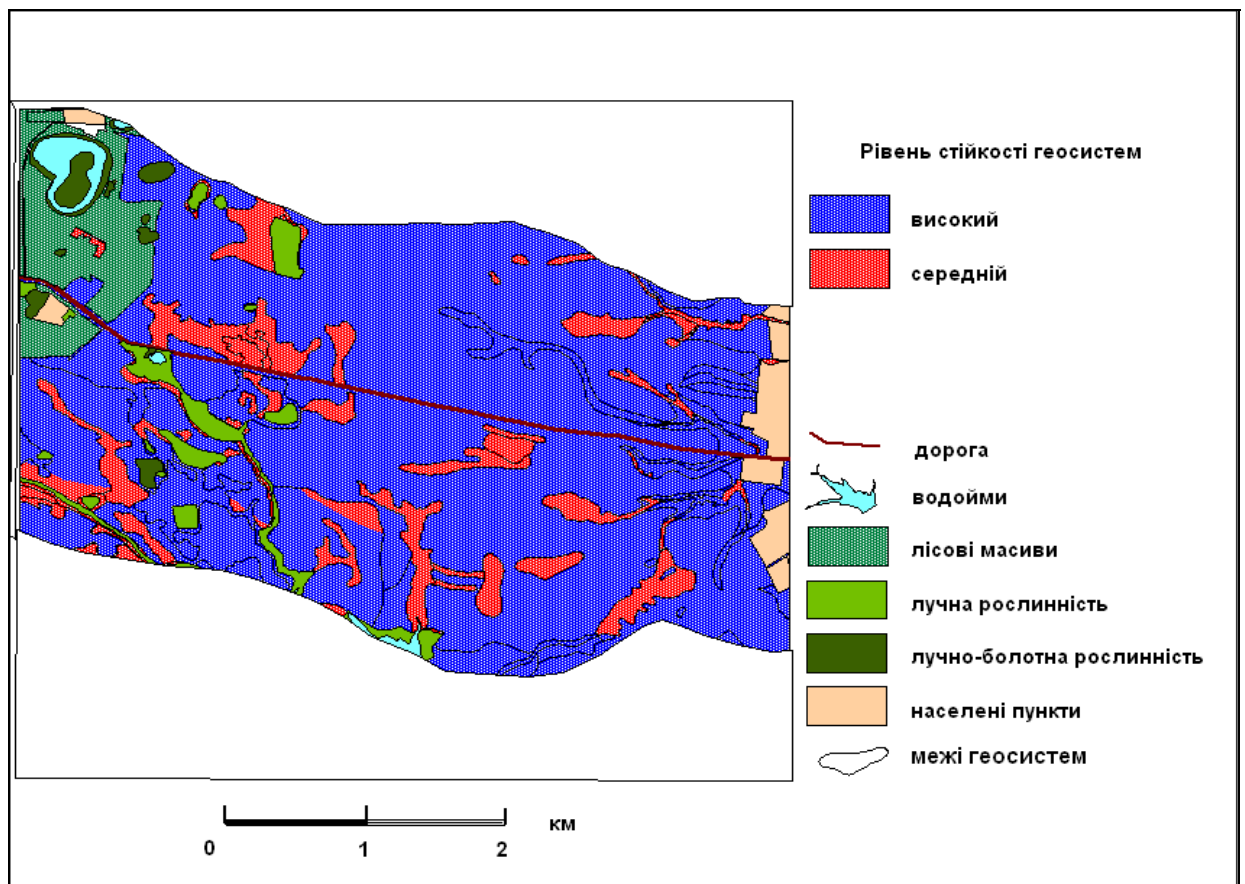


Рис. 4.13. Рівні стійкості приавтомагістральних геосистем, як здатності до самоочищення від сполук свинцю. Білоцерківська тестова ділянка

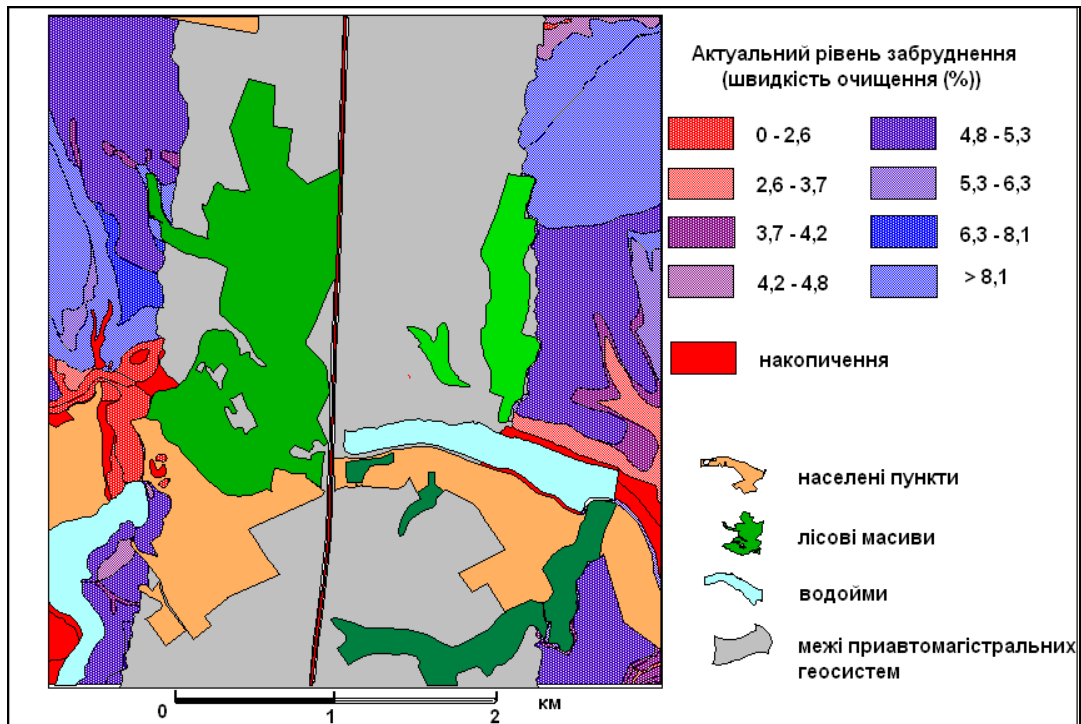


Рис. 4.14. Території, що зазнають впливу привавтомагістральних геосистем, за рахунок міграції сполук свинцю, як результат візуалізації відповідного запиту 2-го рівня до електронних БД «Актуальний рівень забруднення». Білоцерківська тестова ділянка

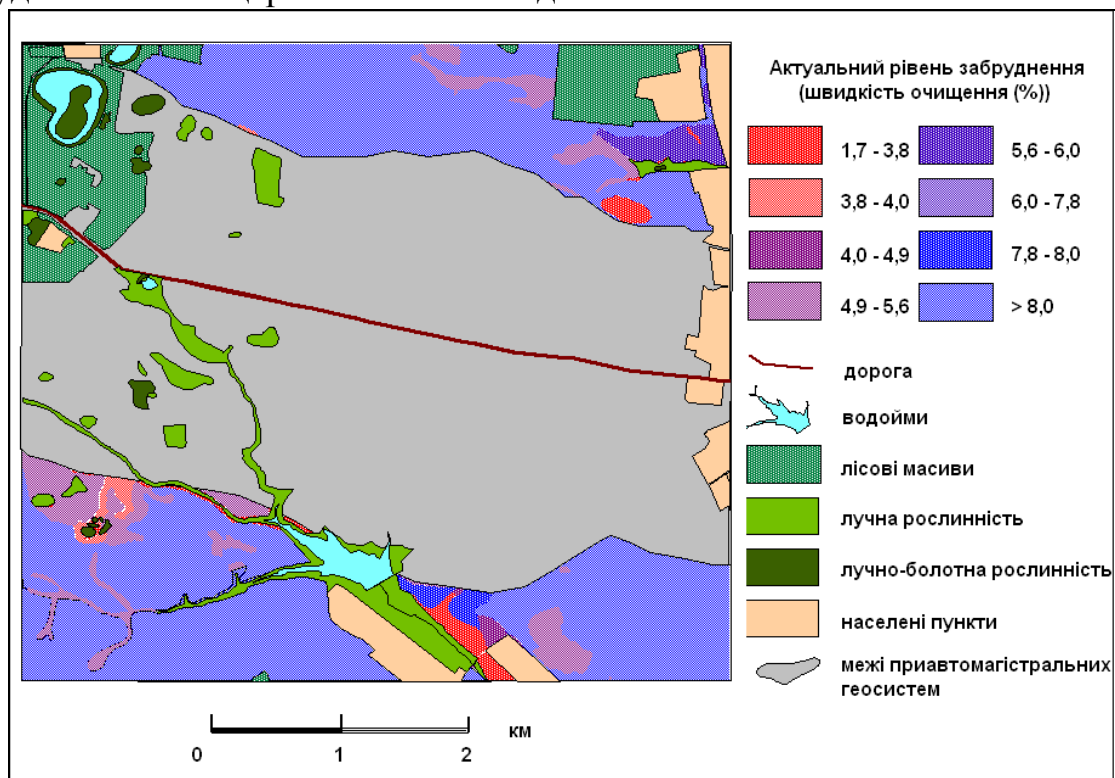


Рис. 4.15. Території, що зазнають впливу привавтомагістральних геосистем, за рахунок міграції сполук свинцю, як результат візуалізації відповідного запиту 2-го рівня до електронних БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка.

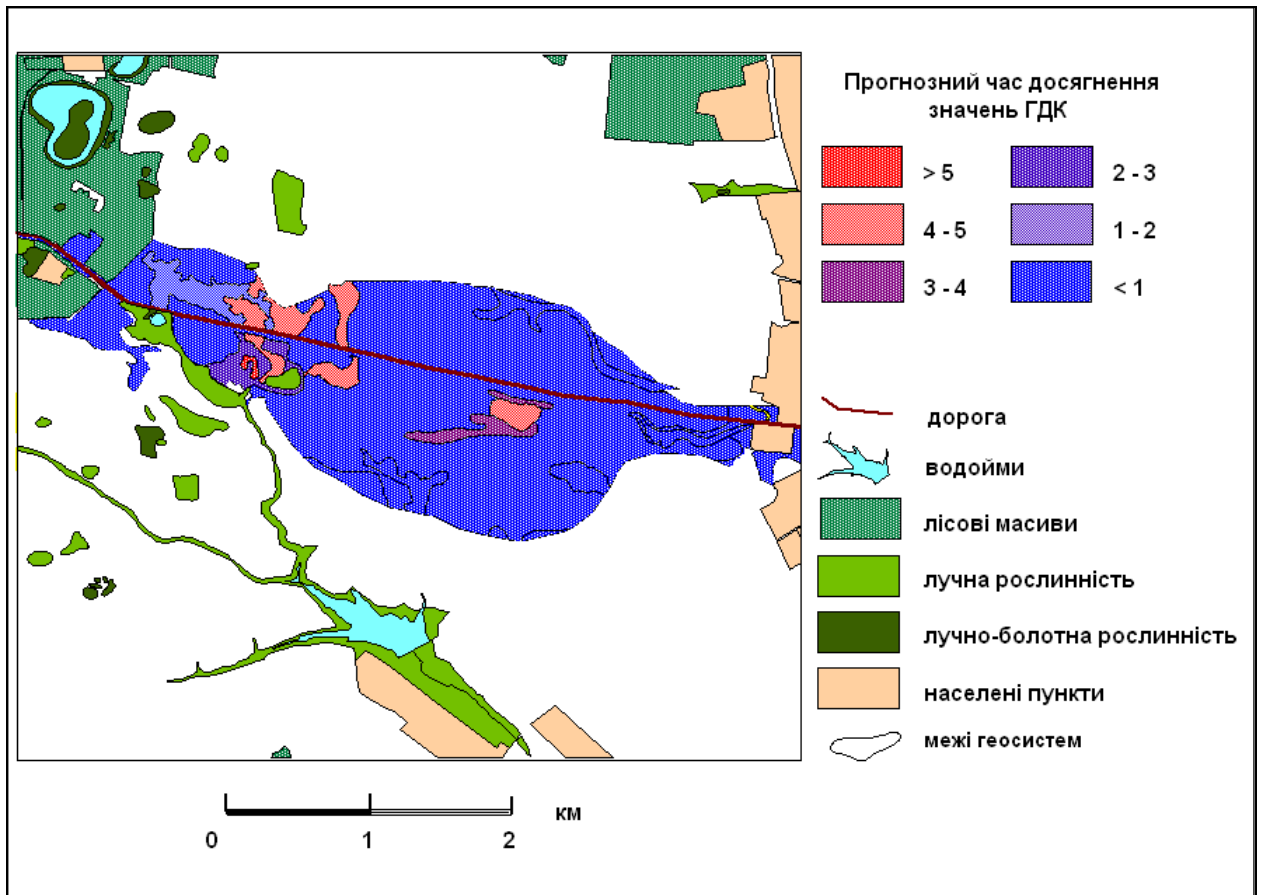


Рис. 4.16. Прогнозний термін досягнення рівня ГДК, на ділянках, що мають перевищення таких значень, за умови існуючого антропогенного тиску, як результат візуалізації відповідного до електронної БД «Актуальний рівень забруднення». Димерська тестова ділянка

#### Висновки до розділу 4

1. Апробація розробленої методики моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем важкими металами здійснено на прикладі визначення актуального рівня забруднення сполуками свинцю двох тестових ділянок через визначення розрахункових показників алгоритму (3.1) та відповідне їм виконання етапів геоінформаційного моделювання. Результатом реалізації методики стало створення та застосування електронних БД «Актуальний рівень забруднення».

2. При виконанні першого етапу моделювання, який полягає у створенні блоку БД «Надходження ВМ», визначено середньодобову кількість сполук свинцю, що потрапляє в повітря приавтомагістральних геосистем від

автотранспорту, яка складає 8,73 г на Білоцерківській та 4,67 г на Димерській ділянці і обумовлюється як інтенсивністю та характеристиками транспортного потоку, так і природними особливостями території. Розрахункові значення *Cont.h.m.a*, у межах тестових ділянок і сформували загальний рівень надходження свинцю від антропогенних джерел емісії – показник *Cont.h.m.*, який дозволив побудувати, за допомогою інструменту «Еол 2000» карту «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру».

3. Оверлейні операції з цифровими картами «Забруднення приземного шару атмосферного повітря сполуками свинцю при небезпечних швидкостях вітру» та «Ґрунти» дозволили побудувати карту «Забруднення поверхневого шару ґрунту», яка відображає концентрації сполук свинцю у 20-ти сантиметровому шар ґрунту. Отримані значення поля концентрацій на Білоцерківській та Димерській ділянках співпали з результатами лабораторних дослідження ґрунтів на вміст сполук свинцю, що підтвердило правильність модельних розрахунків. Це стало підставою для окреслення меж приавтомагістральних геосистем, як тих, що потрапляють в зону впливу автошляхів. Критерієм, за яким було встановлено межі, є концентрації сполук свинцю у ґрунтах, що визначають «помірний» рівень їх забруднення (коефіцієнт аномальності  $K_a > 3$ ).

4. Під час виконання другого етапу моделювання створено блок БД «Очищення геосистем». Зокрема визначено кількість сполук свинцю, що виноситься за межі геосистеми в процесі латеральної міграції, на основі створеної цифрової моделі рельєфу у вигляді нерегулярної триангуляційної мережі (TIN) за алгоритмом триангуляції Делоне. Оверлейні операції з цифровими картами «Забруднення поверхневого шару ґрунту», «Ґрунти», «Рослинний покрив», дозволили розрахувати кількість ґрунту (*Efw*) та сполук свинцю (*Ehm*), що потенційно можуть бути винесеними з ерозійними процесами, визначити напрямок переміщення речовини, побудувати граф «латеральної міграції між парцелами», розрахувати кількість сполук свинцю,

що переміщується між парцелями, виявити місця ймовірної акумуляції нерозчинних сполук свинцю, визначити кількість сполук свинцю, що переходить з ґрунту в рослини.

Таке покрокове визначення кількості сполук свинцю, що виносяться за межі геосистеми (або виводяться з речовинно-енергетичних потоків), дозволило отримати розрахункове значення показника *Cl.h.m.*, що характеризує очищення ґрунтів геосистем за основними міграційними сценаріями.

5. Отримані значення показників *Cont.h.m.*- «надходження» та *Cl.h.m.* – «очищення» дозволили визначити актуальний рівень забруднення приавтомагістральних геосистем та створити відповідний блок БД. Значення АРЗ дають змогу виявити геосистеми, які за своїми природними властивостями самоочищуються або, навпаки, забруднюються та швидкість загального процесу забруднення.

За допомогою вказаних показників засобами ГІС було: виявлено території, що не потрапляють в зону впливу автошляхів, проте зазнають забруднення сполуками свинцю «автотранспортного походження», через їх перерозподіл із приавтомагістральних геосистем; встановлено категорії стійкості приавтомагістральних геосистем, відповідно до можливостей самоочищення ґрунту від сполук свинцю; встановлено прогностичний термін, за який, при наявному рівні антропогенного навантаження геосистеми досягнуть бажаного рівня стану, який було задано як досягнення гранично допустимих концентрацій, в ґрунтах територій, де на сьогодні такий рівень перевищено.

5. Змодельований рівень АРЗ і, визначені показники стійкості та надійності приавтомагістральних геосистем тестових ділянок дозволяють встановлювати: оптимальний рівень антропогенного навантаження задля підтримання приавтомагістральних геосистем у стійкому стані, поточні та перспективні місця ведення безпечного рослинництва тощо.

