

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

В.І. КЛИМЕНКО

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ҐРУНТІВ**

Монографія

Київ
«Азимут-Україна»
2012

УДК 502.521:502.17]:004
ББК 26.34
К49

Рецензенти:

ЯКОВЛЄВ Є.О., доктор техн. наук;

БИЧЕНОК М.М., доктор техн. наук

*Схвалено до друку Вченою радою
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України 24 жовтня 2012 року*

Клименко В.І.

К49 Сучасні інформаційні технології для екологічної безпеки ґрунтів. – К.: «Азимут-Україна». – 2012. – 120 с. + іл.
ISBN 978-966-1541-42-8

На основі сучасних геоінформаційних систем і технологій та дистанційного зондування Землі автором отримано нові результати наукових досліджень та запропоновано метод моніторингу екологічного стану земель під впливом техногенного пилу; розроблено методологію синтезу моделей оцінок топографічних параметрів навантаження земель техногенним пилом від зосереджених, просторово-розподілених та лінійно-протяжних джерел викидів; удосконалено методіку інвентаризації лісосмуг уздовж доріг як екрануючого чинника впливу викидів від автотранспорту у навколишнє природне середовище.

Практична цінність результатів досліджень полягає в тому, що розроблені автором методика і сучасні технології дозволяють оцінювати техногенний вплив геохімічного забруднення приземної атмосфери на дослідній території та створювати картографічні матеріали на основі використання космічних знімків високої розподільної здатності. Це забезпечує більш обґрунтоване визначення параметрів просторового розподілу і вимірів площ геохімічно деградованих земель, оптимізацію мережі станцій відбору проб ґрунту на вміст забруднюючих речовин техногенного походження, картографування зон впливу промислових об'єктів на показники якості земель прилеглих територій.

ББК 26.34

*Видано за рахунок гранта Президента України
для обдарованої молоді*

© Клименко В.І., 2012
© Худ. оформлення
«Азимут-Україна», 2012

ISBN 978-966-1541-42-8

ЗМІСТ

<i>Терміни і скорочення</i>	4
<i>Вступ</i>	5

Розділ 1

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Основні чинники забруднення	9
1.2. Сучасна організація екологічного моніторингу земель	18
1.3. Проведення робіт для покращення екологічного стану земель	25

Розділ 2

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

2.1. Космічний моніторинг земель	29
2.2. Фізичні основи ідентифікації впливу на довкілля	38
2.3. Визначення забрудненості ґрунтів різними методами	42
2.4. Методичні засади дешифрування на космічних знімках техногенного забруднення земель	47

Розділ 3

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВИКИДІВ

3.1. Технічні характеристики Трипільської ТЕС	53
3.2. Вплив рози вітрів на поширення забруднення	61
3.3. Картографування зони забруднення	64
3.4. Моделювання поширення забруднюючих речовин	69

Розділ 4

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВИКИДІВ

4.1. Моделі зон забруднення земель навколо міст	80
4.2. Забруднення земель від пересувних джерел	86
4.3. Екологічний зміст картографічних моделей	104

<i>Висновки</i>	108
<i>Список використаних джерел</i>	110

ТЕРМІНИ І СКОРОЧЕННЯ

ГІС	– геоінформаційні системи
ДЗЗ	– дистанційне зондування Землі
ІЧ	– інфрачервоний діапазон
НВЧ	– надвисокочастотний діапазон
ГДК	– граничнодопустимі концентрації
K_c	– поелементні показники концентрації
Z_c	– сумарні показники концентрації
C_i	– концентрація елементів в i -тому зразку
C_{ϕ}	– відповідна фонові концентрація
P_n	– пилове навантаження, мг/м ² на добу
P_o	– маса пилу в пробі (мг)
S	– площа шурфу (м ²)
t	– час від встановлення стійкого снігового покриву, доба
КСЯ	– коефіцієнт спектральної яскравості
КЯ	– коефіцієнт яскравості
K	– коефіцієнт випромінювання
A	– альbedo
ЕПР	– ефективна площа розсіювання
ДП	– діелектрична проникність
МВВ	– місця видалення відходів
ТПВ	– тверді побутові відходи

ВСТУП

Актуальність теми дослідження

Земельні ресурси кожної держави значною мірою обумовлюють ступінь збалансованості економічних і соціальних складових умов її сталого розвитку, принципи якого задекларовано конференцією ООН із навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро у 1992 році. Конституцією України визначено, що земля є основним національним багатством, яке перебуває під особливою охороною держави.

За земельною площею Україна – друга країна Європи, а за якісним складом та біопродуктивністю ґрунтів – одна з найбагатших держав світу. Проте високий рівень господарського освоєння її території зумовлює інтенсивний вплив антропо- та техногенезу на земельні ресурси, склад і характер процесів, які тут проходять. Незбалансоване антропогенне навантаження на землі всіх категорій, визначених Земельним кодексом України, досягло рівня, за якого можливі катастрофічні наслідки не тільки для всієї системи природокористування, але і для соціальної сфери в цілому.

Як свідчать статистичні дані, спостерігається стала тенденція погіршення якісного стану земельного фонду. Особливе занепокоєння викликає зростання в останні роки процесів техногенного забруднення земель, що обумовлює неможливість виробництва на них екологічно чистої продукції. Сучасний еколого-економічний стан земельних ре-

сурсів переважної території України, на думку авторів проекту «Концепції загальнодержавної програми використання та охорони земель» [31], можна охарактеризувати як напружений, а подекуди кризовий, з тенденцією до погіршення.

За статистичними даними, в 2007 році в Київській області від стаціонарних і пересувних джерел забруднення викинуто в атмосферне повітря 251,4 тис. тонн шкідливих речовин та парникових газів, що перевищує показники за попередніми роками. Велика кількість викидів (158 тис. тонн) надходить від пересувних джерел забруднення, що на 17,5 тис. тонн більше від попереднього року. За видами економічної діяльності найбільше викидів припадає на виробництво електроенергії тепловими електростанціями (72,5 %), діяльність трубопровідного транспорту з транспортування газу (16,7 %), переробну промисловість (7,1%). Також велику небезпеку для навколишнього середовища становить забруднення ґрунтів різними шкідливими елементами, серед яких радіонукліди, важкі метали тощо. Лише за 2007 р. на підприємствах Київської області утворилося 7,4 тис. тонн відходів I–III класів небезпеки [61].

Закон України «Про охорону земель» від 19 червня 2003 року № 3962-IV визначає правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості земель, інших корисних властивостей землі, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву [18]. Для інформаційної підтримки рішень щодо забезпечення виконання вимог цього закону і низки інших законодавчих актів, регулюючих сучасні земельні відносини в Україні (наприклад «Закон України про оцінку землі» від 11 грудня 2003 року № 1378-IV [18]), визначення розмірів збитків від деградації земель усіх категорій основного цільового призначення, обґрунтування екологічно доцільних та економічно прий-

нятних напрямів їх використання і збереження необхідно мати достовірні, точні та своєчасні дані про якісні та топографічні характеристики деградованих земель, природу і параметри чинників деградації.

Розробці сучасних технологій реєстрації земель і предметно орієнтованої обробки, основаних на використанні методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу із засобів геоінформаційних систем (ГІС), присвячена ця монографія.

Монографію присвячено також дослідженню можливостей космічного моніторингу забруднення атмосфери техногенним пилом зосереджених, просторово розподілених і лінійно-протяжних джерел викидів, які базуються на тематичній обробці космічних знімків та використанні технологій сучасних геоінформаційних систем. Основна ідея обґрунтування цих можливостей полягає в синтезі картографічних моделей, які характеризують просторово-часовий розподіл аномальних концентрацій техногенного пилу в атмосфері і, як наслідок, у фітоценозах, землях і поверхневих водах довкола джерел викидів.

Такий розподіл є однією з важливих характеристик екологічного стану місцевості, яка має досить широкий спектр практичних застосувань (медико-екологічні дослідження і експертиза, грошова оцінка земельних ділянок, погодження проектів будівництва нових чи реконструкція діючих підприємств тощо).

Оскільки картографічні моделі пропонується синтезувати із залученням електронних топографічних карт відповідних територій, засобами сучасних ГІС нескладно визначити площі зон впливу на довкілля не тільки викидів стаціонарних джерел, якими є потужні промислові підприємства, а й міських агломерацій, в яких атмосфера забруднюється як об'єктами інфраструктури, так і автотранспортом.

У роботі вперше за допомогою розробленої методики застосування ДЗЗ з космосу, ГІС та технології космічного моніторингу екологічного стану земель під впливом забруднення техногенним пилом зосереджених, просторово розподілених та лінійно-протяжних джерел викидів в атмосферу отримано картографічні моделі забруднення земель викидами Трипільської ТЕС, Київського мегаполісу, місць видалення твердих побутових відходів та вздовж великих доріг.

Використання зазначених моделей може бути корисним при проведенні комплексного екологічного моніторингу, для оптимізації розташування сітки станцій відбору проб ґрунту на вміст забруднюючих речовин, для визначення ділянок автомобільних шляхів, які потребують першочергового заліснення вздовж доріг, картографування зон впливу різних об'єктів на показники якості земель прилеглих територій, грошових оцінок земельних ділянок тощо. Адже якісне картографічне забезпечення має велике значення для екологічного менеджменту, аудита і покращення екологічного управління та екологічної політики в агросфері.