## ВИСНОВКИ

У роботі розроблено методику геоінформаційного моделювання забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ за допомогою визначення актуального рівня забруднення. Положення методики було реалізовано на прикладі геосистем сільськогосподарського призначення двох ділянок. Головними висновками роботи є:

1. Дотримуючись сучасних понять про безпечне функціонування геосистем, що розташовані поблизу автошляхів та їх використання у господарській діяльності, оцінку стану та моделювання міграційних сценаріїв поведінки сполук важких металів доцільно проводити в межах приавтомагістральних геосистем, які розуміються як природно-технічні геосистеми, що знаходяться в зоні впливу дорожніх об'єктів I та II екологічних класів. За зону впливу автошляху слід приймати територію, де проявляються прямі чи непрямі зміни у компонентах довкілля, що виникають внаслідок будівництва чи експлуатації доріг. Межі приавтомагістральних геосистем визначаються за «помірним» рівнем забруднення ґрунтів. Об'єктивно обумовлена поєднанням природних і техногенних чинників складність визначення рівня забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних територій, потребує особливого використання геоінформаційно-модельних технологій підтримки і супроводу такого визначення, зокрема при оцінці просторових параметрів і швидкості формування поля забруднення. Актуальний рівень забруднення (АРЗ), який відбиває розрахунковий баланс ВМ у ґрунтах приавтомагістральних геосистем протягом визначеного проміжку часу, віддзеркалює зміну величини забруднення, тобто швидкість процесу забруднення, в умовах існуючого антропогенного тиску. АРЗ визначається як різниця між обсягами ВМ, привнесеними в ґрунти геосистем і винесеними з ґрунту за її межі і/або виведені з міграційних потоків, за основними міграційними сценаріями. Визначений актуальний рівень забруднення дозволяє встановити

термін, за який відбудеться зміна параметрів тієї чи іншої геосистеми, і відповідно, за яких вона, зберігатиме свою стійкість та надійність.

2. Запропонована алгоритмічна схема геоінформаційного моделювання актуального рівня забруднення важкими металами приавтомагістральних геосистем ґрунтується на використанні математичних та математично-картографічних моделей, які дозволяють реалізувати підходи до просторового аналізу засобами ГІС процесу забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками ВМ. Алгоритм зводиться до послідовного кількісного оцінювання та картографічного відображення трьох модельних показників, а саме: 1) показника *Cont.h.m.*, який відбиває кількість ВМ, привнесених від основних джерел емісії в ґрунти геосистем; 2) показника *Cl.h.m.*, який відображає кількість ВМ, винесених з ґрунту за межі геосистеми та/або виведених з міграційних потоків, за основними міграційними сценаріями; 3) показника *Poll.h.m.* власне актуального рівня забруднення ґрунтів приавтомагістральних геосистем, як різницю значень перших двох показників.

3. Для розрахунку кількості сполук ВМ, що надходять у межі геосистем від основних джерел емісії, в процесі моделювання запропоновано низку показників, що є чітко визначеними за змістом, добре зіставними та зручними для картографічного втілення засобами ГІС.

4. У процесі моделювання з урахуванням сили антропогенного навантаження та властивостей геосистем розроблено їх класифікацію за умовами, що визначають актуальний рівень їх забруднення та стійкість до забруднення сполуками ВМ.

5. Поетапне втілення положень запропонованої методики полягає у створенні і послідовному застосуванні електронної бази даних реляційного типу «Актуальний рівень забруднення», що складається із взаємопоєднаних блоків «Надходження ВМ», «Очищення геосистем», «АРЗ». Субблоки 1 та 2 блоків БД є адекватними змісту запитів 2-го рівня по характеристикам окремих джерел забруднення та механізмів очищення ґрунтів



приавтомагістральних геосистем. Запити 3-го рівня у складі зазначених субблоків фактично являють собою відображення просторових і непросторових атрибутів цифрових карт окремих факторів формування актуального рівня забруднення.

6. Перевірка розробленої методики виконувались на двох тестових ділянках через послідовне визначення розрахункових показників загального алгоритму та відповідне їм виконання етапів геоінформаційного моделювання забруднення сполуками ВМ (на прикладі сполук Pb) приавтомагістральних геосистем. Репрезентативність тестових ділянок для геоінформаційного моделювання зумовлюється різноманіттям геохімічних умов міграції ВМ, типовістю ландшафтної структури і характеру природокористування. Результати аналізу дослідних ділянок та основних джерел емісії сполук ВМ природного та антропогенного походження складають вихідний інформаційний базис щодо умов формування первинного поля забруднення сполуками свинцю. Він є основою для створення електронних баз даних для тестування розробленої нами методики геоінформаційного моделювання забруднення сполуками ВМ приавтомагістральних геосистем.

7. При виконанні першого етапу моделювання, створенні блоку БД «Надходження ВМ», було визначено кількість сполук свинцю, що потрапляє в межі приавтомагістральних геосистем. Значення розрахункового показника *Cont.h.m.*, що характеризує надходження поллютантів задовільно співпали з результатами лабораторних дослідженнях ґрунтів на вміст сполук свинцю. Це стало підставою для окреслення меж приавтомагістральних геосистем, як тих, що потрапляють в зону впливу автошляхів.

Під час виконання другого етапу моделювання - створення блоку БД «Очищення геосистем», було визначено: кількість сполук свинцю, що надходить від спряжених геосистем, кількість сполук свинцю, що виноситься за межі геосистеми в процесі латеральної та біогеохімічної міграції, а також інтенсивність проходження радіальної міграції розчинних форм свинцю,

тобто було отримано розрахункове значення показника *Cl.h.m.*, що характеризує очищення ґрунтів геосистем за основними міграційними сценаріями.

На третьому етапі моделювання визначено власне актуальний рівень забруднення приавтомагістральних геосистем та створено відповідний блок БД. Значення АРЗ дозволили виявити геосистеми, які за своїми природними властивостями, самоочищуються або, навпаки, забруднюються, при існуючому рівні антропогенного навантаження.

8. За допомогою вказаних показників засобами ГІС було: виявлено території, що не потрапляють в зону впливу автошляхів, проте зазнають забруднення сполуками свинцю «автотранспортного походження», через їх перерозподіл із приавтомагістральних геосистем; встановлено категорії стійкості приавтомагістральних геосистем відповідно до можливостей самоочищення ґрунту від сполук свинцю; проведено моделювання часової динаміки забруднення сполуками свинцю ґрунтів приавтомагістральних геосистем, зокрема встановлено прогностичний термін, за який геосистеми досягнуть бажаного рівня стану.

9. Змодельований рівень АРЗ і, визначені показники стійкості та надійності приавтомагістральних геосистем тестових ділянок дозволяють встановлювати: оптимальний рівень антропогенного навантаження задля підтримання приавтомагістральних геосистем у стійкому стані, поточні та перспективні місця ведення безпечного рослинництва тощо.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Авесаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов / И.А. Авесаломова - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 103 с.
2. Аكوпова Г.С. Перспективы замены дизельного топлива природным газом на транспорте / Г.С.Акопова [и др.] // Вести газовой науки. – 2013. -№2 (13). - С 56-62
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко.- М.: Логос, 2000.- 628 с.
4. Андрианов Д. Е. Модели, методы и алгоритмы обработки и анализа разнородных данных пространственно-распределенных объектов в геоинформационных системах: Автореф. дис... докт. тех. наук: 05.13.01 / Д. Е.Андрианов.- Курск, 2008. – 40с.
5. Андрусишина І.М. Еколого-гігієнічна оцінка навантаження важкими металами довкілля міста Києва в системі сніг – вода - ґрунт / І.М. Андрусишина, І.О. Голуб, О.Г. Лампека // Екологічна безпека та природокористування. - 2015.- № 2 (18). - С.59-65
6. Байдина Н.Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно-загрязненной почве / Н.Л. Байдина // Почвоведение. — 1994. — № 4. - С. 121-126.
7. Бакай І.Д. Ефективність застосування біостимуляторів та мікродобрив на посівах ярої пшениці у північному Лісостепу України / І.Д. Бакай, М.Г.Василенко, О.В.Тогачинська // Захист і карантин рослин. - 2012. - Вип 58. - С.17-27
8. Балюк С. А. Оцінка забруднення зрошувальної води і ґрунтів важкими металами / С. А. Балюк, В. Я. Ладних, Л. І. Мошник // Вісник аграрної науки. – 2003. – №1. – С. 65 – 68
9. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови: ДСТУ 4839:2007. – [Чинний від 2015-05-28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 13 с.- (Національний стандарт України)

- 10.Блакберн А.А. О методах расчета баланса тяжелых металлов на водосборной площади / А.А.Блакберн // География и природные ресурсы. — 2001. - №1. — С 125-128.
- 11.Блюм О.Б. Біохімічна ліхеноіндикація важких металів у приземному шарі повітря міських ландшафтів / О.Б.Блюм, Ю.Г. Тютюнник, В.М. Пащенко // Український ботанічний журнал. — 1988. — Т. 45 (№3). - С. 66-71.
- 12.Богданова М.Д. Картографирование условий латеральной миграции химических элементов / М.Д. Богданова // Вестник Московского университета.- 2008. – № 1.- С. 19-25
- 13.Борисюк Б.В. Особливості накопичення рослинами кадмію та свинцю залежно від норм добрив / Б.В.Борисюк [та ін. ] // Агропромислове виробництво Полісся. - 2012. – Вип. 5. – С.9 -13
- 14.Буднік С.В. Особливості моделювання гідрохімічних процесів у воді силових водотоків / С.В.Буднік, В.К. Хільчевський // Вісник Київського національного університету. Серія: Географія. – 2002. – Вип. 48. – С. 32–34.
- 15.Бутовский Р.О. Действие выбросов автотранспорта на энтомофауну: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р.О.Бутовский. - М., 1987. — 23 с.
- 16.Буц Ю.В. Динаміка забруднення важкими металами вододільних ландшафтів малих річок лісостепу Сумщини: Автореф. дис ... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Ю.В. Буц. – Х., 2001. - 20 с.
- 17.Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / Виноградов А.П. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
- 18.Волошин І. Закономірності розподілу хімічних елементів у ґрунтово-рослинному покриві приміагістральних смуг Волинської області / І. Волошин, Л. Матвійчук // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2007. – Вип. 34. - С. 31-36

19. Волошин І.М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І.М.Волошин. - Львів: Ліга прес, 1998.-355 с.
20. Волошин І.М. Особливості геохімічного забруднення приавтомагістральних смуг Волині: Монографія / І.М.Волошин, Л.Ю.Матвійчук, М.І.Лепкий. - Луцьк: ВМА «Терен», 2009.-244 с.
21. Волошин І. Теоретичні засади ландшафтних еколого-геохімічних досліджень / І.Волошин // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 31. - С. 72–78
22. Воробьева, Л.Б. Физико-химические процессы в техносфере: учеб. пособ. / Л.Б. Воробьева, С.А. Степанова.- Новосибирск: СГГА, 2006. - 74 с.
23. Габа М. Еколого-географічні аспекти розвитку автотранспорту України / М. Габа, О. Перхач // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2009. – Вип. 36. - С. 67–72
24. Галаган О.О. Визначення ступеня забруднення приавтомагістральних геосистем сполуками важких металів за допомогою математично-картографічного моделювання / О.О. Галаган // Фізична географія та геоморфологія. – 2015.- № 4 (80), ч.1. - С.121-125
25. Галаган О.О. Використання ГІС при моделюванні первинного поля забруднення важкими металами приавтомагістральних територій / О.О. Галаган // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2014. – Вип. 48. – С.75-79
26. Галаган А.А. Геоинформационное моделирование загрязнения приземного слоя атмосферы тяжелыми металлами в приавтомагистральных геосистемах / А.А.Галаган, Н.П. Корогода // Комплексные проблемы техносферной безопасности: Междунар. науч. – практ. конф., 12 нояб. 2014г.: матер. конф., ч. IV. - Воронеж, 2014. – С.127-131
27. Галаган О.О. Комплексна оцінка перерозподілу важких металів у приавтомагістральних агроландшафтах / О.О. Галаган // Соціально-

- екологічні проблеми переходу до сталого розвитку: реалії та перспективи XXI століття: Міжнар. наук. - практ. конф., 24-27 вер. 2013 р.: тези доп. – Київ – Ялта, 2013. – С. 33-35
28. Галаган О.О. Ландшафтно-геохімічні дослідження міграції важких металів у лісостепових ландшафтних комплексах України / О.О.Галаган // Український географічний журнал. – 1993. - №2.- С.32-35
29. Галаган О.О. Міграція важких металів-забруднювачів в агроландшафтних системах / О.О. Галаган // Еколого-економічні проблеми розвитку агропромислового виробництва в Україні в умовах формування ринкових відносин: Респ. наук. – практ. конф. 28-29 вер. 1993р.: тези доп., ч.ІІ. – Мелітополь, 1993. - С.153-154
30. Галаган О.О. Моделювання розподілу важких металів у приавтомагістральних геосистемах / О.О. Галаган // Фізична географія та геоморфологія. – 2013. - № 2 (70). - С.28-33
31. Галаган О. Моделювання формування первинного поля забруднення важкими металами приавтомагістральних територій / О.Галаган // Ландшафтознавство: стан, проблеми, перспективи: Міжнар. наук. конф., 24-27 вер. 2014 р.: матер. конф. - Львів-Ворохта, 2014. - С. 6 – 7
32. Галаган О.О. Оцінка хімічного забруднення та токсичності водних об'єктів м. Києва / О.О. Галаган, С.В.Гайдай, Р.О. Маленков // Фізична географія та геоморфологія. – 2011.- № 2 (63). - С.114-118
33. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР: учеб. пособ. для студ. геогр. спец. вузов / М.А. Глазовская. - М.: Высшая школа, 1988.-328 с.
34. Голубцов О.Г. Місцеві особливості формування первинного поля забруднення (на прикладі ландшафтів Димерського модельного полігону) / О.Г.Голубцов, О.О.Галаган // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія .– 2008. - Вип.17. - С.5 – 9

35. Граничнодопустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті: ДСанПіН 2.2.7.029-99. - [Чинні від 01.07.1999 ]. – К.: 1999.- (Державні санітарні правила та норми)
36. Гриневецький В.Т. Стационарні ландшафтознавчі дослідження передумов міграції хімічних речовин / В.Т. Гриневецький, О.М. Маринич, Л.М. Шевченко // Український географічний журнал. - 1998.- №4. - С. 23-26
37. Гриневецький В.Т. Стационарні геофізичні та геохімічні дослідження ландшафтів Київського Полісся / В.Т. Гриневецький, О.М. Маринич, Л.М. Шевченко. - К.: Наук. думка, 1994.-108 с.
38. Гришина Е.П. Основы химии окружающей среды: учеб. пособ. / Е.П. Гришина. - Владимир: ВЛГУ, 2011. - 50 с.
39. Гродзинський М.Д. Основы ландшафтної екології: Підручник / М. Д. Гродзинський — К.: Либідь, 1993.— 224 с.
40. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір. Монографія. У 2-х томах / М.Д.Гродзинський – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2005. - 1 том - 431 с.
41. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / М. Д. Гродзинський — К.: Ліцей, 1995. — 233 с.
42. Ґрунтово-геохімічне обстеження урбанізованих територій. Методичні рекомендації / [укладачі: Балюк С.А. [та ін.]. - Х.: ННЦ «ІГА ім. О.М. Соколовського» УААН, 2004.- 220 с.
43. Гуцуляк В.М. Геохімія ландшафту: навч. посібник / В.М.Гуцуляк. - Чернівці: Рута, 2004.- 83 с.
44. Гуцуляк В.М. Еколого-геохімічний аналіз природно-антропогенних ландшафтів (на прикладі Чернівецької області та півночі Молдови): Автореф. дис... докт. геог. наук / В.М Гуцуляк.- Київ, 1994. -36 с.
45. Гуцуляк В. М. Ландшафтно-геохімічна екологія: навч. посібн. / В. М. Гуцуляк. - Чернівці: Наші книги, 2009. - 312с.

46. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія: Геохімічний аспект: навч. посібн./ В.М. Гуцуляк. - Чернівці: Рута, 2002.-272 с.
47. Гуцуляк В. Становлення і розвиток ландшафтно-геохімічної екології / В.Гуцуляк, В. Присакар // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Географія .- 2004. -№2, ч.1. –С39-43
48. Давидчук В.С. Геоінформаційні технології у ландшафтному картографуванні / В.С. Давидчук, Л.Ю. Сорокіна, В.В. Родіна та ін. // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – Вип.47. – С.24 -30.
49. Давидчук В. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій / В. Давидчук, Л. Сорокіна, В. Родіна // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 31. - С. 263–270
50. Даценко Л.М. Картографічне моделювання на базі ГІС-технологій в екологічних дослідженнях ґрунтів: Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.12 / Л.М. Даценко. — К., 2000. — 20 с.
51. Денисик Г. І. Дорожні ландшафти Поділля: Монографія / Г. І. Денисик, О. М. Вальчук. — Вінниця: ПП Видавництво «Теза», 2005. — 178 с.
52. Добровольський В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В.В. Добровольський // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
53. Довбиш Л.Л. Розподіл важких металів в дерново-підзолистих ґрунтах агроландшафтів Полісся / Л.Л.Довбиш, Г.І. Васенков // Вісник ДААУ.- 1998. - №2. С.116-119.
54. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / під ред. Е. Я.Жовинського, І. В. Кураєвої. – Київ : Альфа-реклама, 2012. – 156 с.
55. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и техногенно-измененных геосистемах / П. В. Елпатьевский. – М.: Наука, 1994. – 253 с.



56. Еол 2000. Програмний комплекс / Copyright © 1997- 2015 ТОВ «Софт фонд»
57. Жовинский Э.Я. Определение миграционных форм микроэлементов в почвенных растворах методом математического моделирования / Э.Я.Жовинский, И.В.Кураева, Л.Н.Горев [и др.] // Мінералогічний журнал. — 1995. — № 6. — С. 62-67.
58. Жуков В.Т. Математико-картографическое моделирование в географии / В.Т.Жуков, С.Н.Сербенюк, В.С.Тикунов. - М.: Мысль, 1980. - 224 с.
59. Засульська Т.М. Ґрунти Київської області / Т.М.Засульська, І.Г.Захарченко. -К.:Урожай, 1969. – 60 с.
60. Зырин Н.Г. Система полевых и лабораторных исследований при контроле загрязнения почв тяжелыми металлами предприятиями цветной металлургии / Н.Г. Зырин, В.С.Горбатов, А.И.Обухов [и др.] // Тяжелые металлы в окружающей среде; под ред. В.В.Добровольского. - М.: изд-во Московского университета, 1980. – С. 13-20
61. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва - растения» / В.Б.Ильин. - Новосибирск: Наука, 1991. - 151 с.
62. Іщук О.О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : навч. посібн. / О. О. Іщук, М. М. Коржнев, О. Є. Кошляков; за ред. Д. М. Гродзинського. - К.: Київ. ун-т, 2003. - 196 с.
63. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А.Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Мир, 1989.- 439 с.
64. Карта ландшафтно-геохімічних бар'єрів 30-ти кілометрової зони впливу Рівненської АЕС в електронній формі (базовий масштаб 1:25000) / Малишева Л.Л., Галаган О.О., Носон А.В., Гайдай С.В., Година О.О., Сорокіна Л.Ю., Грачов А.П., Карбовська С.В., Шмурак А.Л. - №5951, від 22.07.2002 р.; опубл. 2002, Офіц. бюл. № 2. – С. 78
65. Картосхема агрохімічних показників ґрунтів. М 1:10 000. – К.: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2014.

- 66.Ковальчук І.П. Геопросторове моделювання потенціалу розвитку деградаційних процесів на орних землях / І.П.Ковальчук, Т.О. Євсюков, О.С.Мкртчян // Землеустрій і кадастр. – 2009. - №4.-С.72 -82
- 67.Костріков С.В. Атрибутивні дані для ГІС і визначення морфолого-морфометричних атрибутів флювіального рельєфу/ С.В. Костріков // Геоінформатика. – 2004. – № 4. – С. 70-77.
- 68.Костріков С.В. Гідролого-геоморфологічний підхід до дослідження водозбірної організації флювіального рельєфу / С.В. Костріков // Український географічний журнал. - 2006.- №3. - С.46-54
- 69.Кураєва І.В. Розподіл важких металів у ґрунтах Південнополіських ландшафтів Києва та приміської зони / І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Л.Ю. Сорокіна [та ін. ] // Мінералогічний журнал. - 2010. - № 1. - С. 77 -90.
- 70.Кураєва И.В. Формы нахождения тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах под влиянием предприятий черной металлургии (на примере г.Алчевска) / И.В. Кураева // Збірник наукових праць інституту геохімії навколишнього середовища. - 2014. - Вип.23. - С.105-109.
- 71.Ландшафтознавча концепція виявлення, аналізу й оцінки екоситуації в Україні. Звіт про науково-дослідну роботу. – К., 1994.- 203 с.
- 72.Ландшафтно-геохімічна карта 30-ти кілометрової зони впливу Рівненської АЕС в електронній формі (базовий масштаб 1:25000) / Малишева Л.Л., Галаган О.О., Носон А.В., Гайдай С.В., Година О.О., Сорокіна Л.Ю., Грачов А.П., Карбовська С.В., Шмурак А.Л. - №5951, від 22.07.2002 р.; опубл. 2002, Офіц. бюл. № 2. – С. 78
- 73.Малишева Л.Л. Геохімія ландшафтів: навч. посібн. / Л.Л.Малишева. - К.: Либідь, 2000.- 472 с.
- 74.Малишева Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану територій: Монографія / Л.Л. Малишева - К.: РВЦ "Київський університет", 1997 - 264 с.

75. Малишева Л.Л. Ландшафтно-екологічні дослідження у 30-ти кілометровій зоні Рівненської АЕС: основні результати, досвід використання ГІС / Л.Л. Малишева, Л. Ю. Сорокіна, С.В. Гайдай, О.О.Галаган, О.О.Година, С.О.Дем'яненко, О.П.Євтушенко, Р.О.Маленков, А.В.Носон // Український географічний журнал. - 2003.- №1. - С.21-32
76. Маринич А.М. Конструктивно-географіческие основы рационального природопользования в Украинской ССР: Киевское Приднепровье / А.М.Маринич, М.М. Паламарчук, В.Т. Гриневецкий и др.- Київ: Наукова думка, 1988.-176 с.
77. Маринич О.М. Фізична географія України : Підручник / О.М.Маринич, П.Г.Шищенко .- К.: Знання, 2006.-511с.
78. Матвійчук Л.Ю. Особливості забруднення важкими металами приавтомагістральних територій Волинської області: Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.01 / Л.Ю. Матвійчук . — Л., 2008. — 22 с.
79. Маттайс М. Модель вертикального пасивного масопереносу в почве автономного геохимического ландшафта: Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.11 / М.Маттайс. – Х.,1990- 20 с.
80. Мельник І.В. Еколого-геохімічна оцінка забруднення території Київської області з застосуванням ГІС: Автореф. дис ... канд. геол. наук / І.В.Мельник – К., 1996. - 20 с.
81. Методика виявлення, оцінки та ранжування потенційних екологічно небезпечних місць автомобільної дороги: М 218-02071168-416:2005.- Київ: Вид. Укравтодор Мінтрансу України , 2005.- 57 с.
82. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування: М 03450778-700:2012.- Київ: Вид. Укравтодор Мінтрансу України, 2012.- 63 с

- 83.Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД – 86). – Л.: Гидрометеозд, 1987. – 93 с.
- 84.Мильков Ф.Н. Антропогенная география и антропогенное ландшафтоведение, их место в системе географических наук / Ф.Н. Мильков // Науч. зап. Воронеж.отд. Геогр.об-ва СССР.- 1972. – С.4-12
- 85.Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии / В.Г.Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1988.- 284 с.
- 86.Минкина Т. М. Накопление тяжелых металлов в системе почва – растение в условиях загрязнения / Т. М. Минкина [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. - № 4. – С 4-12.
- 87.Мкртчян О.С. Геоінформаційне моделювання перерозподілу вологи на схилах та його впливу на екологічні умови / О.С.Мкртчян // Науковий вісник Волинського державного університету .- 2006. - №2. - С.58-63
- 88.Мкртчян О. Геоінформаційне моделювання процесу схилової ерозії / О. Мкртчян // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 30. – С.188-193
- 89.Мкртчян О. Моделювання розподілу ландшафтно-екологічних характеристик з використанням топографічних індексів / О. Мкртчян // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2006. – Вип.33. - С. 261–267
- 90.Надточій П.П.Екологія ґрунту та його забруднення / П.П.Надточій, Ф.В.Вольвач, В.Г. Гермашенко. – Київ: «Аграрна наука», 1998.-286 с.
- 91.Назаренко І.І. Ґрунтознавство: Підручник / І.І.Назаренко, С.М.Польчина, В.А. Нікорич. - Чернівці: Книги – ХХІ, 2004.- 400с.
- 92.Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – 350 с.
- 93.Некос А.Н. Акумулятивні властивості рослин як фактор формування екологічної безпеки рослинної харчової продукції (на прикладі

- Харківського регіону) / А.Н. Некос // Людина та довкілля. Проблеми геоecології. - 2012 . - №1-2. - С.100-107
94. Паспорт якості бензину [електронний ресурс].- режим доступу: <http://b-set.com.ua/> – Назва з екрану.
95. Паращенко І.В. Екотоксикологічна оцінка ебезпечності свинцю в компонентах агроecосистеми: Автореф. дис.. канд. с/г наук / І.В.Паращенко. – К., 2009. – 20 с.
96. Перельман А.И. Геохимия ландшафта: учеб. пособ. издание 3-е, переработанное и дополненное / А.И.Перельман, Н.С.Касимов.- М.: Астрей, 2000. - 768 с.
97. Петрина Н.В. Аналіз техногенних факторів формування первинного поля забруднення в межах Київської області / Н.В.Петрина // Вісник Київського національного університету. Серія: Географія. – 1999. – Вип. 44. – С. 9–12.
98. Петрина Н.В. Ландшафтно-геохімічне картографування: зміст та основні напрямки / Н.В.Петрина // Вісник Київського національного університету. Серія: Географія. – 1999. – Вип. 44. – С. 12–14.
99. Підсумки роботи транспорту Київської області за 2015 рік [електронний ресурс] / Київська обласна Державна адміністрація . - режимдоступу:[http://koda.gov.ua/news/article/pidsumki\\_roboti\\_transportu\\_kijivskoj\\_i\\_oblasti\\_za\\_2015\\_rik](http://koda.gov.ua/news/article/pidsumki_roboti_transportu_kijivskoj_i_oblasti_za_2015_rik). - Назва з екрану
100. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак [та ін.]; за ред. І. Д. Примака. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 456 с.
101. Природа Київської області / за ред. О.М.Маринича. – К.: Вид-во Київського ун-ту, 1972.-235 с.
102. Природа України [електронний ресурс].- режим доступу: <http://nature.land.kiev.ua/> – Назва з екрану.
103. Приходько М. М. Конструктивно-географічні засади системи управління екологічною безпекою природних і антропогенних

- геосистем / М.М. Приходько // Український географічний журнал. — 2011. — № 1. — С. 56–62.
104. Про затвердження норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті: Наказ Міністерства транспорту від 10.02.98 N 43 / Закон України інформаційно-правовий портал [електронний ресурс] - режим доступу: <http://www.uazakon.com/big/text693/pg1.htm> . - Назва з екрану
105. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Київській області у 2009 році [електронний ресурс]/ Департамент екології та природних ресурсів Київської обласної державної адміністрації. - режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/344-rehionalni-dopovidi-pro-stand-navkolyshnoho-pryrodnoho-seredovyshcha-u-2009-rotsi>. - Назва з екрану
106. Руководство по инвентаризации выбросов ЕМЕП / ЕАОС 2009, редакция июнь 2010 г. Европейское агентство по окружающей среде ЕАОС - 129с. [Электронный ресурс]. - режим доступу: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep> – Назва з екрану.
107. Рыжиков В.А. Эколого-геохимическая оценка автотранспортных ландшафтно-функциональных комплексов (на примере г. Минска): Автореф. дис... канд. геогр. наук / В.А. Рыжиков. – Минск, 2010- 20 с.
108. Савицька О.В. Просторовий розподіл важких металів у геосистемах міських лісопарків (на прикладі Голосіївського лісу) / О.В. Савицька // Вісник Київського національного університету. Серія: Географія. – 2000. – Вип. 46. – С. 16–19.
109. Саєт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е.Саєт, Б.А.Равич, Е.П. Янин [и др.]. – Москва, «Недра», 1990. - 335 с.

110. Самойленко В.М. Математичне моделювання в геоекології: Навч. посібн. / В.М.Самойленко– К.: ВПЦ «Київський університет», 2003. – 233 с.
111. Самонова О.А. Распределение металлов по гранулометрическим фракциям почв в юго-восточной части Смоленско-Московской возвышенности /О.А. Самонова, Е.Н.Асеева // Вестник Московского университета.- 2008. – № 3.- С. 40-47
112. Самчук А.І. Важкі метали у ґрунтах Українського полісся та Київського мегаполісу / А.І. Самчук, І.В.Кураєва, О.С. Єгоров [та ін.]– Київ: Наукова думка, 2006. - 60 с.
113. Самчук А.И. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах Киевского Полесья / А.И.Самчук, Б.Ф.Мицкевич, Ю.Я. Сущик [и др.]// Геологічний журнал. - 1993. - № 1. - С. 81-86.
114. Самчук А.І. Просторово-часові особливості розподілу важких металів у антропогенізованих поліських ландшафтах / А.І. Самчук, О.Г. Голубцов, О.О.Галаган // Український географічний журнал. - 2009. - №1. - С.19-24
115. Самчук А.И. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах / А.И. Самчук, Т.Н.Бондаренко, В.В.Долин // Мінералогічний журнал. - 1998. - 20, № 2. - С. 48-59.
116. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты: монография / А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швобс. - Сумы: Унив. кн., 2004. - 410 с.
117. Світличний О.О. Кількісна оцінка характеристик схилового ерозійного процесу і питання оптимізації використання ерозійно-небезпечних земель: Автореф. дис ... докт. геогр наук / О.О.Світличний - Одеса, 1995. - 47 с.

118. Світличний О.О. Основи геоінформатики: Навч. посібник / О.О.Світличний, С.В. Плотницький; за заг. ред. О.О. Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с.
119. Сердюк С. М. Екологічна оцінка забруднений важкими металами урбанізованих територій Дніпропетровсько-Дніпродзержинської агломерації: Автореф. дис ... канд. біол. наук: 03.00.16./ С. М. Сердюк. - Дніпропетровськ, 2004. – 20 с.
120. Скопецька О. В. Еколого-фізіологічна оцінка свинцевого навантаження в системі “грунт–рослина” та прогнозування ступеня забруднення агроценозів: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / О.В. Скопецька. – К., 2001. - 20 с.
121. Скрыбина О.А. Полевая учебная практика по картографии почв / О.А.Скрыбина. – Пермь. – ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013.- 94 с.
122. Солуха Б.В. Міська екологія: навч. посіб. / Б.В.Солуха, Г.Б.Фукс. – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.
123. Сорокіна Л.Ю. Геопросторовий аналіз антропогенних змін ландшафтно-геохімічних умов території (теоретичний аспект) / Л.Ю. Сорокіна, І.В. Рога // Український географічний журнал — 2011. - № 1.- С.38-43
124. Сорокіна Л.Ю. Принципи моделювання природно-антропогенних процесів у ландшафтах зон впливу техногенних об'єктів / Сорокіна Л.Ю. // Український географічний журнал — 2008. - № 1. - С. 36-40.
125. Споруди транспорту Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007 [Чинні від 2007-07-01].- К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 87 с. (Державні будівельні норми України)
126. Сысуев В.В. Моделирование процессов в ландшафтно-геохимических системах / В.В.Сысуев - М.: Наука, 1986. - 301с.
127. Тикунов В.С. Моделирование в географии / В.С.Тикунов. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 405 с.



128. Трускавецький Р.С. Концепція стійкості ґрунтів і ґрунтового покриву щодо зовнішніх навантажень / Р.С.Трускавецький // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 1998. – Вип. 23. С. 23–29.
129. Топографічна карта місцевості. М 1:10 000. – К.: 1996.
130. Тютюнник Ю.Г. Атмосферное загрязнение мышьяком и тяжелыми металлами Украинских Карпат и предгорных территорий / Ю.Г.Тютюнник, О.Б.Блюм, А.В.Шабатура // География и природные ресурсы.- 2005. - №1.- С.138-146
131. Тютюнник Ю.Г. Промышленный ландшафт // География и природные ресурсы. - 1991.- №2. – С.135-141
132. Український гідрометеорологічний центр. Офіційний інформаційний сервер [електронний ресурс].- режим доступу: [http://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/37/6/](http://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/37/6/) – Назва з екрану.
133. Филатов Н.Н. Географические информационные системы. Применение ГИС при изучении окружающей среды / Н.Н. Филатов. - Петрозаводск: Изд-во КГПУ, 1997. - 104 с.
134. Хріпко О. Флювіальні ландшафти: яку інформацію вони містять?/ О.Хріпко, О.Ковальов // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 31. -С. 223–229
135. Черваньов І.Г. Гідролого-геоморфологічний процес на водозборі: алгоритми структурно-цифрового моделювання / І.Г. Черваньов, С.В. Костріков // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2009. - Т.5.- Вип. 1 . – С.52-63
136. Швєбс Г.І. Геоморфологічні умови поверхневого змиву ґрунту / Г.І. Швєбс, 0.0. Світличний // Український географічний журнал. - 2001.- №4. - С.36-48

137. Шевченко В.О. Інформаційні ресурси еколого-географічного картографування / В.О. Шевченко, Е.Л. Бондаренко // Вісник геодезії та картографії. – 2003. - №3 (30).- С.20-26
138. Шищенко П.Г. Использование ГИС для анализа природных условий зон влияния техногенных объектов (на примере Хмельницкой АЭС) / П.Г.Шищенко, Л.Л. Малишева, Л.Ю. Сорокина, А.Л. Шмурак, А.П. Грачев, А.В. Носон, А.А.Галаган, С.В.Гайдай // Матеріали ГІС-форуму-2000. – 2000.– С.52-56
139. Шищенко П.Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. Монография / П.Г. Шищенко – К.: Фитосоциоцентр, 1999. – 284 с.
140. Шкляр Н.В. Забруднення свинцем ґрунту приміагістральних територій та показники загальної захворюваності дитячого населення м. Дніпропетровська / Н.В.Шкляр // Геоекологічні дослідження екосистем України. - Київ: Манускрипт, 1996.- С.67-68
141. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н.С.Касимова.- М.: Изд-во МГУ, 1995.- 336 с.
142. Amouei A. I. Heavy Metal Concentrations in Industrial, Agricultural, and Highway Soils in Northern Iran / A. I. Amouei, Z. Yousefi, A. H. Mahvi // Environmental Justice.- 2012.- №5.- P.153-157
143. Czarnowska K. Heavy metals in some soils of the central and northern parts of Poland / K.Czarnowska, B.Gworek // Roczniki Gleboznawcze. – 1987. - № 3 .- P. 41.
144. Czarnowska K. The Content of Heavy Metals in an Indicator Plant (Taraxacum Officinale) in Warsaw / K. Czarnowska, A. Milewska // Polish Journal of Environmental Studies. – 2000. - Vol. 9. – P. 125-128
145. Duong T. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics // T. Duong, B-K Lee // Journal of Environmental Management. - 2011. – Vol.92. – P. 554–562