Розділ 1

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ

ЗЕМЕЛЬ

1.1. Основні чинники забруднення

На динаміку і тенденції деградації земель істотно впливають природні та антропогенні чинники. За звичайних нормальних умов усі процеси, що відбуваються в землі, знаходяться у рівновазі, у ґрунтах постійно відбуваються процеси самоочищення. Але при акумуляції ґрунтами великої кількості шкідливих речовин можливість їх до відновлення втрачається.

До причин деградації відносять розорювання, зрошення, ерозію ґрунтів, зниження лісистості, забруднення різними шкідливими елементами, у тому числі важкими металами тощо. В Україні щороку в атмосферне повітря викидається майже 8 млн т різних шкідливих речовин, у поверхневі стоки потрапляє 7–8 млрд м³ стічних вод, у ґрунтах акумулюється велика кількість отрутохімікатів та мінеральних добрив [6, 17, 54].

Результатом деградації ґрунтів є зменшення ґрунтового покриву та погіршення якості ґрунтів. Механічна деградація веде до погіршення властивостей ґрунту через руйнування його ґрунтового покриву. Найбільшим виявом механічної деградації є ерозія ґрунту, внаслідок чого пору-

шується ґрунтовий покрив та утворюються відвали. При фізичній деградації порушується структура ґрунту, іде ущільнення внаслідок використання важкої сільськогосподарської техніки та недосконалої обробки ґрунту, що негативно впливає на хіміко-фізичні та водоповітряні властивості ґрунту [73]. Хімічна деградація відбувається внаслідок порушення хімічних властивостей ґрунту, зменшення поживних елементів, вторинного засолення та осолонцювання, забруднення важкими металами та іншими токсикантами. Біологічна деградація виникає при зменшенні в ґрунтах видового різноманіття, мезофауни, корисних елементів та при забрудненні ґрунту патогенними мікроорганізмами [2, 30].

Основні джерела техногенного навантаження на ґрунти представлено на **рис. 1.1**.

За величиною зон і рівнем забруднення ґрунтів його поділяють на фонове, регіональне, локальне та глобальне. *Фонове* забруднення є таким, коли сучасний геохімічний склад ґрунту є близьким до природного складу або відповідає йому. *Локальним* називається забруднення ґрунту навколо одного або сукупності декількох джерел забруднення. *Регіональним* є забруднення ґрунту на великих територіях, при якому забруднюючі речовини поширюються на відстань до 40 км від техногенних та понад 10 км від сільськогосподарських джерел забруднення. Глобальне забруднення частіше за все виникає внаслідок потужних атмосферних викидів, і забруднюючі речовини поширюються більш ніж на 1000 км від джерел забруднення [41].

Промислові підприємства, енергетичні установки і транспорт можуть спричинити регіональне та глобальне забруднення ґрунтів. Також регіональне забруднення може спостерігатися при випаданні кислотних дощів.

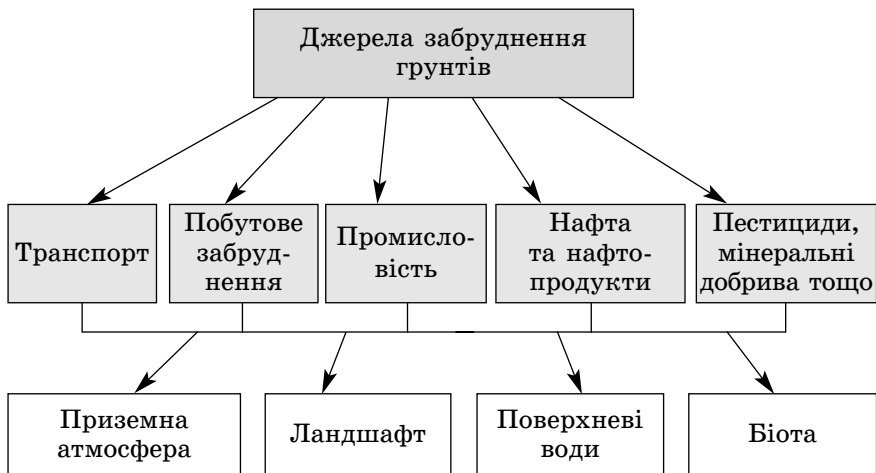


Рис. 1.1. Основні джерела забруднення, що погіршують екологічну ситуацію в ґрунтах

Сьогодні в усьому світі стоїть проблема забруднення навколишнього середовища, у тому числі ґрунтів, важкими металами. За ступенем впливу важкі метали поділяють на три класи: високонебезпечні, небезпечні та малонебезпечні.

Важкі метали потрапляють до ґрунту внаслідок викидів заводів, хімічних підприємств, ТЕС, сміттєспалювання, звалищ відходів, атмосферних опадів, пожеж тощо. Також забруднюються землі внаслідок викидів від автомобілів. Уздовж великих доріг з інтенсивним рухом транспортних засобів ширина смуг забруднення досягає 200 м, і найбільше потрапляють в ґрунти кадмій, цинк та свинець.

Важкі метали ще небезпечні тим, що, потрапляючи до екосистеми, вони постійно рухаються і переходять від однієї форми до іншої. Виділяють такі системи транслокації (переходу) важких металів: повітря – ґрунт; ґрунт – вода; ґрунт – рослина – тварина; ґрунт – тварина – рослина – людина; ґрунт – рослина – людина і т. ін. [52, 74].

Протягом трьох років були проведені дослідження переходу важких металів за ланцюгом ґрунт – рослина [26]. Дослідження проводились у Київській та Житомирській областях за трьома типами ґрунтів: дерново-підзолистих, торфових і чорноземів. Результати показали, що всі важкі метали по-різному взаємодіють з компонентами ґрунту, та найбільш рухомими є цинк і кадмій. Основними факторами переходу важких металів із ґрунту в рослини є біологічні особливості рослин та агрохімічні властивості ґрунту.

У ґрунтах, забруднених нафтою, відбувається порушення структури, біологічних процесів, витісняється кисень, знижується водопроникність, зменшується вміст рухомих форм фосфору та калію, погіршується водний, повітряний та поживний режим, уповільнюється ріст рослин та спричинюється їх загибель. Сполуки нафтопродуктів впливають на фізичні, хімічні та біологічні процеси в ґрунті, на рослини, тварини. Вплив залежить від їх хімічної природи, густини, в'язкості, стійкості, токсичності, концентрації, кількості тощо.

Заходи щодо підвищення продуктивності земель та їх охорони дуже різноманітні і повинні здійснюватися комплексно, як єдина система, взаємно доповнюючи один одного і посилюючи дію всіх інших.

Велика кількість різних забруднюючих речовин, потрапляючи в ґрунти, затримується і продовжує мігрувати різними ланцюгами. Склад та кількість цих елементів залежать від таких факторів, як склад гумусу, кислотність ґрунту, сорбуюча здатність тощо [1].

Крім того, ґрунти мають властивість самоочищення, при якому основними характеристиками є швидкість самоочищення та захисна спроможність ґрунту. Часом самоочищення є інтервал, протягом якого відбувається зменшення забруднюючих речовин у ґрунті на 96 % від початкового

значення або приведення до його фонового значення. Для самоочищення ґрунтів необхідно багато часу, тривалість якого залежить від характеру забруднень та природних умов. Цей процес триває від декількох днів до декількох років, а процес відновлення порушених земель – сотні років [2].

Екологічна ситуація Київської області в цілому напружена. Перелік проблем постійно залишається без змін – це незадовільний стан частини водопровідно-каналізаційних мереж, несанкціоноване розміщення відходів, часто незадовільний стан полігонів із захоронення відходів, відсутність на багатьох об'єктах зливової каналізації, систем замкнутого водокористування, пилогазоочисного устаткування.

Основну напруженість створюють екологічно-небезпечні об'єкти загальнодержавного значення – полігон твердих побутових відходів № 5 ВАТ «Київспецтранс» і Трипільська ТЕС, які мають великі площі атмосферного та геохімічного впливу на ґрунти та водні поверхні. Полігон ТПВ № 5 залишається об'єктом забруднення підземних вод фільтратом. Трипільська ТЕС – основний забруднювач атмосферного повітря.

Незважаючи на проведення робіт на державному рівні зі зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, загальна кількість викидів в області залишається досить великою, що зумовлює підвищений рівень забруднення повітря в деяких містах області.

Однією з важливих екологічних проблем у Київській області є забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами автотранспортних засобів, у т.ч. вуглеводнями, оксидами вуглецю та азоту [16]. Відповідно до даних Головного управління статистики Київської області [13] зміни викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря показано у *табл. 1.1, 1.2*, де простежується динаміка змін кількості викидів.

Таблиця 1.1

**Динаміка викидів шкідливих речовин
та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря
Київської області**

Рік	Обсяги шкідливих викидів			Викиди діоксиду вуглецю		
	усього, тис. т	у тому числі		усього, тис. т	у тому числі	
		стаціонар- ними дже- релами	пересувними джерелами ¹		стаціонар- ними дже- релами	пересувни- ми джере- лами ¹
1990	509,1	219,9	289,2	...	...	...
1991	...	238,1	...	...	...	...
1992	387,2	205,3	181,9	...	...	...
1993	345,1	175,3	169,8	...	...	...
1994	223,8	129,9	93,9	...	...	...
1995	209,1	122,6	86,5	...	...	...
1996	166,8	81,1	85,7	...	...	...
1997	148,5	84,0	64,5	...	...	...
1998	157,9	85,0	72,9	...	...	...
1999	153,0	99,4	53,6	...	...	...
2000	167,5	80,8	86,7	...	...	...
2001	173,2	87,4	85,8	...	...	...
2002	183,5	93,0	90,5	...	...	...
2003	168,1	75,3	92,8	1,5	1,5	...
2004	173,2	78,8	94,4	5,9	5,9	...
2005	170,0	73,0	97,0	6,3	6,3	...
2006	201,9	108,3	93,6	7,4	7,4	...
2007	251,4	93,4	158,02	9,7	7,3	2,4
2008	289,8	107,4	182,4	11,2	8,4	2,8

¹ За 1990–2002 рр. відображаються дані по автомобільному транспорту; з 2003 р. – по автомобільному, залізничному, авіаційному, водному транспорту; з 2007 р. – по автомобільному, залізничному, авіаційному, водному транспорту та виробничій техніці.

Таблиця 1.2

**Викиди окремих шкідливих речовин та діоксиду вуглецю
в атмосферне повітря у 2008 році в Київській області**

Речовини	Обсяги викидів			
	усього	у тому числі		у % до попереднього року
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами ¹	
Шкідливі речовини –	289830,1	107373,9	182456,2	115,3
У тому числі:				
метали та їх сполуки	40,8	40,8	–	101,5
метан	14647,9	14057,0	590,9	108,4
неметанові леткі органічні сполуки	24229,0	2515,1	21713,9	115,3
оксид вуглецю	142294,2	4644,3	137649,9	114,1
діоксид та інші сполуки сірки	49487,5	47604,2	1883,3	131,9
сполуки азоту,	37624,2	18954,2	18670,0	116,9
з них оксид азоту	353,6	226,7	126,9	110,2
речовини у вигляді твердих суспендованих частинок	21343,2	19403,9	1939,3	96,4
інші	163,3	154,4	8,9	69,3
Діоксид вуглецю, млн т	11,2	8,4	2,8	115,4

¹ Враховані викиди від автомобільного, залізничного, авіаційного, водного транспорту та виробничої техніки.

За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища України та Довідки про стан навколишнього природного середовища в Київській області у 2005 році, зазначено, що у сфері охорони водних ресурсів екологічні проблеми полягають у забрудненні нафтопродуктами підземних вод в районі м. Біла Церква, м. Узин Білоцерківського району, с. Проліски Бориспільського району, у відсутності очисних споруд зливової каналізації в деяких місцях, низькій ефективності роботи деяких очисних споруд біологічної очистки у зв'язку з їх незадовільним технічним станом.

Потребує вирішення проблема забруднення нафтопродуктами, солями важких металів та іншими шкідливими забруднювачами ґрунтів, поверхневих і підземних вод території дендропарку «Олександрія».

Процеси економічного і соціального розвитку, які здійснювались в області на принципах максимального використання природних ресурсів без дотримання екологічних вимог, призвели до зниження стійкості ландшафтів і здатності їх до самоочищення та самовідновлення, загострили протиріччя між зростаючими потребами суспільства та можливостями природних комплексів витримувати антропогенне навантаження і забезпечити всю сукупність факторів, які визначають якість середовища, його комфортність та екологічне благополуччя населення. Це також призвело до інтенсивного розвитку деградаційних процесів.

Незбалансоване антропогенне навантаження на природні ресурси області досягло розмірів, за якими вбачаються катастрофічні наслідки не тільки для всієї системи природокористування, але і в цілому для соціальної сфери. Одним з головних факторів, що дестабілізують екологічну ситуацію, є сільськогосподарська освоєність і розораність, яка становить відповідно 64,2 % та 45,7 % території. Близько 23 % площ орних земель лежить на схилах крутістю до 50 градусів, а крутістю понад 50 градусів – 2,4 %.

Надмірне розширення площі ріллі за рахунок схилових земель призвело до порушення екологічно збалансованого співвідношення площ ріллі, луків, лісів та водойм, що негативно позначилось на стійкості ландшафтів. Нестримне розорювання земель з усієї ландшафтної катени – від вододілу до заплави – у сукупності з низьким технічним оснащенням землеробства різко загостило процеси водної ерозії. Втрати від ерозії вимірюються мільйонами гривень на рік, знищенням найбільш родючих шарів ґрунту, його найважливішої складової – гумусу тощо.

На цей час розроблена «Схема охорони земель Київської області від деградаційних процесів та основні заходи щодо їх стабілізації», в якій детально охарактеризовано всі деградаційні процеси та накреслено заходи для їх стабілізації.

В області великі площі займають землі під відкритими розробками, шахтами та відповідними спорудами – 3,0 тис. га, з них близько 1800 га – відпрацьовані розробки, кар'єри, закриті шахти, підвали, терикони, які не експлуатуються. Концепція використання порушених земель, яка склалася у минулі роки, передбачає безумовне повернення їх після рекультивації в ті самі угіддя, з яких вони були вилучені, тобто здебільшого у рілля. Але у зв'язку з браком коштів рекультивація не проводилась, що також негативно впливає на екологічний стан земельних ресурсів області.

На кінець 2007 року на території підприємств, за даними Головного управління статистики в Київській області, у спеціально відведених місцях зберігається 159766,0 т промислових відходів I–III класів безпеки. Із них 164,1 т (або 0,1 % від загальної кількості) належить до I класу безпеки і 4248,3 т (або 2,7 %) – до II класу безпеки.

На цей час в області налічується 7 об'єктів, на яких зберігаються промислові відходи і 35 звалищ твердих побутових відходів (ТПВ), які мають дозволи на розміщення відходів. Загальна їх площа становить 487,77 га, обсяг накопичених

відходів – 41417,89 тис. т. З них ТПВ – 17071,44 тис. т. Більшість місць захоронення твердих побутових відходів не відповідають вимогам екологічної безпеки, а саме – відсутні системи інженерного захисту підземних і поверхневих вод від забруднення токсичними компонентами відходів. Значну потенційну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людей становить полігон ТПВ № 5 м. Києва, як зазначалось вище. Основна небезпека пов'язана з великими (від 300 до 500 м³) обсягами накопиченого фільтрату та проникненням його токсичних компонентів у підземні води. Потребує вирішення питання утилізації непридатних до використання пестицидів і агрохімікатів, які зберігаються в господарствах і хімоб'єднаннях у кількості 1681,393 тис. т. [16].

1.2. Сучасна організація екологічного моніторингу земель

Для проведення ефективного державного управління з якості навколишнього природного середовища необхідною умовою є наявність відповідної інформації про його стан. Ця інформація збирається та аналізується за допомогою регіональної системи моніторингу довкілля.

Екологічний моніторинг на території України та Київської області станом на 2007 рік проводять Державна екологічна інспекція в Київській області, Дніпровське басейнове управління водних ресурсів, Центральна геофізична обсерваторія, Радіоекологічний центр ДСНВП «Екоцентр». Щодо таких параметрів, як підземні води, джерела скидів зворотних вод у глибокі підземні водоносні горизонти, ґрунти, зовсім нема точок спостереження. Дані стосовно суб'єктів моніторингу довкілля, а також відомості щодо кількості точок спостереження подані в *табл. 1.3* [16].

З метою впровадження регіональної системи моніторингу довкілля в Київській області наказом Держуправління

від 17 вересня 2007 року № 76 створено Регіональний інформаційно-аналітичний центр моніторингу довкілля як складову частину відділу економіки природокористування, моніторингу довкілля та тендерних процедур. Розроблено та затверджено Положення про регіональний інформаційно-аналітичний центр (РІАЦ) системи моніторингу довкілля Київської області, відповідно до якого РІАЦ є центральною структурно-функціональною ланкою обласної системи моніторингу довкілля, яка входить до загальнонаціональної системи моніторингу довкілля України.

Таблиця 1.3

Дані щодо суб'єктів моніторингу довкілля

№ з/п	Суб'єкти моніторингу довкілля	Кількість точок спостережень, од.								
		атмосферне повітря	стаціонарні джерела викидів в атмосферне повітря	поверхневі води	джерела скидів зворотних вод у поверхневі води	морські води	джерела скидів зворотних вод у морські води	підземні води	грунти	
1	Державна екологічна інспекція в Київській області	–	7	36	38	–	–	–	–	
2	Дніпровське басейнове управління водних ресурсів	–	–	13	–	–	–	–	–	
3	Центральна геофізична обсерваторія	5	–	15	27	–	–	–	–	
4	Радіоекологічний центр ДСНВП «Екоцентр»	–	–	32	40	–	–	–	–	

На теперішній час моніторинг довкілля на території області здійснюють установи і організації різних відомств, які використовують у своїй діяльності нормативну, методичну та метрологічну базу. Усе це призводить до просторово-часової неузгодженості між відомствами-виконавцями, тому Держуправлінням розробляється Положення про порядок інформаційної взаємодії суб'єктів регіональної системи моніторингу й угода про спільну діяльність під час здійснення моніторингу довкілля та для накопичення достовірної, обґрунтованої інформації для створення регіональних банків даних з моніторингу довкілля.