146. Facchinelli A. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils /A. Facchinelli, E. Sacchi, L. Mallen // Environmental Pollution. - 2001. – Vol.114. – P. 313–324
147. Falahi-Ardakani A. Contamination of environment with heavy metals emitted from automotives /A. Falahi-Ardakani // Ecotoxicology and Environmental Safety.- 1984.- Vol. 8.- P. 152-161
148. Galagan A.A. Heavy metal contents in roadside fores-steppe landscapes of Ukraine / A.A. Galagan // NATO Advanced Research Workshop.. 24-28 April. 1995.: Moscow, 1995. – P. 27
149. Grigalavičienė I. The Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu and Cd at Roadside Forest Soil / I. Grigalavičienė, V. Rutkoviėnė, V. Marozas // Polish Journal of Environmental Studies. - 2005. - Vol. 14, №. 1.- P. 109-115
150. Harrisson R.M. Chemical associations of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils / R.M.Harrisson, D.P.H. Laxen, S.J.Wilson // Environ Sci. and Technol. — 1981. — N 15. — P. 1378—1383.
151. Li X. The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach / X. Li, S.-I. Lee, S. Wong, W.Shi, I.Thornton // Environmental Pollution.- 2004.- Vol. 129.- P. 113–124
152. Malysheva L. Ecosystems of 30-km zones of Khmelnytsky and Rivne NPP: estimation of migration conditions of the radionuclides and other technical pollutants / L. Malysheva L. Sorokyna, A. Galagan, S. Gayday, A. Grachev, O. Godyna, S. Demyanenko, S. Karbovskaya, R. Malenkov, A. Noson // NATO Security through Science Series – C: Environmental Security. – 2005. - Vol. 2. – P.369 – 376
153. Methodendokumentation «Bodenkunde»: Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden.//Geologisches Jahrbuch. Sonderhefte: Reihe G – Heft SG 1- Ad-hoc-AGBoden. Volker Hennings. Herausgegeben von der Bundesanstalt für

- Geowissenschaften und Rohstoffe und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland. – Verlag Schweizerbart, Stuttgart, 2000. – 296 p.
154. Mitasova H. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS / H.Mitasova, J.Hofierka, M.Zlocha, R. L.Iverson // Int. Journal of Geographical Information Science. – 1996. – Vol. 10 (5). – P. 629–641
155. Moore I.D. Digital terrain modeling – a review of hydrological, geomorphological and biological applications / I.D. Moore, R.B.Grayson, A.R. Ladson // Hydrol. Proc. – 1991. – N 5. – P. 3-30.
156. Moore L. D. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation / L. D.Moore, G. J. Burch // Soil Sci. Soc. Am. J. –1985. – Vol. 50. – P. 1294-1298.
157. Heavy Metal Pollution of Road Dust and Roadside Soil near a Major Rural Highway /C. Pagotto ,N. Rémy ,M. Legret ,P. Le Cloirec // Environmental Technology. – 2010.- P.307-319
158. Pivić R. N. Assessment of Soil and Plant Contamination by Select Heavy Metals Along a Major European Highway / R. N. Pivić, A. B. Stanojković Sebić, J. Pol. J// Environ. Stud. – 2013.- Vol. 22, №. 5 .- P.1465-1472
159. Ramonas A. Cartographic modeling in the geographic information systems: some questions of theory, methods of analysis/ A. Ramonas // Geodesy in Cartography. - 1998. - №2. - P. 75-86.
160. Richard T. Roads and Their Major Ecological Effects/ T.Richard, T. Forman, E. Alexander // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1998. - Vol. 29.- P. 207-231
161. Tarboton D. G. A new method for the determination of flow directions and contributing areas in grid digital elevation models / D. G.Tarboton // Water Resources Research. –1997. –Vol. 33(2). – P. 309-319.

162. Turer D. G. Heavy metal contamination in highway soils. Comparison of Corpus Christi, Texas and Cincinnati, Ohio shows organic matter is key to mobility / D. G. Turer, B.J. Maynard // Clean Technologies and Environmental Policy. – 2003. – Vol. 4. – P. 235–245
163. Viard B. Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Graminaceae and land snails / B.Viard, Fr. Pihan, S. Promeyrat, J-C. Pihan // Chemosphere. – 2004. - Vol.55 .- P.1349–1359
164. Warren R.S. Heavy metal levels in atmospheric particulates, roadside dust and soil along a major urban highway /R.S. Warren, P. Birch //Science of The Total Environment .- 1987.- Vol. 59. – P. 253-256

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Показники, що використовують при дослідженнях інтенсивності техногенного забруднення в геосистемах

Таблиця А.1

**Показники, що визначають загальний вміст поллютантів як характеристику ступеня забруднення території (на основі [1, 33, 73, 96])**

№	Назва (автор)	Формула обрахунку	Зміст показника
1	Техногенний геохімічний тиск - $TD$ (М.Ф.Глазовський)	$TD = B \pm \Delta$	Відображає силу техногенного впливу на природні системи через кількість речовини, яка щорічно переходить із техногенних потоків в природні ( $B$ ), з урахуванням показника її «ввозу-вивозу» ( $\Delta$ )
2	Кларк концентрації або аномальності - $KK$ (В.І.Вернадський)	$KK = ki / Ki$	Відношення вмісту хімічного елементу ( $ki$ ) до його вмісту в незабруднених фонових ЛГС, в геосистемах-аналогах, або в порівнянні з кларком літосфери ( $Ki$ )
3	Коефіцієнт концентрації - $Kc$ (О.Є. Ферсман)	$Kc = ki / Ki$	Відношення елементу в аномальному об'єкті до його фонового вмісту в компонентах ландшафту (до його кількості в еталонній системі ( $Ki$ )), або місцевим кларком
4	Коефіцієнт місцевої геохімічної диференціації - $K\delta$ (В.С.Поливанов)	$K\delta = KKip / KKia$	Відношення кларка концентрації певного хімічного елемента ( $KKip$ ) в ЛГС (або біогеогоризонті) до його кларка концентрації в еталонній системі ( $KKia$ ).
5	Інтегральний показник екологічної небезпечності ландшафту - $In$ (В.М.Гуцуляк)	$In = \sum_{i=1}^m Pj \cdot Tj$	Розраховується як добуток інтенсивності забруднення природного компонента ( $Pj$ ) та транслокаційного показника шкідливості, вираженого в умовних одиницях ( $Tj$ ).
6	Показник інтенсивності забруднення природного компонента - $Pj$ , (В.М.Гуцуляк)	$Pj = \sum_{i=1}^n (Kci \cdot Mi)$ ,	$Kci$ - коефіцієнт концентрації хімічного елемента, $Mi$ - ступінь токсичності хімічного елемента у відповідності до класу небезпечності

7	Сумарний показник забруднення <b>-Zc</b> (Саєт)	$Z_c = \sum_{j=1}^n K_c - (n - 1)$	Відображає ступінь забруднення асоціації елементів відносно фону через <b>Kc</b> - коефіцієнт концентрації хімічного елемента в ґрунті (> 1).
8	Відношення кларків концентрації - <b>B</b> (О.І.Перельман)	$B = K_{Kx} / K_{Ky}$	Характеризує інтенсивність накопичення елементів
9	Показник накопичення мікроелементів - <b>R</b> (Д.Шоу)	$R = 1/n \sum k_i / K_i$	Відображає накопичення мікроелементів при значеннях <b>R</b> >0, або їх розсіювання при <b>R</b> <0
10	Показник сумарної забрудненості території по відношенню до ГДК хімічних елементів - <b>D</b>	$D = \sum_{i=1}^n \sqrt{n \cdot k_i / ГДК_i}$	<b>n</b> - кількість хімічних елементів, <b>ki</b> - вміст хімічного елемента в компоненті ландшафту, <b>ГДКi</b> - ГДК хімічного елемента в компоненті ландшафту.
11	Ступінь поліелементного забруднення ґрунтів - <b>Cз</b>	$C_3 = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК}$	Розраховується як відношення фактичного вмісту металу в ґрунті, ( <b>Ci</b> ) мг/кг до його <b>ГДК</b> . При цьому в розрахунок беруть усі метали першого класу небезпеки, з металів другого та третього класу (середньо-та малотоксичні) тільки ті, вміст яких перевищує ГДК
12	Коефіцієнт небезпеки - <b>Kn</b>	$K_n = \frac{C_{vi}}{ГДК_{vi}}$	Відображає відношення вмісту рухомих форм і-го хімічного елемента ( <b>Cvi</b> ) до значень його ГДК у ґрунті ( <b>ГДКvi</b> )
13	Коефіцієнт буферності - <b>Kб</b>	$K_6 = \frac{C\epsilon}{\Delta pH}$	Розраховується як відношення сорбційної ємності ґрунтового поглинального комплексу ( <b>Cε</b> ) до зміни рН у системі ґрунт – розчин ( <b>ΔpH</b> )
14	Сумарна величина для багатоелементного забруднення - <b>Kспз</b> (Ю. Є. Саєт)	$K_{спз} = \sum_{i=1}^n K_k - (n-1)$	Визначає загальну величину забруднення у відповідності коефіцієнтів концентрації ( <b>Kk</b> ) та кількості забруднювачів ( <b>n</b> ). <b>Kспз</b> поділяють за рівнем екологічного впливу: значенням <b>Kспз</b> : <16, 16–32, 32–128, >128 відповідає незначний, помірний, високий, критичний рівень забруднення.
15	Коефіцієнт збагачення ( <b>КО</b> ) (Перельман, Касімов)	$КО = C_A : C_C$	Визначається як відношення вмісту металу в горизонтах А – ( <b>Ca</b> ) і С – ( <b>Cc</b> )

16	Уточнений коефіцієнт збагаченості ґрунту важкими металами – (УКО)	$УКО = (Me_A : Al_A) : (Me_C : Al_C)$	Відображає відношення $Me_A$ и $Me_C$ – валовий вміст даного ВМ в горизонті А та горизонті С; $Al_A$ та $Al_C$ – валовий вміст алюмінію в горизонті А і горизонті С. Al тут виступає в якості “консервативного елементу-свідка”
17	Коефіцієнт водної міграції	$K_x = \frac{m_x * 100}{a * n_x}$	Характеризує здатність до накопичення мікроелементів в водах, виражену як відношення вміст хімічного елементу в водах що дрениують масив ( $m_x$ ), до вмісту хімічного елементу в породах які дрениуються цією водою ( $n_x$ ), $a$ - величина мінерального залишку у річковій або ґрунтовій воді
18	Коефіцієнт техногенної концентрації елемента (аномальності) - $K_a$ (Тітова та ін.)	$K_a = C/C\phi$	Характеризує інтенсивність та ступінь небезпеки забруднення хімічними елементами. Розраховується, як відношення вмісту елемента у ґрунті що досліджується ( $C$ ) до вмісту елемента в фоновому ґрунті ( $C\phi$ )



**Показники територіального і міжкомпонентного перерозподілу  
полютантів в геосистемах  
(на основі [73, 89])**

№	Назва (автор)	Формула обрахунку	Зміст показника
<b>Міжкомпонентний перерозподіл</b>			
1	Елювіально-акумулятивний коефіцієнт – <i>EA</i> (А.А.Родє)	$EA = R_1 S_0 / R_0 S_1$	відображає перерозподіл хімічних елементів, по відношенню до ґрунотворної породи. Розраховується як відношення вмісту оксиду у ґрунтовому горизонті та ґрунтоутворюючій породи ( <i>R<sub>1</sub></i> , <i>R<sub>0</sub></i> ) до вмісту SiO <sub>2</sub> у ґрунтоутворюючій породи та у ґрунтовому горизонті відповідно ( <i>S<sub>0</sub></i> , <i>S<sub>1</sub></i> )
2	Коефіцієнт радіальної міграції – <i>Kp</i> (М.А.Глазовська)	$Kp = ki / Ki$	відображає інтенсивність міжкомпо-нентного перерозподілу, як відношення вмісту хімічного елемента ( <i>ki</i> ) в біогеогоризонті до його вмісту в породи або в іншому еталоні ( <i>Ki</i> ).
<b>Міжсистемний перерозподіл</b>			
3	Коефіцієнт місцевої міграції, (латеральної диференціації) - <i>Km</i> (М.А.Глазовська)	$Km = ki / Ki$	відображає напрямок міграційних потоків та виявляє переважання процесів виносу-акумуляції в каскадних системах, через відношення кількості хімічного елемента ( <i>ki</i> ) в геохімічнопідпорядкованому елементарному ландшафті до його вмісту в автономному ландшафті( <i>Ki</i> )
4	Індекс потужності руслових та схилових потоків - <i>SPI</i>	$SPI = Ac * \tan\beta$	враховує площу, з якої надходить стік на одиницю замкненого контуру ( <i>Ac</i> ) та ухил поверхні ( <i>β</i> )
5	Складений топографічний індекс - <i>CTI</i> (Мур, Гесслер)	$CTI = \ln(A_c / \tan \beta)$	відображає надходження вологи в катену внаслідок її латерального перерозподілу по схилах, де <i>Ac</i> – площа, з якої надходить стік на одиницю замикального контуру, <i>β</i> – ухил поверхні.

6	Показник ерозійного потенціалу рельєфу - $LS(r)$	$LS(r) = (m+1) [A(r)/a_0]^m [\sin b(r)/b_0]^n$	де $A$ – площа, з якої надходить стік на одиницю довжини замкненого контуру; $b$ – ухил поверхні; $m$ та $n$ – відповідні параметри
7	Показник ерозійного потенціалу ґрунтів - $A$	$A = RKLSCP$	де $A$ – середній багаторічний об'єм змиву ґрунту у розрахунку на одиницю площі; $R$ -чинник ерозійної здатності опадів або ерозійний індекс опадів; $K$ - чинник еродованості ґрунту; $L$ – чинник довжини схилу; $S$ – чинник крутизни схилу; $C$ – чинник агрофону; $P$ – чинник протиерозійних заходів.
8	Показник ерозійного потенціалу рельєфу - $P$	$P = l^{0,4} a^{1,4} k$	визначає ерозійний потенціал для кожної елементарної оцінювальної ділянки, що є однорідною за факторами змиву, де $l$ - довжина лінії току; $a$ - кут нахилу схилу в межах оцінювальної ділянки; $k$ - коефіцієнт, що враховує вплив форми схилу на інтенсивність площинного змиву.
9	Показник водної латеральної механічної міграції – $C$ (Мірцхулава)	$C = ДПРК_p,$	де $C$ - модуль змиву ґрунтів від стоку дощових вод, т/га за рік; $D$ - ерозійний потенціал дощових опадів; $P$ - здатність ґрунтів до змиву, т/га на одиницю ерозійного потенціалу опадів); $P$ - ерозійний потенціал рельєфу; $K_p$ - ґрунтозахисний коефіцієнт рослинного покриву та агротехніки.
10	Показник ерозійного потенціалу дощових опадів - $R$	$R = 0,258I_{30} - 0,149$	показник $I_{30}$ характеризує енергію дощу/зливи за період найбільшої 30-хвилинної інтенсивності, що визначається безпосередньо із пловіограми. До розрахунку приймаються дощі з шаром 10 мм і більше, оскільки менші опади не викликають помітного змиву.

11	Показник інтенсивності акумуляції речовини - $B_j$ (Гродзинський)	$B_j = \sum^n F_i I_i / F_j - F_j I_j$	визначає показник акумуляції речовин, що змиваються зі схилів і перевідкладаються в ЛГС, які знаходяться нижче за гіпсометричним рівнем, враховується $F_i$ - площа і-ї ділянки, з якої надходить речовина в j-ту ділянку; $n$ — кількість елементарних ділянок, з яких надходить речовина в j-ту ділянку; $I_i, I_j$ — відповідно інтенсивність змиву в межах і-ї та j-ї ділянок.
12	Модифіковане універсальне рівняння ерозії ґрунтів	$y = 1,18(Q \cdot q_m)^{0,56} KCSL$	розраховується витрата ґрунту ( $y$ ) через показники – об'єму рідкого стоку ( $Q$ ), коефіцієнту підлеглості ґрунтів ерозії ( $K$ ), - системи ведення рослинництва ( $C$ ), добутку ухилу-довжини схилу ( $SL$ ), ефекту протиерозійних заходів ( $P$ ).
13	Показник ерозійного потенціалу ґрунту - $Efw$	$Efw = K_e \cdot K_s \cdot L \cdot S \cdot R$	розраховується витрата ґрунту ( $Efw$ ) через показники топографічний фактор місцевості - ( $LS$ ), коефіцієнт скелетності ґрунтів ( $K_s$ ), коефіцієнта потенційної ерозії ґрунтів ( $K_e$ ) кліматичний фактор місцевості ( $R$ )
14	Показник впливу агрофону на величину ерозійних втрат ґрунту - $C$	$C = 0,8 \exp(-1,15CV) C_{\min j} \exp(1 - \exp(-1,15CV))$	де $CV$ – біомаса (коренева система і рослинність над ґрунтом); $C_{\min j}$ – мінімальне значення коефіцієнта врожайності.