Згідно з Положенням про державну систему моніторингу довкілля від 30.03.1998 р. № 391 зі змінами, затвердженими постановою КМУ від 25.05.2006 р. № 754, здійснення організаційної інтеграції суб'єктів моніторингу довкілля передбачається регіональною Програмою моніторингу довкілля. Нині в Київській області програми нема.

Розробка Програми моніторингу довкілля передбачена в обласній програмі «Охорона довкілля та раціональне використання природних ресурсів Київської області на період до 2011 р.», затверджена рішенням сесії обласної ради від 06.11.2007 р. № 198-13-V. Кошти на розробку Програми моніторингу довкілля заплановані в проекті Переліку природоохоронних заходів на 2008 рік, що фінансуються за рахунок коштів охорони навколишнього природного середовища.

Моніторинг атмосферного повітря

Завдяки моніторингу атмосферного повітря одержують первинні дані про склад та обсяги викидів забрудників, узагальнені дані про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу, оцінку небезпечності забруднення для життєдіяльності населення.

Моніторинг вод

Спостереження за станом водного об'єкта здійснюється згідно із загальним переліком показників, до якого входять

показники, що характеризують кількість водних ресурсів та їх зміни, якість водного середовища і нормативів екологічної безпеки водокористування. Суб'єкти моніторингу на підставі своїх спостережень визначають категорію якості води водних об'єктів, провадять спостереження за джерелами негативного впливу на стан цих об'єктів. Дані спостережень у системі моніторингу використовують для встановлення нормативів граничноприпустимого скидання забруднених вод, загального використання водних ресурсів, припустимого рівня токсичності зворотних вод, стану ґрунтових вод у межах впливу полігонів захоронення твердих побутових відходів тощо.

Моніторинг земель

Оцінці підлягають використання угідь, окремих полів та земельних ділянок, процеси, пов'язані зі змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь бур'янами, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами, а також стан берегових водойм усіх типів, стан гідротехнічних споруд, процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, сільових потоків, землетрусів, карстовими та іншими явищами.

Поліпшення роботи системи моніторингу на регіональному рівні повинно здійснюватися шляхом організації координації робіт з питань підготовки регіональної програми моніторингу довкілля, внесенням суттєвих змін до чинної постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.08 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» та низкою інших документів з цих питань [16].

Відповідно до «Земельного кодексу України» моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернен-

ня та ліквідації наслідків негативних процесів. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки.

Моніторинг земель є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля. Залежно від цілей, спостережень і охоплення територій моніторинг земель може бути національним, регіональним і локальним. Ведення моніторингу земель здійснюється уповноваженими органами виконавчої влади з питань земельних ресурсів, з питань екології та природних ресурсів. Порядок проведення моніторингу земель встановлюється Кабінетом Міністрів України. Основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів [18].

Моніторинг земель містить у собі спостереження за категоріями земель, які зазначені в Земельному кодексі:

- а) сільськогосподарського призначення;
- б) житлової та громадської забудови;
- в) природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;
- г) оздоровчого призначення;
- ґ) рекреаційного призначення;
- д) історико-культурного призначення;
- е) лісогосподарського призначення;
- є) водного фонду;
- ж) промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

Моніторинг проводиться на угіддях, полях, земельних ділянках для оцінки процесів водної та вітрової ерозії, втрати гумусу, заболочення та засолення, при забрудненні

земель важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами, для уникнення процесів, що призводять до зсувів, селевих потоків, для спостережень за нафтогазовидобувними об'єктами, захороненнями токсичних промислових відходів, очисними спорудами та іншими промисловими об'єктами [48].

Головним завданням моніторингу є встановлення ареалів земель, на яких відбуваються негативні зміни, швидкість і напрям розвитку деградації, розробка нормативів та заходів для припинення цих негативних процесів.

Важливою складовою моніторингу земель є моніторинг ґрунтів, основними завданнями якого є: оцінка середньорічних втрат ґрунтів внаслідок водної та вітрової ерозії; контроль за кількістю поживних речовин у ґрунтах та оцінка швидкості втрат гумусу; контроль за змінами кислотності ґрунту, сольового режиму, водно-фізичними властивостями, вологістю тощо; контроль за ґрунтами, забрудненими важкими металами; прогнозування вірогідних змін у ґрунтах при будівництві; контроль при відведенні земель для промислових цілей [46, 53]. Процес проведення моніторингу відбувається у три періоди. На першому – контроль та оцінка змін у часі, на другому – прогноз змін, на третьому – розробка процесів із врегулювання родючості ґрунтів і збільшення врожайності в сільському господарстві.

Під час спостережень за ґрунтами, які акумулюють забруднюючі речовини різного походження, необхідно враховувати ступінь їх токсичності, вплив на оточуюче середовище, масштаби, розміри та склад викидів, а також проводити порівняльні аналізи швидкості міграції в ґрунтах, поверхневих, ґрунтових водах, повітрі та рослинах [1, 72].

Відповідно до ст. 3 Закону України «Про охорону земель» основними принципами державної політики у сфері охорони земель є: забезпечення охорони земель як основного національного багатства Українського народу; пріоритет

вимог екологічної безпеки у використанні землі як просторового базису, природного ресурсу й основного засобу виробництва; відшкодування збитків, заподіяних порушенням законодавства України про охорону земель; нормування та планомірне обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси; поєднання заходів економічного стимулювання й юридичної відповідальності в галузі охорони земель; публічність у вирішенні питань охорони земель, використанні коштів Державного бюджету України та місцевих бюджетів на охорону земель [19].

Державний контроль за охороною ґрунтів та їх використанням здійснюють місцеві Ради, Державне агентство земельних ресурсів України, Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та інші державні органи, які виявили нераціональне природокористування в Україні, а саме: недотримання припустимих співвідношень площ ріллі, природних кормових угідь, лісових насаджень та водних територій, збільшення кількості деградованих земель, більшість з яких еродовані. Також має місце забруднення ґрунтів унаслідок пошкодження нафто- і продуктопроводів, викидів від транспорту, внесення пестицидів і агрохімікатів, несанкціонованих звалищ відходів тощо [28, 48, 62].

Завдяки новітнім технологіям за сучасних умов спостереження за станом земель, крім контактних (наземних), можуть бути і дистанційними. До контактних належать безпосередні та лабораторні виміри на основі попереднього відбору проб. До дистанційних – різні неконтактні методи вимірів з використанням приладів, просторово віддалених від досліджуваних об'єктів. Головні переваги контактних методів моніторингу навколишнього середовища полягають в більш високій точності вимірів досліджуваних показників порівняно з дистанційними методами. Проте останні мають низку переваг, а саме:

- високу оглядовість, можливість одержання одночасної інформації про великі території;
- можливість переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих точках території до безперервної картини просторового розподілу показників;
- можливість одержання інформації у важкодоступних місцях;
- високу ступінь генералізації інформації.

Потенційні переваги методів ДЗЗ найбільш відчутні в сфері глобального моніторингу, де оглядовість матеріалів і генералізація інформації грають досить істотну роль, а також у сфері національного моніторингу держав, які мають великі території. Однак і в сфері локального моніторингу при вирішенні конкретних завдань методи ДЗЗ можуть також успішно доповнювати контактні методи вимірів, а в деяких випадках навіть перевершувати їх за інформативністю, зважаючи на можливість просторово-часового узагальнення у вигляді карт, профілів та інших великих масивів даних [36, 73].

1.3. Проведення робіт для покращення екологічного стану земель

З кожним роком все більше постає проблема охорони навколишнього середовища, і тому велика кількість спеціалістів вирішують питання екології із застосуванням нових методів для проведення моніторингу різноманітних об'єктів. Досить часто проводяться конференції, публікуються збірники та журнали. Достатньо цікавими та інформативними є роботи, надруковані у збірнику наукових праць «Теоретичні та прикладні ас-

пекти геоінформатики» у двох томах, де в I томі розглядається питання теоретичних основ геоінформатики, математичні, геолого-геофізичні методи та комп'ютерні технології розв'язання завдань надрокористування, а в II-му – геоекологічний моніторинг як засіб пізнання природних геосистем, дистанційне зондування як вид інформаційних ресурсів, геоморфологічне та картографічне гео-моделювання територій та гірнича інформатика – методи та технічні засоби. Представлено велику кількість змістовних робіт з історії геологічних знань, геоінформатики та геохарактерології (Кулінкович А.Є., Якимчук М.А.), розглядаються проблеми накопичення інформації щодо виявлення та прогнозування техногенних родовищ (Горлицький Б.О., Губіна В.Г.), розробки різних методів, баз даних, проведення математичного моделювання для вирішення поставлених завдань (Колодяжний В.В., Шваченко І.І., Лобасов О.П., Михайличенко А.Н., Новоселицький В.М., Простолупов Г.В., Піскун В.В., Федотова І.М. та інші). У II томі продемонстровані не менш значущі питання з проведення геоекологічного моніторингу (Чередниченко О.П., Сич В.А.), застосування дистанційного зондування (Азімов О.Т.), геоморфологічного та картографічного гео-моделювання територій (Барладін О.В., Іванов Є.А.) та гірничої інформатики (Лушков Л.Л., Істомін Р.С., Фесенко М.М. та ін.) [64, 65].