**Показники біохімічного циклу міграції забруднюючих речовин в  
геосистемах  
(на основі [33, 73,93, 96])**

№	Назва (автор)	Формула обрахунку	Зміст показника
1	Ряди біологічного поглинання (Полинов)	елементи енергійного накопичення (P, S, Cl, Br, I); сильного накопичення (K, Ca, Mg, Sr, Na, Zn, Ag); слабкого накопичення і середнього захоплення (Mn, Ba, Cu, Ni, Co, Mo, As, Cd, Be, Hg, Se, Ra); слабкого захоплення (Fe, Si, F, V, Li, Y, Pb, Cs); дуже слабкого захоплення с (Si, Fe, Ti, Cr, Al, Rb, U)	В залежності від коефіцієнта біологічного поглинання визначено п'ять рядів хімічних елементів: КБП > 10n - енергійне накопичення, 10n - сильне накопичення, 0n - слабе накопичення і середнє захоплення, 0,0n - слабкого захоплення, 0,00n - дуже слабке захоплення
2	Біофільність - кларк концентрації хімічних елементів в живій речовині – <b>КК<sub>б</sub></b> (Перельман)	$КК_{б} = k_i / K_i$	Розраховується як відношення кларка елемента в живій речовині ( <i>k<sub>i</sub></i> ) до його кларка в літосфері ( <i>K<sub>i</sub></i> )
3	Коефіцієнт біологічного поглинання - <b>КБП</b> (Полинов)	$КБП = I_x / n_x$	Відображає відношення вмісту хімічного елемента в попелі рослин ( <i>I<sub>x</sub></i> ) до його вмісту в гірській породі, ґрунті, або кларку літосфери ( <i>n<sub>x</sub></i> )
4	Показник біогеохімічної активності - <b>БХА</b> (Айвазян)	$БХА = \sum КБП$	Характеризує здатність виду до накопичення мікроелементів, виражену в кларках концентрації.
5	Рослинно-ґрунтовий коефіцієнт - <b>РГК</b> (Ковалевський)	$РГК = I_x / n_x$	Інтенсивність накопичення елементів рослинами з твердої фази ґрунту, через відношення вмісту хімічного елемента в попелі рослин ( <i>I<sub>x</sub></i> ) до його вмісту в ґрунті ( <i>n<sub>x</sub></i> ).
6	Коефіцієнт відносного поглинання - <b>КВП</b> (Ковалевский)	$КВП = C_p / C_e$	Ступінь забруднення через відношення вмісту елемента в попелі досліджуваного виду рослин ( <i>C<sub>p</sub></i> ) до його вмісту в еталонному виді ( <i>C<sub>e</sub></i> )
7	Коефіцієнт біологічної рухомості поглинання - <b>В<sub>x</sub></b> (Некос)	$В_x = I_x / n_x$	Характеризує відношення вмісту елемента у сухій речовині рослин ( <i>I<sub>x</sub></i> ) до кількості його рухомих форм в ґрунті ( <i>n<sub>x</sub></i> )

## Додаток Б

Природні фактори, що визначають умови міграції свинцю на дослідних ділянках

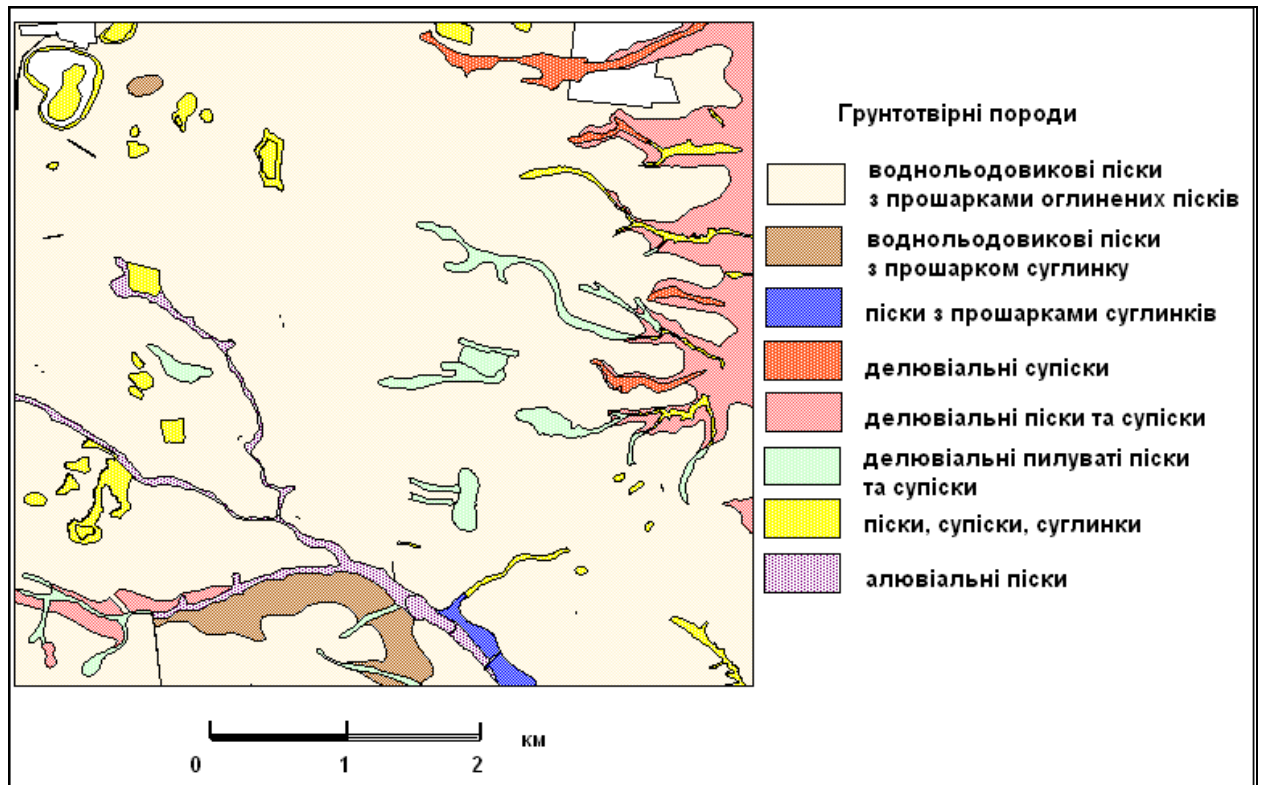


Рис. Б.1. Грунтотвірні породи. Димерська тестова ділянка

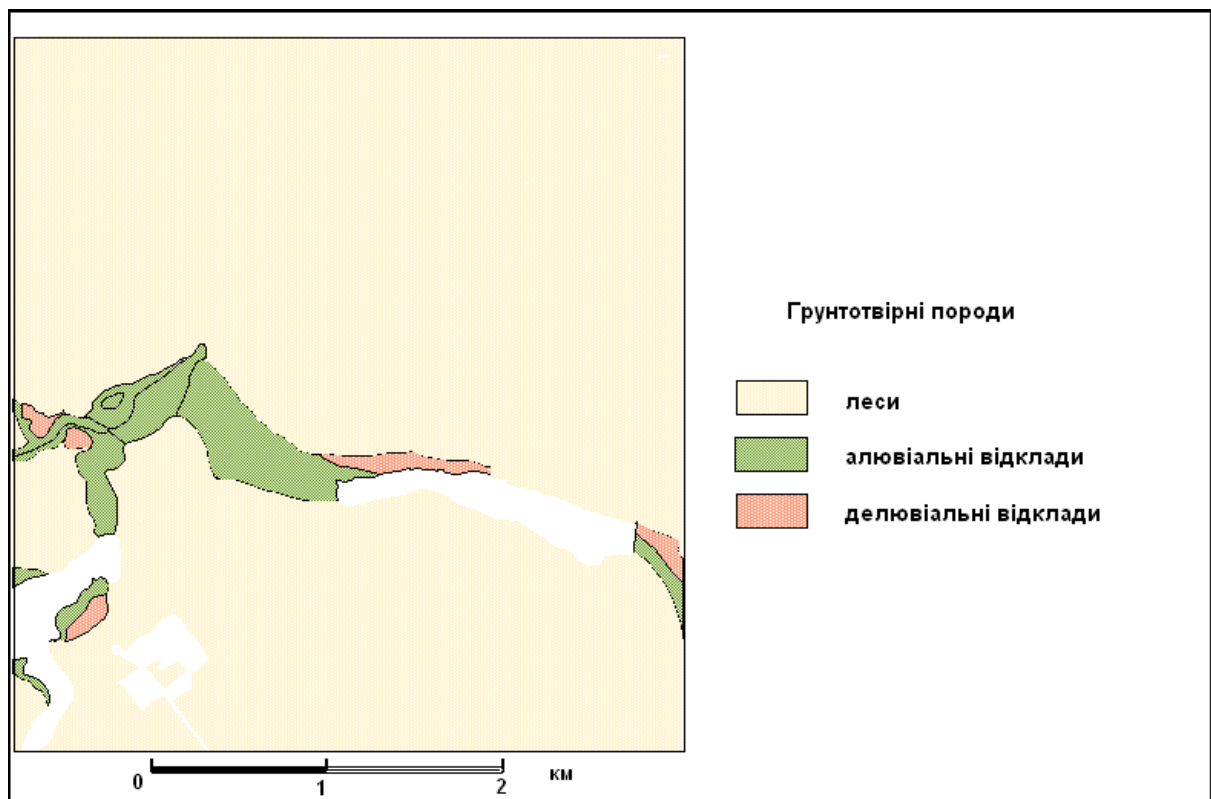


Рис. Б.2. Грунтотвірні породи. Білоцерківська тестова ділянка

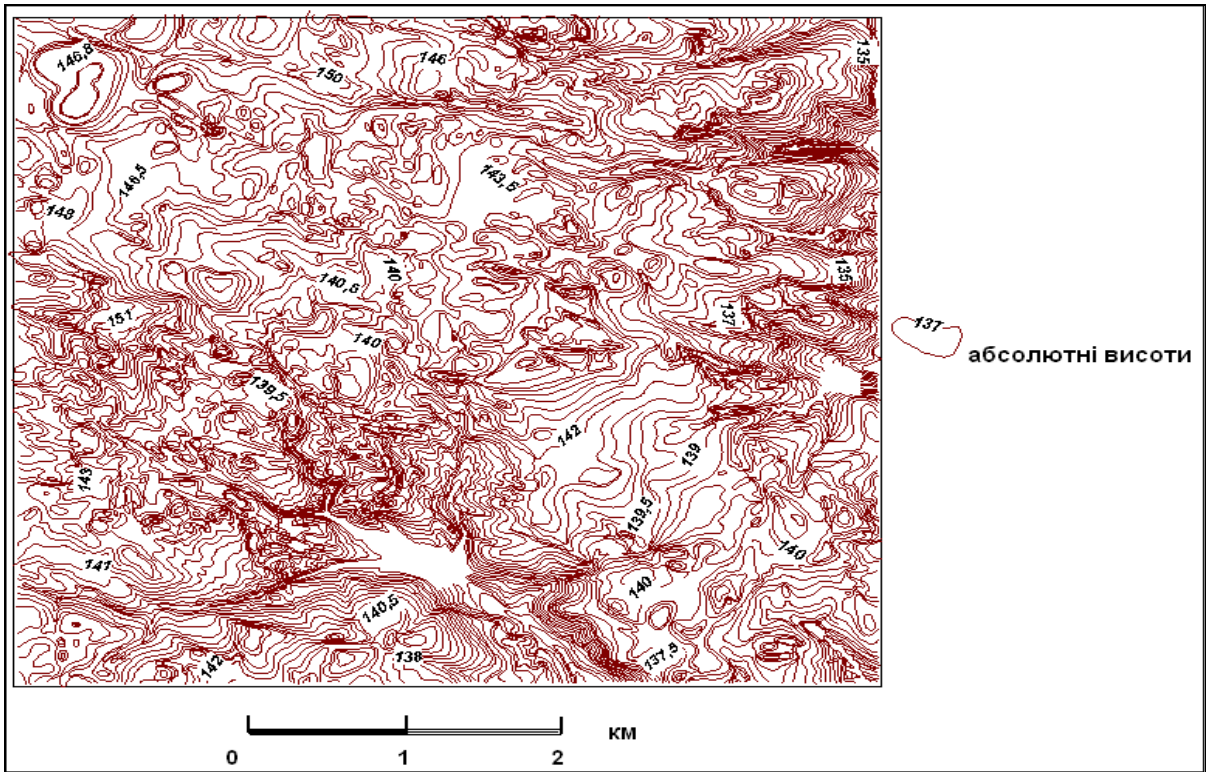


Рис. Б.3. Рельєф. Димерська тестова ділянка

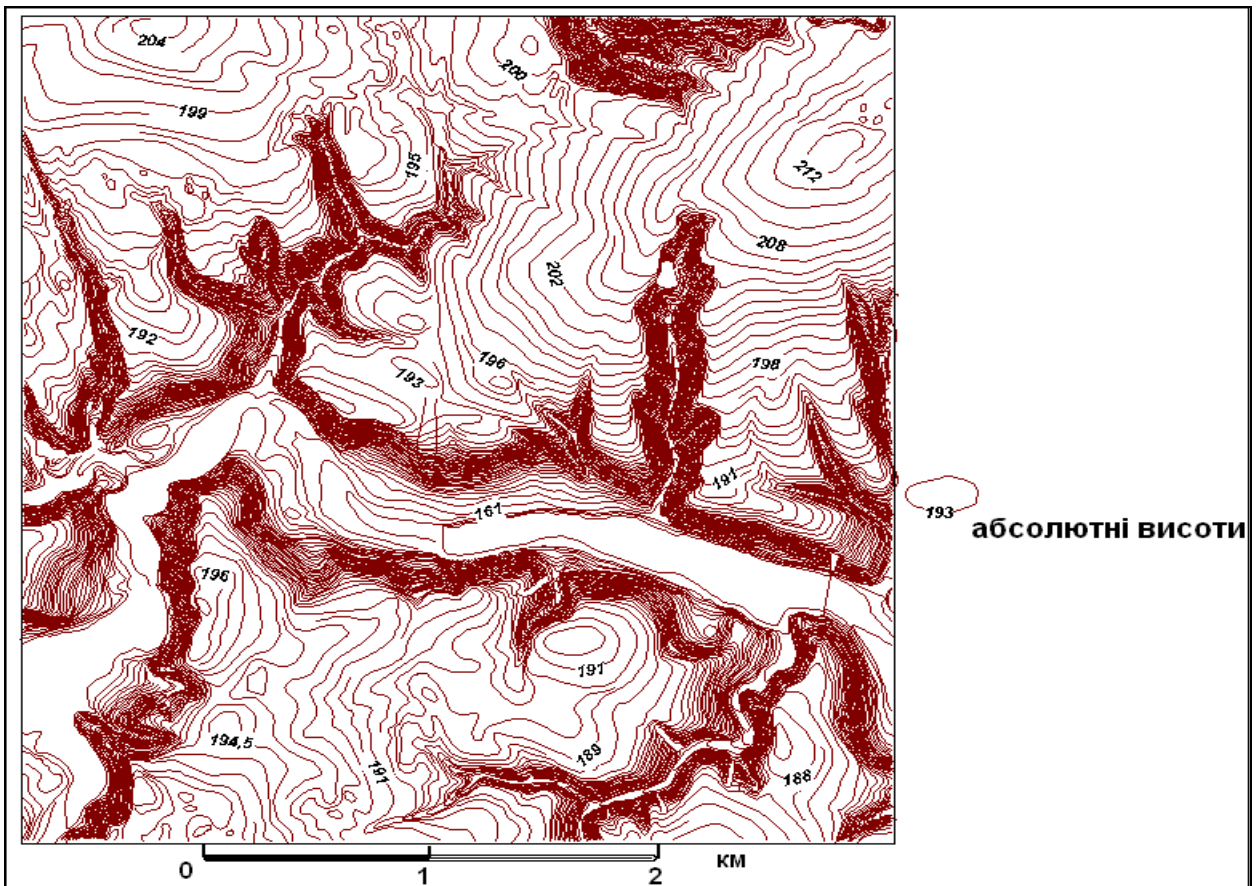


Рис. Б.4. Рельєф. Білоцерківська тестова ділянка

**Фізико-хімічні властивості ґрунтів, що визначають умови міграції  
ВМ (Димерська тестова ділянка)**

№	Назва ґрунту	рН	Вміст гумусу (%)	Співвідношення фракцій (%)	
				Пил	Пісок
1	Дерново-слабопідзолисті глинисто-піщані	5,70	0,60	9,20	90,80
2	Дерново-середньопідзолисті глинисто-піщані	4,80	1,10	9,25	90,75
3	Дерново-середньопідзолисті супіщані	4,20	1,04	14,88	85,12
4	Дерново-середньопідзолисті слабозмиті супіщані	4,20	0,80	13,26	86,74
5	Дерново-середньопідзолисті слабозмиті	4,70	0,60	17,26	82,74
6	Дерново-середньопідзолисті глеюваті	4,60	1,10	25,29	74,71
7	Дерново-середньопідзолисті глеєві	4,50	1,20	10,06	89,94
8	Дернові глейові неглибокі глинисто-піщані	6,00	1,50	9,67	90,33
9	Болотні супіщані	6,00			
10	Торфово-болотні сильнорозкладені середньозольні осушені супіщані	4,60			
11	Дернові глейові глибокі в поєднанні з болотними супіщані	5,20	3,00	10,27	89,73
12	Розмиті ґрунти ярів та балок піщані	4,50	0,40		

**Фізико-хімічні властивості ґрунтів, що визначають умови міграції  
ВМ (Білоцерківська тестова ділянка)**

№	Назва ґрунту	рН	Вміст гумусу (%)	Співвідношення фракцій (%)	
				Пил	Пісок
1	Розмиті ґрунти ярів та балок	4,40	0,30	21,88	78,12
2	Заплавні болотні карбонатні легкосуглинкові	6,40	4,00	81,81	18,19
3	Чорноземи типові вилуговані глибокі малогумусні крупнопилувато-легкосуглинкові	5,80	3,00	42,80	57,20
4	Чорноземи слабореградовані крупнопилувато-легкосуглинкові	6,50	5,90	44,79	55,21
5	Темно-сірі опідзолені середньозмиті з плямами сильнозмитих піщанисто-легкосуглинкові	6,00	1,00	56,32	43,68
6	Чорноземи типові малогумусні сильнозмиті середньосуглинкові	5,10	1,40	34,98	65,02
7	Чорноземи типові глибокі малогумусні слабозмиті крупнопилувато-середньосуглинкові	5,30	3,07	34,39	65,61
8	Чорноземи типові малогумусні слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	7,00	2,40	54,89	45,11
9	Чорноземи типові намиті крупнопилувато-легкосуглинкові	6,90	4,00	70,08	29,92
10	Заплавні мулувато-болотні карбонатні середньосуглинкові	6,00	5,80	83,77	16,23
11	Чорноземи типові слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	6,80	2,80	55,90	44,10
12	Чорноземи типові сильнозмиті легкосуглинкові	7,60	1,30	43,02	56,98
13	Чорноземи типові вилуговані неглибокі малогумусні слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	6,01	2,03	43,83	56,17
14	Чорноземи типові глибокі малогумусні середньозмиті з плямами слабозмитих крупнопилувато-середньосуглинкові	7,00	3,40	54,88	45,12
15	Чорноземи опідзолені крупнопилувато-легкосуглинкові	6,50	7,00	60,99	39,01
16	Чорноземи типові сильнозмиті з плямами середньозмитих крупнопилувато-середньосуглинкові	7,40	4,00	43,20	56,80
17	Чорноземи типові глибокі малогумусні крупнопилувато-середньосуглинкові	6,60	4,73	34,39	65,61
18	Чорноземи типові малогумусні крупнопилувато-легкосуглинкові	6,30	4,50	70,10	29,90
19	Лучно-чорноземні карбонатні намиті крупнопилувато-легкосуглинкові	7,40	4,70	61,88	38,12



## Продовження таблиці Б.2

20	Лучні карбонатні глеєві крупнопилувато-легкосуглинкові	6,80	4,80	50,90	49,10
21	Чорноземи типові вилуговані неглибокі малогумусні крупнопилувато-легкосуглинкові	6,00	3,50	43,00	57,00
22	Чорноземи опідзолені слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5,10	2,30	61,99	38,01
23	Чорноземи опідзолені сильнозмиті з плямами розмитих крупнопилувато-легкосуглинкові	6,00	1,30	60,92	39,08
24	Лучно-болотні карбонатні крупнопилувато-середньосуглинкові	6,40	5,60	48,98	51,02
25	Чорноземи типові сильнозмиті з плямами розмитих крупнопилувато-середньосуглинкові	7,40	1,30	42,99	57,01
26	Чорноземи типові малогумусні слабозмиті легкосуглинкові	7,00	2,60	54,47	45,53
27	Чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові	5,90	3,00	70,79	29,21
28	Чорноземи опідзолені слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5,90	2,80	59,95	40,05
29	Лучно-чорноземні вилуговані намиті піщанисто-легкосуглинкові	6,40	3,80	62,99	37,01
30	Лучні карбонатні намиті крупнопилувато-легкосуглинкові	6,40	5,80	49,88	50,12
31	Чорноземи опідзолені сильнозмиті піщанисто-легкосуглинкові	5,80	2,70	39,72	60,28
32	Темно-сірі опідзолені глеюваті намиті супіщані	5,70	3,80	60,00	40,00
33	Чорноземи опідзолені сильнозмиті з плямами середньозмитих крупнопилувато-легкосуглинкові	6,50	2,00	61,89	38,11

**Тип рослинності. Коефіцієнти біологічного поглинання (КБП) свинцю  
основних видів рослин дослідних ділянок, на основі [7, 13, 95]**

№	Назва	КБП
1	Пшениця	0,34
2	Озиме жито	0,40
3	Яровий ячмінь	0,30
4	Ріпак	0,4
5	Соя	1,1
6	Картопля	0,56
7	Капуста	0,18
8	Буряк	0,50
9	Салат качанний	0,25
10	Морква	0,37
11	Овес з підсівом конюшини	0,62
12	Люпино-вівсяна сумішка	0,50
13	Конюшина лучна	0,2
14	Різотрав'я	0,50
15	Дуб	0,75
16	Сосна	0,56
17	Вільха	0,50
18	Береза	0,37
19	Сфагнум	2,62
20	Лишайник	0,75
21	Мох	0,62
22	Аір болотний	0,25
23	Кульбаба	0,37
24	Папороть	0,18
25	Хвощ	0,13
26	Іван-та-Мар'я	0,25
27	Безсмертник	0,37
28	М'ята	0,25
29	Пижма	0,37
30	Чебрець	0,18
31	Малина	0,25
32	Журавлина	0,25
33	Гриб білий	2,25
34	Підосичник	1,25
35	Опеньки	1,00
36	Лисички	0,62

**Ландшафтні комплекси Димерської тестової ділянки  
(легенда до рис.2.8)**

№	Назва
1	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
2	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глинисто-піщаними ґрунтами, розорані
3	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
4	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами під сосновим лісом
5	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами під дубовим лісом
6	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під сосновим лісом
7	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами, розорані
8	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами під лучною рослинністю
9	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під лучною рослинністю
10	Западини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глинисто-піщаними ґрунтами, розорані
11	Западини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-слабопідзолистими глинисто-піщаними ґрунтами, розорані
12	Пологі схили на делювіальних пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
13	Похилі схили на делювіальних пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
14	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарком суглинку з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
15	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
16	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами, розорані
17	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими слабозмитими ґрунтами, розорані
18	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими слабозмитими супіщаними ґрунтами, розорані
19	Похилі схили на пісках з прошарками суглинків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
20	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами під лучною рослинністю

21	Похилі схили на делювіальних пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими слабозмитими супіщаними ґрунтами, розорані
22	Пологі схили на делювіальних пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими слабозмитими супіщаними ґрунтами, розорані
23	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими супіщаними ґрунтами під багаторічними насадженнями
24	Рівнини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під багаторічними насадженнями
25	Днища балок на делювіальних супісках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
26	Яри на пісках, супісках, суглинках з піщаними розмитими ґрунтами ярів та балок під лучною рослинністю
27	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
28	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глинисто-піщаними ґрунтами, розорані
29	Привершинні зниження на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
30	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-слабопідзолистими глинисто-піщаними ґрунтами, розорані
31	Западини на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами, розорані
32	Западини на пісках, супісках, суглинках з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами, розорані
33	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарком суглинку з дерновими глейовими неглибокими глинисто-піщаними ґрунтами під лучною рослинністю
34	Западини на пісках, супісках, суглинках з болотними супіщаними ґрунтами під болотяною рослинністю
35	Западини на пісках, супісках, суглинках з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами під лучною рослинністю
36	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під сосновим лісом
37	Западини на воднольодовикових пісках з прошарком суглинку з дерновими глейовими неглибокими глинисто-піщаними ґрунтами під лучною рослинністю
38	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами під лучною рослинністю
39	Западини на пісках, супісках, суглинках з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами під лучною рослинністю
40	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глейовими ґрунтами під болотяною рослинністю
41	Западини на пісках, супісках, суглинках з дерновими глейовими неглибокими глинисто-піщаними ґрунтами під лучною рослинністю
42	Западини на пісках, супісках, суглинках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під сосновим лісом

*Продовження таблиці Б.4*

43	Заплава на алювіальних пісках з дерновими глейовими глибокими в поєднанні з болотними супіщаними ґрунтами під лучною рослинністю
44	Заплава на алювіальних пісках з болотними супіщаними ґрунтами під болотяною рослинністю
45	Заплава на алювіальних пісках з торфово-болотними сильно розкладеними середньозольними осушеними супіщаними ґрунтами під болотяною рослинністю
46	Пологі схили на воднольодовикових пісках з прошарками оглинених пісків з дерновими глейовими глибокими в поєднанні з болотними супіщаними ґрунтами під лучною рослинністю
47	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами, розорані
48	Улоговини на делювіальних пілуватих пісках та супісках з дерново-середньопідзолистими глеюватими ґрунтами під лучною рослинністю

**Ландшафтні комплекси Білоцерківської тестової ділянки  
(легенда до рис.2.9)**

№	Назва
1	Рівнини на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
2	Рівнини на лесах з чорноземами типовими вилугуваними глибокими малогумусними крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
3	Рівнини на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
4	Рівнини на лесах з чорноземами опідзоленими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
5	Рівнини на лесах з чорноземами типовими малогумусними крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
6	Рівнини на лесах з чорноземами типовими малогумусними легкосуглинковими, розорані
7	Рівнини на лесах з чорноземами типовими вилугуваними неглибокими малогумусними крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
8	Рівнини на лесах з чорноземами типовими малогумусними слабо змитими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
9	Рівнини на лесах з чорноземами типовими вилугуваними неглибокими малогумусними слабозмитими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
10	Рівнини на лесах з чорноземами типовими слабозмитими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
11	Схили пологі на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
12	Схили пологі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними слабозмитими крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
13	Схили покаті на лесах з чорноземами типовими малогумусними слабозмитими легкосуглинковими, розорані
14	Схили похилі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними середньозмитими з плямами слабозмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
15	Схили покаті на лесах з темно-сірими опідзоленими середньозмитими з плямами сильно змитих піщанисто-легкосуглинковими ґрунтами, розорані
16	Схили круті на лесах з чорноземами типовими малогумусними сильнозмитими середньосуглинковими, розорані
17	Схили похилі на лесах з чорноземами типовими сильнозмитими легкосуглинковими, розорані
18	Схили похилі на лесах з чорноземами опідзоленими сильнозмитими з плямами середньозмитих крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
19	Схили покаті на лесах з чорноземами типовими сильнозмитими з плямами середньозмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
20	Схили покаті на лесах з чорноземами типовими сильнозмитими з плямами розмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
21	Схили похилі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані

22	Схили покаті на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними крупнопилувато-середньосуглинковими під злаковим різнотрав'ям
23	Схили круті на лесах з темно-сірими опідзоленими середньозмитими з плямами сильнозмитих піщанисто-легкосуглинковими ґрунтами під дубовим лісом
24	Схили пологі на лесах з чорноземами типовими вилугуваними глибокими малогумусними крупнопилувато-легкосуглинковими під дубовим лісом
25	Схили круті на лесах з чорноземами типовими сильнозмитими з плямами розмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, під вільховим лісом
26	Схили круті на лесах з чорноземами типовими малогумусними сильнозмитими середньосуглинковими, під вільховим лісом
27	Схили похилі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними середньозмитими з плямами слабозмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, під вільховим лісом
28	Схили пологі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними слабозмитими крупнопилувато-середньосуглинковими, під вільховим лісом
29	Схили круті на лесах з чорноземами опідзоленими сильнозмитими піщанисто-легкосуглинковими, під вільховим лісом
30	Схили покаті на лесах з чорноземами опідзоленими сильнозмитими з плямами розмитих крупнопилувато-легкосуглинковими, під сосновим лісом
31	Схили пологі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними слабозмитими крупнопилувато-середньосуглинковими, під сосновим лісом
32	Схили похилі на лесах з чорноземами опідзоленими слабозмитими крупнопилувато-легкосуглинковими, під лучною рослинністю
33	Схили похилі на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними середньозмитими з плямами слабозмитих крупнопилувато-середньосуглинковими, під лучною рослинністю
34	Тераси на делювіальних відкладах з темно-сірими опідзоленими глеюватими намитими супіщаними ґрунтами, під лучною рослинністю
35	Тераси на делювіальних відкладах з лучними карбонатними глейовими крупнопилувато-легкосуглинковими ґрунтами, під лучною рослинністю
36	Тераси на делювіальних відкладах з чорноземами типовими намитими крупнопилувато-легкосуглинковими під болотяною рослинністю
37	Заплави на алювіальних відкладах з заплавними болотними карбонатними легкосуглинковими ґрунтами під болотяною рослинністю
38	Заплави на алювіальних відкладах з заплавними болотними карбонатними середньосуглинковими ґрунтами під болотяною рослинністю
39	Заплави на алювіальних відкладах з лучно-чорноземними карбонатними намитими крупнопилувато-легкосуглинковими ґрунтами під лучною рослинністю
40	Схили круті на лесах з чорноземами опідзоленими сильнозмитими піщанисто-легкосуглинковими, під лучною рослинністю
41	Заплави на алювіальних відкладах з лучно-болотними карбонатними крупнопилувато-середньосуглинковими під болотяною рослинністю
42	Днища балок на лесах з темно-сірими опідзоленими середньозмитими з плямами сильнозмитих піщанисто-легкосуглинковими ґрунтами під дубовим лісом

## Продовження таблиці Б.5

43	Улоговини на плакорах , на лесах з чорноземами типовими вилугуваними глибокими мало гумусними крупнопилувато-легкосуглинковими під дубовим лісом
44	Днища балок на лесах з темно-сірими опідзоленими середньозмитими з плямами сильнозмитих піщанисто-легкосуглинковими ґрунтами, розорані
45	Яри, на лесах з розмитими ґрунтами ярів та балок під вільховим лісом
46	Улоговини на плакорах , на лесах з чорноземами типовими вилугуваними глибокими мало гумусними крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
47	Яри, на лесах з розмитими ґрунтами ярів та балок під лучною рослинністю
48	Улоговини на плакорах, на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
49	Улоговини на схилах, на лесах з чорноземами типовими глибокими малогумусними крупнопилувато-середньосуглинковими, розорані
50	Тераси на делювіальних відкладах з чорноземами опідзоленими намитими піщанисто-легкосуглинковими, під вільховим лісом
51	Улоговини на плакорах, на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими під дубовим лісом
52	Улоговини на схилах , на лесах з чорноземами типовими вилугуваними глибокими мало гумусними крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
53	Пивершинні зниження на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
54	Улоговини на схилах, на лесах з чорноземами слабореградованими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
55	Яри, на лесах з розмитими ґрунтами ярів та балок під дубовим лісом
56	Тераси на делювіальних відкладах з чорноземами типовими намитими крупнопилувато-легкосуглинковими, розорані
57	Днища балок на лесах з лучними карбонатними намитими крупнопилувато-легкосуглинковими ґрунтами, розорані



## Додаток В

Результати лабораторних досліджень вмісту ВМ у ґрунтах тестових ділянок

Таблиця В.1

**Валовий вміст свинцю у поверхневому шарі ґрунту (0 - 20 см).  
Білоцерківська тестова ділянка, на основі [71]**

№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)	№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)	№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)
1	18.00	37	52.00	73	45.00
2	12.00	38	52.00	74	50.00
3	11.00	39	53.00	75	34.00
4	15.00	40	53.00	76	31.00
5	10.00	41	48.00	77	30.00
6	13.00	42	15.00	78	30.00
7	12.00	43	15.00	79	33.00
8	11.00	44	16.00	80	46.00
9	10.00	45	16.00	81	35.00
10	11.00	46	30.00	82	29.00
11	10.00	47	32.00	83	14.00
12	16.00	48	35.00	84	13.00
13	15.00	49	35.00	85	12.00
14	23.00	50	50.00	86	11.00
15	26.00	51	42.00	87	12.00
16	31.00	52	35.00	88	16.00
17	31.00	53	20.00	89	15.00
18	31.00	54	31.00	90	12.00
19	32.00	55	39.00	91	16.00
20	36.00	56	13.00	92	55.00
21	36.00	57	11.00	93	45.00
22	35.00	58	12.00	94	39.00
23	41.00	59	30.00	95	29.00
24	45.00	60	33.00	96	26.00
25	50.00	61	45.00	97	25.00
26	50.00	62	33.00	98	30.00
27	48.00	63	50.00	99	26.00
28	46.00	64	34.00	100	38.00
29	50.00	65	30.00	101	39.00
30	46.00	66	32.00	102	36.00
31	44.00	67	12.00	103	36.00
32	47.00	68	39.00	104	46.00
33	40.00	69	33.00	105	50.00
34	40.00	70	32.00	106	39.00
35	45.00	71	40.00	107	37.00
36	53.00	72	39.00	108	33.00
				109	38.00

Таблиця В.2

**Валовий вміст свинцю у поверхневому шарі ґрунту (0 - 20 см).  
Димерська тестова ділянка, на основі [71]**

№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)	№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)	№ точки	Концентрація свинцю (мг/кг)
1	7	29	28	57	7
2	28	30	23	58	7
3	23	31	22	59	7
4	27	32	25	60	7
5	30	33	19	61	8
6	45	34	18	62	23
7	45	35	19	63	20
8	35	36	12	64	19
9	32	37	12	65	50
10	27	38	8	66	50
11	27	39	8	67	42
12	26	40	7	68	22
13	30	41	7	69	25
14	27	42	48	70	23
15	26	43	33	71	29
16	21	44	33	72	29
17	19	45	34	73	29
18	19	46	30	74	28
19	23	47	28	75	22
20	24	48	19	76	15
21	26	49	20	77	23
22	21	50	20	78	12
23	30	51	8	79	17
24	42	52	20	80	17
25	30	53	8	81	27
26	35	54	8	82	23
27	30	55	7	83	25
28	29	56	7		

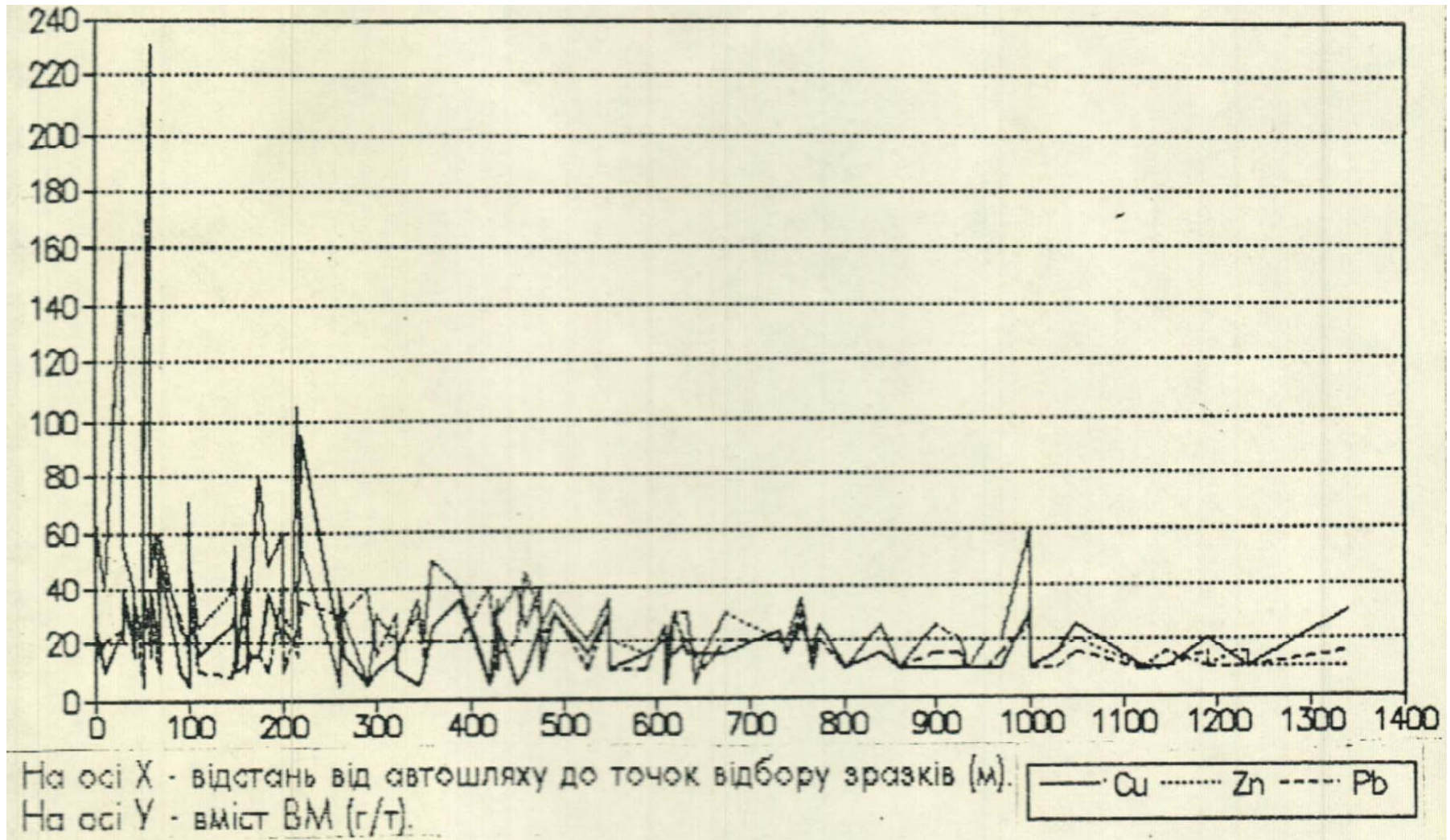


Рис.В.1. Вміст важких металів на різній відстані від автошляху. Білоцерківська тестова ділянка [71]

## Додаток Г

## Паспорти та сертифікати якості бензину, на основі [94]

Trade  
commodity

## ПАСПОРТ ЯКОСТІ № 0206/95-1

„06” лютого 2015р.