На II всеукраїнському з'їзді екологів 2009 року було представлено велику кількість робіт з техногенно-екологічної безпеки України, моніторингу довкілля та сучасні геоінформаційні системи і технології, нові методи контролю речовин, екологічні, економічні та соціальні проблеми сталого розвитку [77]. На прикладі Карпатського регіону Міщенко Л.В. представляла розроблену методику і програму екологічних досліджень з метою визна-

чення принципів організації єдиної системи екомоніторингу для України, регіонів, областей, районів і міст. Міхеєва І.Л., Орлов М.А. та ін. доповідали про особливості побудови та експлуатації автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи моніторингу навколишнього середовища м. Києва, яка повинна стати складовою державної системи моніторингу навколишнього середовища. Мокін Б.І., Мокін В.Б. займаються розробкою та впровадженням систем комплексного екологічного контролю та управління на основі технології просторово-орієнтованого представлення даних, що висвітлюються у великій кількості наукових робіт [77].

У роботі Рудька Г.І. та Суматохіної І.М. «Стан ресурсів надр як чинник формування та розвитку міст і промислово-міських агломерацій» авторами проводяться розрахунки ризиків і небезпек у межах промислово-міських агломерацій Придніпровського промислового регіону на основі розробленої наукової та методологічної оцінки ризиків і небезпек на різних стадіях функціонування техноприродних геосистем. В даній монографії розглядаються історія, методичні засади дослідження проблеми, основи оцінок ризиків та аналізу геологічного ризику в межах техноприродної геосистеми, викладаються результати досліджень міст та міських гірничо-промислових комплексів як техноприродних геосистем концентрованого використання надр, визначаються розрахунки ризиків і небезпек у межах промислово-міських агломерацій Придніпровського промислового регіону, розглядаються питання досліджень промислових відходів як чинників стану техногенної безпеки і як ресурсного потенціалу міст у межах Дніпропетровської області [58].

Красовським Г.Я. напрацьовано велику кількість робіт, які присвячено практичним аспектам використання ДЗЗ з космосу та ГІС для вирішення важливих екологічних питань, що висвітлено в монографії «Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій».

Розроблено методи космічного моніторингу навколишнього природного середовища та тематичної обробки цифрових космічних знімків у завданнях космічного моніторингу поверхневих вод суходолу і морських акваторій, інвентаризації водних об'єктів, синтезу картографічних моделей тощо. У численних монографіях Красовського Г.Я. висвітлюються розроблені ним основи тематичного дешифрування космічних знімків для виконання завдань охорони поверхневих вод суходолу і моря, атмосфери та ґрунтів від техногенного забруднення. Під його керівництвом розроблено предметно-орієнтовані геоінформаційні системи, що лягли в основу видання екологічних карт різних областей України [38].

Розділ 2

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

2.1. Космічний моніторинг земель

Особливо інтенсивний розвиток методи ДЗЗ одержали починаючи з 70-х років у зв'язку з розвитком космічної техніки, що обумовило можливість установки на космічних носіях апаратури ДЗЗ, досить ефективної для рішення низки завдань моніторингу навколишнього середовища. До початку 80-х років у деяких космічних державах (США, Франція, СРСР, Індія й ін.) у результаті розвитку технічних засобів ДЗЗ із космосу, а також національних і міжнародних інфраструктур, які забезпечують прийом, обробку і поширення матеріалів природно-ресурсних космічних зйомок, виникла можливість функціонування в рамках системи моніторингу навколишнього середовища підсистеми аерокосмічного моніторингу [44, 75].

Дослідження з ДЗЗ в Україні є досить актуальним напрямком у космічній галузі. Перша державна космічна програма України була ухвалена в 1993 році, метою якої було збереження наукового і виробничого потенціалу космічної галузі, створення умови для виходу України на міжнародний ринок космічних послуг [67]. Для підвищення ефективності цих досліджень у 1995 році було здійснено перший супутник під юрисдикцією України «Січ-1», який обладнано засобами зйомок Землі в оптичному та радіодіапазонах.

Друга Загальнодержавна (Національна) космічна програма України на 1998–2002 роки була ухвалена Верховною Радою України у 1997 році, яка була спрямована на формування внутрішнього ринку космічних послуг, а також інтеграцію України до міжнародного космічного співтовариства і вихід на зовнішній ринок із власною продукцією та послугами.

У 1999 році Україна разом з Росією запустили природо-ресурсний космічний апарат «Океан–О», укомплектований комплексом апаратури у складі радіолокатора бокового огляду і трьох багатоспектральних скануючих пристроїв різної просторової розрізняювальної здатності. Використовуючи цей комплекс, було отримано багато космічних знімків, на основі яких було вирішено безліч питань, пов'язаних із землекористуванням, природо- та водоохороною, проведено дослідження морів та океанів.

Третю Загальнодержавну (Національну) космічну програму України на 2003–2007 роки було ухвалено Верховною Радою у 2002 році. До реалізації Програми входить виконання 8 цільових програм, однією з яких є Дистанційне Зондування Землі. Вона спрямована на розробку нових апаратних і програмних засобів ДЗЗ, нових інформаційних технологій, наземної інфраструктури з метою виходу українських підприємств на міжнародні ринки космічних послуг, на забезпечення інформацією органів державної влади за допомогою супутників, на участь у вирішенні загальнодержавних завдань з моніторингу ресурсів раціонального природокористування, прогнозування техногенних і природних катаклізмів, на розвиток міжнародного співробітництва в галузі ДЗЗ для розв'язання глобальних і національних проблем шляхом обміну супутниковою інформацією, участі в міжнародних програмах дослідження Землі [50, 67].

Зрозуміло, що методи ДЗЗ із космосу не можуть цілком замінити контактні методи спостережень навколишнього се-

редовища. Найбільш ефективним є їх комплексування, за якого результати вимірів контактними методами можна використати для оцінок точності вимірів дистанційними, а також для переходу від відносної шкали оцінок параметрів стану об'єктів довкілля до абсолютної. У свою чергу, дистанційні методи дозволяють перейти від вимірів в окремих пунктах певної території до безперервної картини просторового розподілу розглянутих показників і оптимізувати локалізацію пунктів їх вимірів контактними методами [10, 14, 41].

Останнім часом внаслідок негативного впливу людей на довкілля виникла потреба в організації періодичних та безперервних довгострокових спостережень, оцінках ситуації в цілому. Екологічний стан контролюється як навколо окремих об'єктів-забруднювачів, так і в межах районів, регіонів, континентів, усієї планети. Склалася ціла система таких досліджень, спостережень і операцій, яку назвали екологічним моніторингом, основною метою якого є об'єктивна оцінка стану довкілля, його складових у межах досліджуваних територій, для швидкого та вірного прийняття рішень щодо охорони природи, раціонального використання її ресурсів і прогнозу екологічних ситуацій [8].

Розглянемо фізичні основи формування інформативного сигналу ДЗЗ щодо можливостей ідентифікації різних форм деградації земель.

Оптичний діапазон. В оптичному діапазоні застосовують як пасивні, так і активні методи ДЗЗ. При використанні пасивних методів інформативний сигнал є відбитим сонячним випромінюванням. Власним випромінюванням атмосфери і підстилаючої поверхні в оптичному діапазоні можна знехтувати. При використанні активних методів інформативним сигналом є відбите монохроматичне випромінювання лідарних систем. Нині в методах ДЗЗ із космосу основну роль в оптичному діапазоні відіграють пасивні методи. Основною характеристикою взаємодії ви-

промінювання в оптичному діапазоні із зондованим середовищем є коефіцієнт спектральної яскравості (КСЯ), тому що експериментально вимірюють саме коефіцієнти яскравості, а не коефіцієнти відбивання. Коефіцієнт спектральної яскравості ρ – це величина, що характеризує просторовий розподіл спектральної яскравості підстилаючої поверхні, яка дорівнює відношенню яскравості даної поверхні в заданому напрямку $B(\lambda)$ до яскравості ідеально розсіювальної поверхні $B_0(\lambda)$ з коефіцієнтом відбиття, що дорівнює одиниці, і освітленої так само, як і дана поверхня:

$$\rho(\lambda) = B(\lambda) / B_0(\lambda). \quad (2.1)$$

За ідеальний розсіювач зазвичай беруть поверхні, які рівномірно розсіюють усі довжини хвиль спектра, наприклад гіпсові пластинки, пластинки, вкриті барієм, та ін. Методи ДЗЗ в оптичному діапазоні досить перспективні для вирішення завдань інформаційної підтримки рішень, пов'язаних із завданнями охорони земель.