Найменування і марка нафти або нафтопродуктів: **Бензин автомобільний підвищеної якості А-95 Євро**

№ п/п	Найменування показника	Норма згідно з НД на продукцію	Фактично одержані результати	НД на метод визначення
1	Густина при 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , у межах	720-775	747	ДСТУ ГОСТ 31072
2	Детонаційна стійкість: - октанове число за дослідним методом, не менше - октанове число за моторним методом, не менше	95,0 85,0	95,1 85,2	ГОСТ 8226 ГОСТ 511
3	Фракційний склад: - за температури 70°С випаровується, %, у межах - за температури 100°С випаровується, %, у межах - за температури 150°С випаровується, %, у межах - кінець кипіння, °С, не вище - залишок у колбі, %, не більше	22,0-50,0 46,0-71,0 75,0 210 2	30 58 90 189 1,4	ГОСТ 2177
4	Тиск насиченої пари: кПа,	-	53,8	ДСТУ 4160
5	Вміст сірки, мг/кг, не більше	50	14,2	ДСТУ ISO 20846
6	Стійкість до окислення (індукційний період) хв., не менше	360	>360	ГОСТ 4039
7	Концентрація фактичних смол мг/100см <sup>3</sup> , не більше	5	1,8	ДСТУ ГОСТ 1567
8	Випробування на мідній пластинці	витримує	витримує	ГОСТ 6321
9	Зовнішній вигляд	Прозорий та світло жовтий, без механічних домішок і води	Прозорий та світло жовтий, без механічних домішок і води	П.9.3.
10	Масова частка бензолу, % не більше	1,0	0,98	ГОСТ 29040
11	Сумарний вміст ароматичних вуглеводнів, % не більше	35	28,8	ГОСТ 29040
12	Концентрація свинцю, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5	2,5	ГОСТ 28828
13	Масова частка кисню, %, не більше	2,7	1,64	ДСТУ ЕН 13132
14	Масова частка органічних кисневмісних сполук, %, не більше -метанолу -етанолу -ізопропілового спирту -ізобутилового спирту -третбутилового спирту -простих ефірів -інших органічних кисневмісних сполук з температурою кінця кипіння не вище 200°С	3,0 5,0 10,0 10,0 7,0 15,0 10,0	0,4 відсутність відсутність відсутність відсутність 7,2 відсутність	ГОСТ 2177

**Висновок:** за перевіреними показниками проба **Бензин автомобільний підвищеної якості А-95 Євро** відповідає вимогам ДСТУ 4839:2007  
Гарантійний термін зберігання – 12 місяців.

Директор ТОВ «ТРЕЙД КОММодІТІ»



В.М. Майко

Trade  
commodity

## ПАСПОРТ ЯКОСТІ № 1231/92-1

„31” грудня 2015р.

Найменування і марка нафти або нафтопродуктів: **Бензин автомобільний підвищеної якості А-92 Євро**

№ п/п	Найменування показника	Норма згідно з НД на продукцію	Фактично одержані результати	НД на метод визначення
1	Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , у межах	720-775	743,0	ДСТУ ГОСТ 31072
2	Детонаційна стійкість: - октанове число за дослідним методом, не менше - октанове число за моторним методом, не менше	92,0 82,5	92,6 83,6	ГОСТ 8226 ГОСТ 511
3	Фракційний склад: - за температури 70°С випаровується, %, у межах - за температури 100°С випаровується, %, у межах - за температури 150°С випаровується, %, у межах - кінець кипіння, °С, не вище - залишок у колбі, %, не більше	20,0-48,0 46,0-71,0 75,0 210 2,0	29,3 50,3 81,4 207 1,0	ГОСТ 2177
4	Тиск насиченої пари: кПа, не більше	50-80	63,3	ДСТУ 4160
5	Вміст сірки, мг/кг, не більше	50	27,0	ДСТУ ISO 20846
6	Концентрація фактичних смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензину, не більше	5	2,6	ДСТУ ГОСТ 1567
7	Стійкість до окислення (індукційний період) хв., не менше	360	>360	ГОСТ 4039
8	Випробування на мідній пластинці	витримує	витримує	ГОСТ 6321
9	Зовнішній вигляд	Прозорий та світлий, без механічних домішок і води	Прозорий та світлий, без механічних домішок і води	П.9.3.
10	Масова частка бензолу, % не більше	1,0	0,92	ГОСТ 29040
11	Сумарний вміст ароматичних вуглеводнів, % не більше	35	34,9	ГОСТ 29040
12	Концентрація свинцю, г/дм <sup>3</sup> , не більше	5	2,4	ГОСТ 28828
13	Масова частка кисню, %, не більше	2,7	2,64	ДСТУ EN 13132
14	Масова частка органічних кисневмісних сполук, %, не більше			ДСТУ EN 13132
	-метанолу	3,0	0,34	
	-етанолу	5,0	0,27	
	-ізопропілового спирту	10,0	відсутність	
	-ізобутилового спирту	10,0	відсутність	
	-третбутилового спирту	7,0	відсутність	
	-простих ефірів	15,0	13,1	
	-інших органічних кисневмісних сполук з температурою кінця кипіння не вище 200°С	10,0	відсутність	

**Висновок:** за перевіреними показниками проба Бензин автомобільний підвищеної якості А-92 Євро відповідає вимогам ДСТУ 4839:2007  
Гарантійний термін зберігання – 12 місяців.

Директор ТОВ «ТРЕЙД КОММОДІТІ»

В.М. Майко

ООО «ТРЕЙД КОММОДИТИ»  
ул. Красногвардейская, д. 15, оф. 10,  
Днепропетровск, Днепропетровская обл., 51900, Украина  
тел./факс: +380 (5692) 333 46

e-mail: [trade-commodity@ukr.net](mailto:trade-commodity@ukr.net)  
[www.trade-commodity.com.ua](http://www.trade-commodity.com.ua)

р/с 26004001000214, МФО 380720, ОКПО 30536344  
ИНН 305363404034, св. НДС № 200148164





Str. Caraiman nr. 2, Cod Postal: 900117; CONSTANȚA, ROMÂNIA  
 Capital Social: 58.243.025,30 RON; R.C. J/13/512/1991; C.U.I. - 2410163  
 Tel.: 0040 241 702800; Fax: 0040 241 694833; Telex: 14210; office@oil-terminal.com  
 www.oil-terminal.com

## CERTIFICATE OF QUALITY 4772 / P

BILLS OF LADING NO. 430 DATED NOVEMBER 14, 2014

PORT OF LOADING	CONSTANTZA, ROMANIA
DATE OF LOADING	NOVEMBER 14, 2014
VESSEL	MT ANZER
GRADE OF PRODUCT	UNLEADED GASOLINE RON 92
SAMPLE FROM	AVERAGE COMPOSITE RAILWAY TANKCARS SAMPLES
BUYER:	OMV SUPPLY AND TRADING AG POSTSTRASSE 14 CH-6300 ZUG SWITZERLAND

TABLE 1 - Requirements and test methods GASOLINE " RON 92 "

Property	Unit	Limits		Test method	Results
		Min.	Max.		
Density at 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	730	765	EN ISO 3675 (litigation method) EN ISO 12185	740.7
Research octane number, RON	-	92	-	EN ISO 5164	92.1
Motor octane number, MON	-	82	-	EN ISO 5163	82.7
Lead content	mg/l	-	5.0	EN 237	<2.5
Benzene content	% (V/V)	-	3.0	EN ISO 22854	0.7
Sulphur content	mg/kg	-	20	EN ISO 20846 (litigation method) EN ISO 20884 (litigation method)	9.0
Existent gum content (solvent washed)	mg/100 ml	-	4	EN ISO 6246	-
Appearance	-	uncoloured, clear and bright		visual inspection	uncoloured, clear and bright
Copper strip corrosion ( 3 h at 50 °C)	-	class 1		EN ISO 2160	class 1
Oxidation stability	minufes	360	-	EN ISO 7535	600
Distillation :					
- 10 % (v/v) up to	°C	-	60	EN ISO 3405	51
- 50 % (v/v) up to		-	120		93
- 90 % (v/v) up to		-	180		166
- Final boiling point		-	205		200
- Residue and losses		% (v/v)	-		3.5
Vapour pressure					
- summer	kPa	45	60	EN 13016-1	65.9
- winter		55	70		
Hydrocarbon type content: Aromatics	% (v/v)	-	38	EN ISO 22854	-
Doctor test	-	negative		ASTM D 4952	negative

For and on behalf of  
 OMV PETROM S.A.  
 Strada Coraililor nr.22, (Petrom City)  
 SECTOR 1, COD 013329  
 BUCURESTI, ROMANIA

INDEPENDENT  
 INSPECTOR  
 AT LOADPORT

LABORATORY

PETROM INSPECTION  
 INDEPENDENT  
 SURVEYOR ROMANIA

OIL TERMINAL S.A.  
 CONSTANȚA  
 BIROUL CONTROLUL  
 CALITĂȚII PRODUSULUI - LABORATOR

IL-13-F9-05  
 Revizia: 0





Str. Carolman nr. 2, Cod Postal: 900117, CONSTANȚA, ROMANIA  
 Capital Social: 58.243.025,50 RON; R.C. J/13/5.12/1991; C.U.I. - 2410163  
 Tel.: 0040 241 702600; Fax: 0040 241 694833; Telex: 14210; office@oil-terminal.com  
 www.oil-terminal.com

## CERTIFICATE OF QUALITY 4481/P

BILLS OF LADING NO. 1 DATED OCTOBER 31, 2014

PORT OF LOADING	CONSTANȚA, ROMANIA
DATE OF LOADING	OCTOBER 31, 2014
VESSEL	MT ANZER
GRADE OF PRODUCT	UNLEADED GASOLINE RON 92
SAMPLE FROM	AVERAGE COMPOSITE RAILWAY TANKCARS SAMPLES
BUYER:	OMV SUPPLY AND TRADING AG POSTSTRASSE 14 CH-6300 ZUG SWITZERLAND

**TABLE 1 - Requirements and test methods GASOLINE "RON 92"**

Property	Unit	Limits		Test method	Results
		Min.	Max.		
Density at 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	730	765	EN ISO 3675 (titration method)	749.6
Research octane number, RON	-	92	-	EN ISO 12185	92.7
Motor octane number, MON	-	82	-	EN ISO 5164	82.6
Lead content	mg/l	-	5.0	EN ISO 5163	<2.5
Benzene content	% (v/v)	-	3.0	EN 237	0.60
Sulphur content	mg/kg	-	20	EN ISO 22854	9.3
Existent gum content (solvent washed)	mg/100 ml	-	4	EN ISO 20846 (titration method)	-
Appearance	-	uncoloured, clear and bright		EN ISO 20844 (titration method)	uncoloured, clear and bright
Copper strip corrosion (3 h at 50 °C)	-	class 1		EN ISO 6246	class 1
Oxidation stability	minutes	360	-	EN ISO 2160	600
Distillation:	°C	-	60	EN ISO 7536	56.0
- 10 % (v/v) up to		-	120		99.0
- 50 % (v/v) up to		-	180		168.0
- 90 % (v/v) up to		-	205		199.0
- Final boiling point		-	3.5		1.9
- Residue and losses	% (v/v)	-	3.5		
Vapour pressure	kPa	45	60	EN 13016-1	54.04
- summer		55	70		
- winter		-	38		
Hydrocarbon type content: Aromatics	% (v/v)	-	38	EN ISO 22854	-
Doctor test	-	negative		ASTM D 4952	negative

For and on behalf of  
 OMV PETROM S.A.  
 Strada Corallor nr.22, (Petrom City)  
 SECTOR 1, COD 013329  
 BUCURESTI, ROMANIA

INDEPENDENT  
 INSPECTOR  
 AT LOADPORT

PETROM INSPECTION  
 INDEPENDENT  
 SURVEYOR - ROMANIA

LABORATORY

OIL TERMINAL S.A.  
 CONSTANȚA  
 BIROUL CONTROLUL  
 CALITĂȚII PRODUSULUI - LABORATOR  
 S12

IL-13-F9-05  
 Revizia: 0

ЗВІТ ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ		№ 13801/13805021/16		19-10-16	
Зразок представлений як : Бензин автотомобільний А-80-Євро4-Е5					
Отриманий : 14-10-16					
Маркування зразка : Резерв уар № 102					
Місце/Дата пробовідбору : Шебелівське ВПКН, с. Андрийка, Україна, 12-10-2016					
Кількість зразка : 5 x 0.7 л					
Назва показника	Одиниця виміру	Норма за ДСТУ 7687:2015	Результат випробування	Метод контролювання	
<b>Детонаційна стійкість :</b>					
- октанове число за дослідних методик		не менше 80	83.8	ГОСТ 8226	
- октанове число за моторних методик		не менше 76	76.7	ГОСТ 511	
<b>Тиск насиченої пари</b>					
- у перехідний період		кПа 50 - 90	82.50	ДСТУ 4160	
Концентрація свинцю		мг/дм <sup>3</sup> не більше 5	менше 5	(+) ДСТУ EN 237	
Густина за температури 15°С		кг/дм <sup>3</sup> 720 - 775	731.2	АС ТМ Д1298	
<b>Фракційний склад :</b>					
- за температури 70°С, випаровується		% 20.0 - 50.0	44.0	ГОСТ 2177	
- за температури 100°С, випаровується		% 46.0 - 71.0	53.0		
- за температури 150°С, випаровується		% не менше 75.0	85.0		
- температура висипання кінцева		°С не вище 210	189.0		
- об'ємна частка залишку після висипання		% не більше 2	1.2		
Вміст сірки		мг/кг не більше 50	30	АС ТМ Д 4294	
Об'ємна частка вуглеводнів				(+) АС ТМ Д 6729	
- олефінових		% не більше 18	0.38		
- ароматичних		% не більше 35	31.06		
Об'ємна частка бензолу		% не більше 1	0.4	(+) ДСТУ EN 12177	
Масова частка кисню		% не більше 2,7	відсутність	(+) ДСТУ EN 13132	
Об'ємна частка органічних азисполучень				(+) ДСТУ EN 13132	
- метанолу		% не більше: 3.0	менше 0.17		
- (біо)етанолу		% 5	менше 0.17		
- ізопропанолу		% 10	менше 0.17		
- ізобутанолу		% 10	менше 0.17		
- третбутанолу		% 7	менше 0.17		
- етери (С5 і вище)		% 15	менше 0.17		
- інші етиленові сполуки з температурою кипіння вище ніж 210 °С		% 10	менше 0.17		
Стабільність до окиснення (індукційний період)		хв. не менше 360	1200	(+) ГОСТ 4039	
Концентрація фазганичних смол (пробних розчиненням)		мг/100см <sup>3</sup> не більше 5	0.5	АС ТМ Д 381	
Корозія на латунній пластинці (3 год за температури 50 °С) в 3-х змішаний вигляді		1	1	АС ТМ Д 130	
		Прозорий та світлий, без механічних домішок та в одні	Прозорий та світлий, без механічних домішок та в одні	ДСТУ 7687 (9.4)	

(+) - Результати аналізу представлені сторонньою лабораторією

За перевіреними показниками пробя зразка відповідає вимогам згідно з ДСТУ 7687:2015:2007 "Бензини автотомобільні Євро. Технічні умови"; "Бензини автотомобільні А-80-Євро4-Е5 згідно з ДСТУ 7687:2015"

Лабораторія акредитована Національним Агентством з Акредитації України на компетентність відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Аттестат Акредитації № 2Н304, дійсний до 14.08.2017 року.