Поверхня суходолу відрізняється великою різноманітністю типів поверхні, які характеризуються різними інтегральними коефіцієнтами яскравості, і ще більше – різними спектральними залежностями КСЯ, зумовленими, насамперед, специфічними спектрами поглинання різних об'єктів. Серед головних типів поверхні суходолу, характерних для географічних умов України, умовно виділимо кілька основних класів: орні землі, ліси, луки, урбанізовані території та інші види забудованих територій, болота, плавні, піски, шляхи і трубопроводи. У межах кожного класу можливе виділення підкласів, що також різняться за характерними коефіцієнтами яскравості та їх спектральними залежностями. Наприклад, у межах класу «ліси» можна виділити підкласи «хвойні ліси» і «листяні ліси», у межах класу «орна земля» – підкласи «відкрита рілля» і

«різні види культур», у межах класу «шляхи і трубопроводи» – «шосе», «ґрунтові шляхи», «залізниці» тощо. Зрозуміло, що розглянута класифікація є умовною, можливі й інші підходи до виділення класів, наприклад: «рослинність», «відкритий ґрунт», «сніговий покрив» та ін.

Як правило, при використанні методів ДЗЗ для моніторингу поверхні суходолу завдання досліджень зводиться до ідентифікації на дистанційних зображеннях різних об'єктів за їхніми коефіцієнтами інтегральної чи спектральної яскравості. У разі коли застосовують тільки один спектральний канал зйомки (наприклад, чорно-білу фотозйомку), дані ДЗЗ дають змогу ідентифікувати тільки ті об'єкти, що різняться за значеннями інтегральних КЯ.

Для низки різних типів поверхонь інтегральні значення КЯ можуть практично збігатися, наприклад для зелених луків – 0,064–0,070 і для моря – 0,068, для випалених луків – 0,14 і для листяного лісу восени – 0,15. Надійна ідентифікація таких об'єктів можлива або на підставі використання не яскравісних, а структурних дешифрувальних ознак, або використання матеріалів багатозональної зйомки.

Можливість ідентифікації об'єктів з подібними інтегральними КЯ за даними багатозональної зйомки зумовлена тим, що в разі коли ідентифіковані об'єкти (навіть з подібними КЯ) різняться за спектральними залежностями КЯ, це приводить до зміни співвідношень між значеннями зональних КЯ. Нині накопичено величезний експериментальний матеріал про спектральні залежності КСЯ для різних типів підстилаючих поверхонь, складено каталоги спектральних відбивних характеристик природних об'єктів [33–35, 56]. Однак практичне застосування цих каталогів утруднене, по-перше, у зв'язку з відсутністю уніфікації вимірювань КСЯ та іншими методичними труднощами, а, по-друге, у зв'язку з тим, що КСЯ багатьох природних

об'єктів піддаються чималим варіаціям, пов'язаним зі зміною їх властивостей і стану.

Залежність відбивних характеристик підстилаючої поверхні від її стану і властивостей спостерігається і для інтегральних значень КЯ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Інтегральні коефіцієнти яскравості ρ

Об'єкт	ρ	Об'єкт	ρ
Луки зелені	0,068	Ґрунт-чорнозем	0,03
	0,07	сухий	
випалені	0,14	мокрый	0,02
Степ жовтий сухий	0,10	Сніг свіжий	1,00
Сходи зелені	0,055	середньої свіжості	0,90
Посіви зрілі	0,15	танучий	0,80
Стерня	0,10	Лід річковий	0,35
Мохове болото	0,15	Бруківка суха	0,20
Ліс листяний	0,05	мокра	0,09
влітку			
восени	0,15	Шлях піщаний сухий	0,20
взимку	0,07	мокрый	0,09
Ліс хвойний	0,04	Шосе сухе	0,32
Пісок білий сухий	0,20	мокре	0,11
мокрый	0,10	Дахи будинків	0,13
			0,15
Ґрунт-суглинок	0,15	Океан (Атлантичний)	0,03
сухий			
Ґрунт-суглинок	0,06	Море	0,068
мокрый			

Для спектрів КСЯ така залежність виявляється ще більшою мірою. Розглянемо вплив властивостей і стану таких основних класів природних об'єктів: ґрунт і мінерали, рослинний покрив, сніг та їхні оптичні характеристики.

Основні оптично активні компоненти ґрунтів – гумусові речовини, оксиди заліза, світлозabarвлені мінеральні сполуки. Їхні спектральні властивості розглянуто в праці. Гумусові речовини (гумінові кислоти і сульфокислоти) характеризуються низькою відбивною здатністю. Це приводить до зниження інтегральних КСЯ зі збільшенням концентрації гумусу. Для фульвокислот характерне підвищене відбивання в зеленій і червоній ділянках спектра.

КСЯ ґрунтів залежить не тільки від їх складу, а й від вологості, текстури і структури поверхні. На ближній ГЧ-ділянці основну роль відіграє збільшення показника поглинання в характеристичних для води смугах поглинання. У цих спектральних інтервалах КСЯ зменшується і до досягнення гігроскопічної вологоємності, і після досягнення капілярної вологоємності. Крім того, КСЯ в ближньому ГЧ-діапазоні може зменшуватися зі збільшенням вмісту зв'язаної води у складі мінералів.

Текстура ґрунту характеризується співвідношенням у ній часточок різних розмірів: глини ($d < 0,002$ мм), пилу ($d = 0,002 - 0,050$ мм) і піску ($d = 0,05 - 2$ мм). Збільшення вмісту в ґрунті часточок менших розмірів спричинює зростання КСЯ, зумовлене збільшенням багаторазового внутрішнього розсіювання світла. Вплив мікрорельєфу поверхні на величину КСЯ зумовлений зміною площі тіней. Зменшення шорсткості поверхні приводить до зменшення цієї площі й, отже, до збільшення КСЯ.

Рівень змін геохімічних ландшафтів тісно корелює із забрудненням снігового покриву. Відбивання світла снігом визначається процесами поглинання водою, відбиванням від поверхні та розсіюванням усередині зерен. Основні чинники, що впливають на КСЯ снігу, – його вологість, забрудненість, розмір зерен і щільність. Зростання вологості супроводжується збільшенням розміру зерен і щільності снігу. При цьому КСЯ зменшується внаслідок підвищення

поглинання водою і зменшення ролі багаторазового розсіювання. У ближньому ІЧ-діапазоні зменшення КСЯ снігу зі збільшенням вологості відбувається набагато динамічніше, ніж в оптичному діапазоні, тому що смуги поглинання води припадають саме на ближній ІЧ-діапазон.

Забрудненість снігу також спричинює зменшення його КСЯ [7]. Вплив забруднення стає істотним за концентрації пилу на його поверхні понад 10–15 мг/дм³. Експериментально встановлено кореляційні залежності між зменшенням зональної яскравості забрудненого снігового покриву і концентрацією в снігу деяких забруднювальних речовин. У середньому ІЧ-діапазоні, особливо в спектральних інтервалах 1,55–1,75 і 2,10–2,35 мкм, КСЯ снігу дуже низький. На космічних знімках цього діапазону сніг виглядає дуже темним. Цю обставину використовують для ідентифікації снігу і хмарності [15].

Спектральний хід КСЯ льоду аналогічний спектральній залежності КСЯ снігу, однак для льоду характерні менші значення КСЯ в оптичному діапазоні та динамічніше зменшення КСЯ зі збільшенням забрудненості.

ІЧ-діапазон. На відміну від оптичного в ІЧ-діапазоні з використанням пасивних методів ДЗЗ можлива реєстрація не тільки відбитого сонячного випромінювання, а й власного теплового випромінювання підстилаючої поверхні й атмосфери. Як впливає з теореми взаємності узагальненого закону Кірхгофа, коефіцієнт випромінювання K і альbedo A пов'язані співвідношенням

$$I = k \cdot B(T) = (1-A) \cdot B(T). \quad (2.2)$$

Із формули (2.2) видно, що зміна відбивної здатності середовища зумовлює зміну її випромінювальної здатності, причому остання збільшується зі зменшенням відбивної здатності, і навпаки. У разі коли електромагнітне ви-

промінювання проникає під поверхню середовища, у формулі (2.2) під час розрахунку альbedo слід враховувати не тільки відбивання на межі поділу середовищ, а й об'ємне відбивання середовищем.

Реєструючи в пасивних методах ДЗЗ власне випромінювання середовища, можна одержати додаткову інформацію про властивості об'єктів, а також вести спостереження за ними в нічний час, що є однією з істотних переваг використання ІЧ-діапазону. Водночас при використанні ІЧ-діапазону зберігається один з головних недоліків оптичного діапазону – неможливість спостереження за об'єктами, що закриті хмарами. До недоліків ІЧ-діапазону варто також віднести нижчу порівняно з оптичним просторову роздільну здатність. Як і в оптичному діапазоні, в разі використання активних методів зондування в ІЧ-діапазоні застосовують лідарні системи, в яких джерелами випромінювання є лазерні установки, що обмежують можливості використання активних методів при ДЗЗ із космосу [40].

Коефіцієнти яскравості та випромінювання ґрунтів у ІЧ-діапазоні залежать від вологості ґрунту, структури поверхні і вмісту в ній мінералів. Залежність коефіцієнта яскравості від вологості та структури поверхні аналогічна розглянутій вище залежності в ближньому ІЧ-діапазоні. Причому збільшення вологості приводить до більш динамічної зміни КЯ, ніж у ближньому ІЧ-діапазоні, через вищі значення показника поглинання води в розглянутому спектральному інтервалі. Зменшення коефіцієнта яскравості зі збільшенням вологості ґрунтів відповідно до формули (2.2) супроводжується збільшенням коефіцієнта випромінювання.

Різний вміст мінералів у ґрунтах призводить до зміщення максимуму в спектрі відбивання і відповідно до мінімуму в спектрі коефіцієнта випромінювання від 9 мкм для кислих порід, що містять багато кварцу (граніт), до 11 мкм для олівінових порід, що не містять кварцу (дуніт) [23].

Коефіцієнт випромінювання ґрунтів змінюється в основному в межах 0,84–0,95. Набагато сильніше на інтенсивність власного випромінювання ґрунтів впливає їх температура.

Відбивні характеристики снігу в ІЧ-діапазоні вивчені недостатньо, тому що через високі значення показника поглинання води в цьому спектральному діапазоні для КСЯ снігу характерні дуже низькі значення. Різке зменшення КСЯ снігу в ІЧ-діапазоні порівняно з оптичним дає змогу ідентифікувати хмарність і сніг на підставі спільного використання космічних знімків оптичного та ІЧ-діапазонів.

Випромінювальна здатність снігу в далекому ІЧ-діапазоні, навпаки, наближається до одиниці. Отже, інтенсивність власного ІЧ-випромінювання снігу визначається в основному його термодинамічною температурою. Однак інтенсивність сигналу, що реєструється в ІЧ-радіометрії снігового покриву, може корелювати з різними характеристиками стану снігу [6, 29, 55, 56].

2.2. Фізичні основи ідентифікації впливу на довкілля

Дешифрування на космічних знімках прояви забруднення довкілля викидами в атмосферу проводилося шляхом використання прямих і опосередкованих ознак. Перші з них пов'язані з варіаціями альbedo атмосфери, обумовлених наявністю в ній зважених твердих часточок техногенного або природного походження, другі – з виявами впливу складових викидів, які осідають у приземний шар атмосфери на так звані індикатори, якими зазвичай виступають фітоценози або сніговий покрив. Застосовувався механізм формування інформативного сигналу в обох випадках.

Атмосферу можна розглядати як середовище, яке складається із суміші газів та водяної пари зі зрівноваженими в

ній частинками (часточки пилу, водяні краплини та ін.) – так званім аерозолем. Склад водяної пари в атмосфері, залежно від різних факторів, коливається в межах 2,3...9,9 г/м³. Основними постійними складовими атмосфери є азот, кисень, вуглекислий газ, аргон, неон, метан, закис азоту (N₂O), криптон, озон та водень. Крім перелічених, в атмосфері присутні й інші гази – так звані малі газові складові: сірчистий газ, пари азотної кислоти, аміак, двоокис азоту та ін.

В оптичному діапазоні взаємодія світла з атмосферою визначається процесами поглинання різноманітними газовими складовими й аерозолем, молекулярного й аерозольного розсіювання світла. Поглинання світла має селективний за спектром характер, тобто спектр поглинання має порівняно вузькі максимуми – смуги поглинання, які відповідають різноманітним газовим складовим. В оптичному діапазоні є слабкі смуги поглинання, зв'язані з киснем та озоном. У ближньому ІЧ-діапазоні смуги поглинання зв'язані з краплинами води, водяною парою та вуглекислим газом. Водяна пара поглинає випромінювання за довжин хвиль 720, 810, 940 и 1100 нм, особливо сильно – за довжин хвиль 1,4, 1,9 и 2,7 мкм. Вуглекислий газ сильно поглинає за довжин хвиль 2,7 і 4,3 мкм.

Спектральна залежність показника розсіювання атмосфери, на відміну від поглинання, має повільний характер. Молекулярне розсіювання в атмосфері визначається основними газовими складовими – азотом та киснем і має порівняно стабільні характеристики. Спектральна залежність коефіцієнта молекулярного розсіювання $K_m(\lambda)$ близька до релеевської та визначається співвідношенням

$$K_m(\lambda) = K_m(\lambda_0) \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^v, \quad (2.3)$$

де $\lambda_0 = 550$ нм; $v = 4,08-4,09$.

Невелика різниця показника степеневі залежності від значення 4 пояснюється спектральною залежністю показника заломлення світла повітрям. Аерозольне розсіювання, на відміну від молекулярного, зазнає значних варіацій залежно від концентрацій та мікроструктури завислих часточок, а також від функції їх розподілу за розмірами. Для часточок невеликих розмірів ця залежність є монотонно спадною зі зростанням довжини хвилі, для великих часточок – різниця ступенів розсіювання променів із різною довжиною хвилі згладжується.

Розсіювання світла на часточках обумовлює можливість ідентифікації на космічних знімках оптичного діапазону різних димових та пилових забруднень атмосфери – промислові викиди в атмосферу, дим від лісових пожеж, вулканічні виверження, пилові бурі та ін.

Димові шлейфи на космічних знімках оптичного діапазону виглядають світлішими, ніж підстиляюча поверхня, причому в короткохвильовій ділянці спектра яскравість димового шлейфа, як правило, не збільшується. Якщо ж на димових часточках доволі велика конденсація водяної пари, димові шлейфи добре видно і в ІЧ-діапазоні.

Отже, в оптичному діапазоні в міру збільшення довжини світлової хвилі зменшується як молекулярне, так і аерозольне розсіювання, що приводить до збільшення прозорості атмосфери та зменшення яскравості атмосферної димки. В ближньому ІЧ-діапазоні простежується така сама тенденція, але на її тлі виявляються смуги мінімальної прозорості атмосфери і локальні мінімуми в спектрі відбивання, обумовлені смугами поглинання світла газовими складовими. При поширенні ІЧ-випромінювання в атмосфері процес розсіювання є істотним тільки за наявності великих ($d > \lambda$) аерозольних часточок, які розсіюють світло неселективно по спектру. Внаслідок цього за відсутності хмарності прозорість атмосфери визначається практично тільки погли-

нанням газовими складовими та аерозольним поглинанням, а яскравість атмосферної димки мізерно мала.

Серед газових складових атмосфери основний внесок у поглинання ІЧ-випромінювання роблять водяна пара (центр смуги поглинання – 6,3 мкм), вуглекислий газ (15 мкм) та озон (9,6 мкм). Крім того, в цьому діапазоні є інтенсивні смуги поглинання деяких малих газових складових: метану (1306 см^{-1}), оксиду азоту (1268 см^{-1}) та менш інтенсивні смуги поглинання сірчистого газу, азотної кислоти, аміаку, діоксиду азоту, інших газів. Аерозольне поглинання істотне у вікнах прозорості, де його вплив на пропускання атмосфери може перевищувати вплив водяної пари.

В екологічних додатках особливо цікавими є оцінки просторово-часових закономірностей забруднення техногенним пилом приземного шару атмосфери. У цьому разі як індикатор забруднення найчастіше використовують сніговий покрив. Основні чинники, що впливають на альbedo снігу, – вологість, забруднення, розмір зерен та щільність снігу. Підвищення вологості супроводжується збільшенням розміру зерен та щільності снігу. При цьому альbedo зменшується внаслідок збільшення поглинання водою та зменшення ролі багаторазового розсіювання. У ближньому ІЧ-діапазоні зменшення альbedo снігу з підвищенням вологості відбувається набагато динамічніше, ніж у видимому діапазоні, оскільки смуги поглинання води припадають саме на ближній ІЧ-діапазон. Забруднення снігу, зумовлене акумуляцією в ньому твердих часточок, призводить до зменшення його альbedo. Вплив забрудненості стає істотним за концентрації пилу понад $10...15 \text{ мг/дм}^3$. У середньому ІЧ-діапазоні, особливо в спектральних каналах 1,55...1,75 и 2,10...2,35 мкм, альbedo снігу дуже низьке. На космічних знімках із цього діапазону сніг виглядає темним. Зрозуміло, що використання снігового покриву для аналізу просторово-часових закономірностей забруднення атмосфери

техногенним пилом можливе тільки за наявності впродовж тривалого часу сталого снігового покриву [36–37].

Як уже зазначалось, розміри і форма зони впливу на навколишнє природне середовище техногенних викидів в атмосферу залежать від багатьох факторів, насамперед від технічних характеристик обладнання і параметрів викидів, а також місцевих погодно-кліматичних умов, у першу чергу домінуючих напрямків і швидкостей вітру. Тому ілюстрацію технології ідентифікації таких зон із застосуванням матеріалів ДЗЗ доцільно демонструвати на реальному об'єкті. Таким об'єктом оберемо Трипільську ТЕС, яка робить помітний внесок у формування екологічного стану великої частини території не тільки Київської області, а і самого Києва.

2.3. Визначення забрудненості ґрунтів різними методами

Правильний вибір методів відбору, аналізу проб та статистичної обробки ґрунту є достатньо важливим. Завдання для динамічних компонентів природного середовища (транспортувального забруднення) відрізняються від депонуючих (накопичувального забруднення). До перших належать атмосферне повітря, поверхневі та підземні води; до других – ґрунт, донні відкладення, сніг, лід, глибинні підземні води (зона повільного водообміну), рослинні тканини. Різниця між цими компонентами має не стільки кількісний показник, скільки якісний характер. Вона обумовлена різними показниками, наслідком яких є:

- складна мінливість концентрацій у динамічних компонентах середовища та відносне накопичування в депонуючих;
- різна роль в біосфері, оскільки динамічні компоненти середовища є безпосередньо життєзабезпечувальними, тоді

як депонуючі впливають на здоров'я людей та стан біоти в цілому більш-менш опосередковано.