Примітка: Пробо зразка виготовлено за рецептурою автотомобільного бензину згідно з технічними умовами. Для збільшення результатів випробування з метою підвищення профілактики АС ТМ Д 130 на кінці зразка продукту, було також звернуто до стандартів ASTM D3244 (фракція бензину АС) ДР 3(47). Цей стандарт вказує на те, що кожного зразка до друкується протекторного зразка Saybolt "Ужорозробленою компанією Saybolt". Про це слід знати інформаційно.

Керівник випробувань аналітичної лабораторії  
ПІІ "САЙБОЛТ - УКРАЇНА"

63003, Україна, м. Сосні, вул. Микола Гоголя, 1А  
Тел.: (048) 729-32-01 | факс: (048) 729-32-05



І.Є. Малєєв



Додаток Д

Результати запитів 2-го рівня до електронних БД «Актуальний рівень забруднення»

Таблиця Д.1

**Очищення ґрунтів в процесі латеральної міграції. Фрагмент катени. Білоцерківська тестова ділянка**

№ полігону	Площа (га)	Фактори, що впливають на винесення ґрунту з ерозією					Кількість ґрунту, що виносить с полігону з ерозійними процесами (т)	Концентрація сполук свинцю в поверхневому шарі ґрунту у (мг/кг)	Кількість сполук свинцю, що виноситься з полігону за рахунок ерозійних процесів за рік <i>Ehm</i> (мг)
		<i>K<sub>v</sub></i>	<i>K<sub>s</sub></i>	<i>LS</i>	<i>C</i>	<i>R</i>			
462931	0.00216	0.20806	1	0.26	0,85	10,6	0,001052787	29,29341	0,03084
462899	0.0381685	0.47403	1	0.5	0,85	10,6	0,081509028	27,57474	2,24759
462872	0.023626	0.20806	1	0.32	0,85	10,6	0,014172732	30,7584	0,435931
462776	0.0284525	0.47403	1	0.14	0,85	10,6	0,017012929	30,85353	0,524909
462749	0.02215	0.47403	1	0.14	0,85	10,6	0,013244403	27,98697	0,370671
462577	0.026492	0.47403	1	0.18	0,85	10,6	0,020366569	28,86216	0,587823
459614	0.002145	0.47403	1	0.14	0,85	10,6	0,001282584	27,52717	0,035306
459276	0.004888	0.47403	1	0.14	0,85	10,6	0,002922738	28,62116	0,083652
402341	0.0025725	0.20806	1	0.28	0,02	10,6	3,17715E-05	27,25764	0,000866
390857	0.011867	0.20806	1	0.26	0,02	10,6	0,000136094	28,31358	0,003853
390843	0.0061285	0.20806	1	0.22	0,02	10,6	5,94705E-05	27,83476	0,001655

## Латеральна міграція сполук свинцю в приавтомагістральних геосистемах. Білоцерківська тестова ділянка

№	Площа геосистеми (кв.м)	Маса орного шару ґрунту в геосистемі (кг)	Концентрація свинцю в орному шарі (мг/кг)	Кількість сполук свинцю, що знаходиться в орному шарі геосистеми (мг)	Кількість сполук свинцю, що виноситься з полігону за рахунок ерозійних процесів за рік <i>Ehm</i> (мг)	Кількість сполук свинцю, що надходить в межі полігону за рахунок ерозійних процесів за рік (мг)	Залишкова кількість сполук свинцю, в межах полігону за рік (мг)
1	21388,83	2994436,2	29,29341	87717245,64	235583,4597	3000000	90481662,18
2	4440,78	621709,2	27,57474	17143468,74	12490,24151	179600	17310578,5
3	866,284	121279,76	30,7584	3730371,591	4529,736933	4000	3729841,855
4	899,007	125860,98	30,85353	3883255,674	4715,381889	4000	3882540,292
5	66500,06	15960014,4	27,98697	446672380,5	290337,0473	0	446382043,4
6	41194,8	9886752	28,86216	285352981,2	93928,68964	0	285259052,5
7	9880,45	2371308	27,52717	65275407,98	42429,01519	0	65232978,96
8	10534,05	2738853	28,62116	78389154,99	36481,10674	40000	78392673,88
9	1284,75	282645	27,25764	7704235,882	1680,924192	0	7702554,957
10	45487,93	10007344,6	28,31358	283343720,5	91442,74617	100000	283352277,8
11	134361,4	34933964	27,83476	972378469	1058396,564	2000000	973320072,5

## Латеральна міграція сполук свинцю в приавтомагістральних геосистемах. Димерська тестова ділянка

№	Площа геосистеми (кв.м)	Маса орного шару ґрунту в геосистемі (кг)	Концентрація свинцю в орному шарі (мг/кг)	Кількість сполук свинцю, що знаходиться в орному шарі геосистеми (мг)	Кількість сполук свинцю, що виноситься з полігону за рахунок ерозійних процесів за рік <i>Ehm</i> (мг)	Кількість сполук свинцю, що надходить в межі полігону за рахунок ерозійних процесів за рік (мг)	Залишкова кількість сполук свинцю, в межах полігону за рік (мг)
1	27821,4	2225712	19,02552511	42345339,55	1587,950233	131000	42474751,6
2	3355,05	268404	19,65972095	5276747,743	2044,73975	6580	5281283,003
3	44437,85	7554434,5	14,90325216	112585642,3	7284,953322	106000	112684357,3
4	42598,89	5537855,7	18,32790969	101497319,1	2342,245827	104000	101598976,9
5	112507,7	36002454,4	21,53059868	775154397,2	150186,1645	60000	775064211
6	44586,3	6687945	19,02552511	127241665,6	2544,833311	40000	127279120,7
7	43189,09	12956727	18,70842719	242399983,8	16967,99886	0	242383015,8
8	13007,24	2081158,4	18,54987823	38605234,91	3619,240772	10000	38611615,67
12	151158,5	45347550	18,70842719	848381337,6	79182,25818	50000	848352155,4
13	15732,73	4719819	18,39132927	86803745,34	8101,682899	0	86795643,66
14	271551,8	81465543	18,54987823	1511175903	105782,3132	0	1511070121

## Бали зв'язування та потенційні можливості для проходження хімічної радіальної міграції розчинних форм

## Рв. Димерська тестова ділянка

№	Назва ґрунту	$B_{(pH)}$	$B_{(h)}$	$B_{(m)}$	$B_{(total)}$	Небезпека
1	Дерново-слабопідзолисті глинисто-піщані	5	-	-	5	Вельми слабка
2	Дерново-середньопідзолисті глинисто-піщані	5	-	-	5	Вельми слабка
3	Дерново-середньопідзолисті супіщані	4	0	0,5	4,5	Слабка
4	Дерново-середньопідзолисті слабозмиті супіщані	4	0	0,5	4,5	Слабка
5	Дерново-середньопідзолисті слабозмиті	5	-	-	5	Вельми слабка
6	Дерново-середньопідзолисті глеюваті	5	-	-	5	Вельми слабка
7	Дерново-середньопідзолисті глесві	5	-	-	5	Вельми слабка
8	Дернові глейові неглибокі глинисто-піщані	5	-	-	5	Вельми слабка
9	Болотні супіщані	5	-	-	5	Вельми слабка
10	Торфово-болотні сильнорозкладені середньозольні осушені супіщані	5	-	-	5	Вельми слабка
11	Дернові глейові глибокі в поєднанні з болотними супіщані	5	-	-	5	Вельми слабка
12	Розмиті ґрунти ярів та балок піщані	5	-	-	5	Вельми слабка

## Бали зв'язування та потенційні можливості для проходження хімічної радіальної міграції розчинних форм Рв.

## Білоцерківська тестова ділянка

№	Назва ґрунту	$B_{(pH)}$	$B_{(h)}$	$B_{(m)}$	$B_{(total)}$	Небезпека
1	Розмиті ґрунти ярів та балок	5	-	-	5	Вельми слабка
2	Заплавні болотні карбонатні легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
3	Чорноземи типові вилуговані глибокі малогумусні крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
4	Чорноземи слабореградовані крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
5	Темно-сірі опідзолені середньозмиті з плямами сильнозмитих піщанисто-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
6	Чорноземи типові малогумусні сильнозмиті середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
7	Чорноземи типові глибокі малогумусні слабозмиті крупнопилувато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
8	Чорноземи типові малогумусні слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
9	Чорноземи типові намиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
10	Заплавні мулувато-болотні карбонатні середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
11	Чорноземи типові слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
12	Чорноземи типові сильнозмиті легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка

Продовження таблиці Д.5

13	Чорноземи типові вилуговані неглибокі малогумусні слабозмиті крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
14	Чорноземи типові глибокі малогумусні середньозмиті з плямами слабозмитих крупнопиловато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
15	Чорноземи опідзолені крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
16	Чорноземи типові сильнозмиті з плямами середньозмитих крупнопиловато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
17	Чорноземи типові глибокі малогумусні крупнопиловато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
18	Чорноземи типові малогумусні крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
19	Лучно-чорноземні карбонатні намиті крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
20	Лучні карбонатні глеєві крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
21	Чорноземи типові вилуговані неглибокі малогумусні крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
22	Чорноземи опідзолені слабозмиті крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
23	Чорноземи опідзолені сильнозмиті з плямами розмитих крупнопиловато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
24	Лучно-болотні карбонатні крупнопиловато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка

Продовження таблиці Д.5

25	Чорноземи типові сильнозмиті з плямами розмитих крупнопилувато-середньосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
26	Чорноземи типові малогумусні слабозмиті легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
27	Чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
28	Чорноземи опідзолені слабозмиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
29	Лучно-чорноземні вилуговані намиті піщанисто-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
30	Лучні карбонатні намиті крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
31	Чорноземи опідзолені сильнозмиті піщанисто-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка
32	Темно-сірі опідзолені глеюваті намиті супіщані	5	-	-	5	Вельми слабка
33	Чорноземи опідзолені сильнозмиті з плямами середньозмитих крупнопилувато-легкосуглинкові	5	-	-	5	Вельми слабка

## Актуальний рівень забруднення. Білоцерківська тестова ділянка

№	Частка сполук свинцю, що виноситься за межі геосистеми в процесі латеральної міграції (%)	Частка сполук свинцю, що надходить в межі геосистеми в процесі латеральної міграції (%)	Частка сполук свинцю, що виноситься за межі ґрунтів геосистеми в процесі біогеохімічної міграції (%)	Актуальний рівень забруднення (Poll.h.m.) (швидкість забруднення геосистем (%))
1	0,268571429	3,420080029	2,5	100,6515086
2	0,072857143	1,047629291	4	96,97477215
3	0,121428571	0,107227924	5,6	94,38579935
4	0,121428571	0,103006352	5,6	94,38157778
5	0,065	0	0	99,935
6	0,032916667	0	0	99,96708333
7	0,065	0	5	94,935
8	0,046538462	0,051027467	0	100,004489
12	0,021818182	0	4	95,97818182
13	0,032272727	0,035292824	6,2	93,8030201
14	0,108846154	0,20568123	4	96,09683508
15	0,077692308	0,255728996	10	90,17803669
16	0,11625	0,068307535	5,6	94,35205753
17	0,1675	0,01695008	5,6	94,24945008
18	0,1675	0,068044492	4	95,90054449



## Актуальний рівень забруднення. Димерська тестова ділянка

№	Частка сполук свинцю, що виноситься за межі геосистеми в процесі латеральної міграції (%)	Частка сполук свинцю, що надходить в межі геосистеми в процесі латеральної міграції (%)	Частка сполук свинцю, що виноситься за межі ґрунтів геосистеми в процесі біогеохімічної міграції (%)	Актуальний рівень забруднення ( <i>Poll.h.m.</i> ) (швидкість забруднення - очищення геосистем (%))
1	0,00375	0,309361081	2,5	97,80561108
2	0,03875	0,124698021	2,5	97,58594802
3	0,006470588	0,094150549	2,5	97,58767996
4	0,002307692	0,102465761	5	95,10015807
5	0,019375	0,007740393	4	95,98836539
6	0,002	0,031436244	2,5	97,52943624
7	0,007	0	5,6	94,393
8	0,009375	0,025903223	5	95,01652822
9	0,009333333	0,005893576	5	94,99656024
10	0,009333333	0	5	94,99066667
11	0,007	0	5	94,993
12	0,008	0	5	94,992
13	0,007	0	5	94,993
14	0,007	0	5	94,993

**Результат запитів до субблоку БД «Термінологічно-класифікаційний». Запит 2-го рівня «Типізація  
приавтомагістральних геосистем». Білоцерківська тестова ділянка**

№	Клас	Підклас	Відділ	Група	Під-група	Тип	Під-тип	Категорія	Під-категорія	Розряд	Підрозряд	Вид	Підвид	Варіант
1	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	суглинковий	нейтральна	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
2	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	суглинковий	близька до нейтральної	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
3	1	суто автотранс портна	елюві-альна.	плоска	суглинковий	нейтральна	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
7	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска,	суглинковий	близька до нейтральної	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
11	1	суто автотранс портна	транс-елювіальна	полога	суглинковий	нейтральна	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
12	1	суто автотранс портна	транс-елювіальна	полога	суглинковий	слабокисла	гуматний			слабозмиті	розорана	L - тип	вельми високий	середній

14	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	суглинковий	нейтральна	гуматний			середньо-змиті	розорана	L - тип	вельми високий	середній
15	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	супіщаний	близька до нейтральної	гуматно-фульватний			середньо-змиті	розорана	L - тип	вельми високий	високий
18	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	суглинковий	нейтральна	фульватно-гуматний			сильно-змиті	розорана	L - тип	вельми високий	середній
21	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	суглинковий	нейтральна	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
24	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	суглинковий	близька до нейтральної	гуматний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
33	1	суто автотранс портна	транс-елюві альна	похила	суглинковий	нейтральна	гуматний	глеюваті		середньо-змиті	лучна	L - тип	вельми високий	середній
34	1	суто автотранс портна	супер-аквальна	плоска	супіщаний	близька до нейтральної	гуматно-фульватний-				лучна	L - тип	вельми високий	середній

37	1	суто автотранс портна	супер- аква- льна	плоска	суглин- ковий	нейтра- льна	фуль- ват- ний-				болотяна	L - тип	вельми високий	середній
39	1	суто автотранс портна	супер- аква- льна	плоска	суглин- ковий	близька до нейтра- льної	гумат- ний				болотяна	L - тип	вельми високий	низький
41	1	суто автотранс портна	супер- аква- льна	плоска	суглин- ковий	нейтра- льна	гумат- но- фуль- ват- ний				болотяна	L - тип	вельми високий	середній
43	1	суто автотранс портна	транс- елюві альна	полога	суглин- ковий	близька до нейтра- льної	гумат- ний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
44	1	суто автотранс портна	транс- елюві альна	полога	суглин- ковий	близька до нейтра- льної	гумат- но- фуль- ват- ний			серед- ньо- змиті	розорана	L - тип	вельми високий	середній
49	1	суто автотранс портна	транс- елюві альна	полога	суглин- ковий	нейтра- льна	гумат- ний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
52	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	полога	суглин- ковий	близька до нейтра- льної	гумат- ний				розорана	L - тип	вельми високий	середній

**Результат запитів до субблоку БД «Термінологічно-класифікаційний». Запит 2-го рівня «Типізація  
приавтомагістральних геосистем». Димерська тестова ділянка**

№	Клас	Підклас	Відділ	Група	Підгрупа	Тип	Під-тип	Категорія	Під-категорія	Розряд	Підрозряд	Вид	Підвид	Варіант
1	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	супіщаний-	близька до нейтральної	фульватний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
2	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	глинисто-піщаний	слабокисла	фульватний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
3	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	супіщаний-	нейтральна	фульватний	глеюватий			розорана	L - тип	вельми високий	середній
7	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	супіщаний-	середньоокисла	фульватний	глеюватий			розорана	L - тип	вельми високий	середній
8	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	супіщаний-	нейтральна	фульватний	Оглеєні,			розорана	L - тип	вельми високий	високий
9	1	суто автотранс портна	елюві-альна	плоска	супіщаний	нейтральна	фульватний	глеюватий			розорана	L - тип	вельми високий	середній

Продовження таблиці Д.9

10	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	глинисто - піщаний	серед- ньокис- ла	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
12	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	похи- ла	супіща- ний	сильно- кисла	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
15	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	поло- га	супіща- ний	слабо- кисла	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
16	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	поло- га	супіща- ний	нейтра- льна	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	високий
18	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	поло- га	супіща- ний	нейтра- льна	фуль- ват- ний			слабо- змиті	лучна	L - тип	вельми високий	високий
21	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	поло- га	супіща- ний	сильно- кисла	фуль- ват- ний			слабо- змиті	розорана	L - тип	вельми високий	високий
22	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	похи- ла	супіща- ний	сильно- кисла	фуль- ват- ний			слабо- змиті	розорана	L - тип	вельми високий	високий
23	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	супіща- ний	сильно- кисла	фуль- ват- ний				багато- річні насадже- ння	R - тип	високий	високий
26	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	похи- ла	піщаний	сильно- кисла	фуль- ват- ний			роз- миті	лучна	L - тип	вельми високий	середній

Продовження таблиці Д.9

27	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	супіща- ний	слабо- кисла	фуль- ват- ний	глею- ватий			розорана	L - тип	вельми високий	середній
28	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	глинисто - піщаний	слабо- кисла	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
30	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	глинисто - піщаний	близька до нейтра- льної	фуль- ват- ний				розорана	L - тип	вельми високий	середній
36	1	суто автотранс портна	елюві- альна	плос- ка	супіща- ний	слабо- кисла	фуль- ват- ний	глею- ватий			розорана	L - тип	вельми високий	середній
46	1	суто автотранс портна	транс- елюві- альна	похи- ла	супіща- ний	слабо- кисла	фуль- ват- ний	глейо- вий			лучна	L - тип	вельми високий	середній