Депонуючі компоненти можуть характеризувати забруднення за весь період антропогенної дії (ґрунти, донні відкладення), за декілька років (кора, деревні тканини) чи один сезон (сніговий покрив, зелені рослинні тканини).

Зупинимось більш конкретно на забрудненні ґрунтів внаслідок антропогенної дії. Шкідливі речовини зберігаються в ґрунтах досить довго, утворюючи безпосередньо загрозу населенню. Забруднення ґрунтів розглядаються у двох аспектах:

- як самостійна екологічна проблема;
- як індикатор загального екологічного неблагополуччя території.

При першому аспекті проблема вивчається вибірково – там, де вірогідно є високий рівень тих чи інших специфічних речовин, як правило, високих класів небезпеки (радіонукліди, пестициди та ін.) та при масштабах від 1:10000 до 1:500, а в другому випадку охоплюються території міст та їх частин, іноді і регіонів, та провадяться роботи у великих та середніх масштабах (від 1:200000 до 1:10000) [44, 63].

Роботи з визначення забруднення ґрунтів унаслідок негативної дії транспорту, місць видалення відходів, ТЕС та нафтопроводів провадилися різними спеціалістами. Так, у роботах [5, 9, 21, 25, 69] зазначаються екологічні проблеми транспорту, який є джерелом небезпечних хімічних забруднень атмосферного повітря, водоймищ, сільськогосподарських угідь, земель, а також шуму та вібрації, що має негативний вплив на здоров'я населення. При моделюванні поширення забруднення від промислових викидів у роботі [4] використовувалася Лагранжова дисперсно-статистична модель переносу забруднюючих речовин, завдяки якій розроблені моделюючі механізми, пов'язані з перенесенням під дією вітру, процеси змін теплообміну і турбулентності

атмосфери, яка може бути корисною при оперативному контролі за якістю повітря в межах міста. Особливості забруднення ґрунтів при розміщенні промислових відходів і методичні підходи до економічної оцінки збитків від деградації земель розглядалися в різних працях [2], де визначаються основні положення методичних підходів, визначення ступеня деградації земель та порядок розрахунку розміру шкоди (збитків) від деградації земель.

Для визначення рівня забруднення ґрунтів існує *методика еколого-хімічної зйомки*, яка була розроблена в Росії ще у 80-ті роки ХХ ст. Основними частинами зйомки є: відбір проб, аналітична обробка, інтерпретація результатів та складання карт.

Відбір ґрунту проводиться «конвертом», переважно 5х5 м, тобто проби відбираються по кутах та в центрі для осереднення результатів на глибині 10 см. Вибір ділянки відбирання проб здійснюється виходячи з поставленого завдання.

Аналітична обробка виконується за допомогою кількісного хімічного аналізу. При цьому важливою умовою достовірності результатів є дотримання комплексу метрологічних вимог, що передбачає виконання аналізів акредитованими лабораторіями з використанням сертифікованого обладнання, атестованих стандартних зразків та методик аналізу.

Інтерпретація результатів містить в собі порівняння отриманих результатів із фоновими концентраціями саме тих елементів на аналогічних ґрунтах, які лежать на чистих ділянках далеко від зон техногенного навантаження. При цьому визначаються поелементні показники концентрації K_c та сумарні показники концентрації Z_c за формулами:

$$K_c = C_i/C_\phi, \quad (2.4)$$

де C_i – концентрація елементів в i -тому зразку; C_ϕ – відповідна фонова концентрація;

$$Z_c = \Sigma K_c - (n-1), \quad (2.5)$$

де n – кількість елементів.

За значенням сумарного показника забруднення розроблена шкала (Ю. Саєт і Б. Равич), що відображає небезпеку забруднення ґрунтів для здоров'я людини. Згідно з цією шкалою, при мінімальному значенні Z_c (<8) небезпеки не виникає, ситуація порівняно задовільна. При середніх значеннях Z_c (16–32) ситуація помірно небезпечна, збільшується захворюваність дітей, сумарна захворюваність досягає 15 %. При значеннях Z_c від 32–64 до 128 екологічна ситуація характеризується як надзвичайна, до дуже небезпечної. При $Z_c = 32–64$ зростає захворюваність дітей на хронічні хвороби, порушується діяльність серцево-судинної системи, сумарна захворюваність зростає до 40 %. При максимальних забрудненнях і значеннях Z_c (>128) настає екологічне лихо, захворюваність перевищує 70 %, зростає смертність.

Виходячи з того, що основне забруднення ґрунтів відбувається через атмосферу, то за сумарним показником забруднення Z_c є можливим оцінювання загального рівня забруднення повітря. Із використанням емпіричних залежностей можливе оцінювання середньорічного складу окремих металів в атмосферному повітрі (y , в $\text{мкг}/\text{м}^3$) за їх складом у ґрунтах (x , в $\text{мг}/\text{кг}$). Наприклад, для свинцю:

$$y = x - 165/840. \quad (2.6)$$

При вивченні стану забрудненості ґрунтів є можливість виявлення наслідків антропогенного навантаження за весь період господарського освоєння території.

Метод вивчення забруднення снігового покриву

При проведенні аналізу снігу на наявність в ньому забруднюючих речовин можна вивчати атмосферні опади за

конкретний проміжок часу. Відбір снігу бажано проводити наприкінці сезону, щоб захопити більш довгий період, але до початку сніготанення, щоб запобігти процесам вилуговування розчинних компонентів.

З метою отримання характеристик інтенсивності атмосферних опадів важливим є визначення абсолютного складу твердих та розчинних домішок у пробі. Тому при обробці аналізується весь об'єм отриманої води та твердого нерозчинного матеріалу. Маючи відому масу твердих (пилових) частинок, визначають розмір пилового навантаження P_n (в $\text{мг}/\text{м}^2$ на добу) за формулою

$$P_n = P_o / S \cdot t, \quad (2.7)$$

де P_o – маса пилу в пробі (мг); S – площа шурфу (м^2); t – час від установлення стійкого снігового покриву (доба). Таким саме чином визначається інтенсивність випадку речовин з їх масою в пробі.

Інтерпретацію результатів проводять аналогічно з ґрунтовими пробами, шляхом порівняння з фоновими показниками, із визначенням поелементних показників K_c та сумарних Z_c . Шкала оцінки для снігового забруднення така:

- допустимому рівню забруднення відповідає значення Z_c до 64;
- помірно небезпечному – від 64 до 128;
- небезпечному – від 128 до 256;
- надзвичайно небезпечному – понад 256 [63].

Також розглядалася ефективність застосування геоінформаційних технологій при великомасштабному картографуванні забруднення атмосферного повітря [39]. Дослідження проводились на території м. Щолково Московської області. Картографування потенціалу забруднення атмосфери проводилися на основі даних стаціонарних метеорологічних спостережень у дрібних та середніх масштабах.

Картографування витоків забруднення атмосфери проводилися на основі даних інвентаризації, статистичної звітності про об'єми викидів та узагальнювальних матеріалів. Картографування рівня забруднення атмосфери виконувалося для різних часових інтервалів. Для реалізації та функціонування автоматизованої обробки вихідних даних та отримання достовірної інформації використовувалися такі програмні продукти, як MapInfo, ЕПК РОСА, Adobe Illustrator.

Загальну методологію кількісного прогнозування ризиків пропонує Мирцхулава Ц.Е., в якій метод оцінки кількісно оцінює у часі стан та динаміку змін самих складових та різних за природою етапів деградації ґрунтів [45]. Загалом, роботи, які ведуться на задану тематику, ґрунтуються на використанні та розробці математичних моделей поширення забруднення від різних джерел викидів [24].

2.4. Методичні засади дешифрування на космічних знімках техногенного забруднення земель

При дешифруванні на космічних знімках техногенного забруднення земель найбільш доцільним уявляється використання ознак, пов'язаних з варіаціями альbedo снігового покриву. Справді, серед багатьох чинників, які впливають на них, домінуючим є вміст акумульованого снігом техногенного пилу, який осаджується з атмосфери. Для картографування ареалів, в яких цей вміст перевищує фоновий рівень, залучалися програмний комплекс ERDAS IMAGINE від Leica Geosystems GIS & Mapping і спеціалізована програма IMPROC. Засобами ERDAS IMAGINE виконувались окремі етапи первинної обробки космічних знімків, а також визначалися межі кластерів «ліс» і «забудована територія» – об'єкти, що маскують межі зон забруднення сніго-

вого покритву. Оконтурювання останніх виконувалось алгоритмом програми IMPROC, який забезпечував реалізацію таких етапів:

1 – формування доповнюючої структурної дешифрувальної ознаки;

2 – побудова двовимірної гистограми у просторі «яскравість – структурна ознака»;

3 – побудова розпізнавального правила.

Доповнюючою структурною дешифрувальною ознакою була обрана величина модуля градієнта яскравості – G , яка визначається шляхом просторового диференціювання, тобто обчисленням похідних $\frac{\partial F}{\partial x}$ та $\frac{\partial F}{\partial y}$, де F – яскравість зображення, застосуванням згортки з масками оператора Собела H_x та H_y :

$$H_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad H_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

Модуль градієнта G обчислюється як

$$G = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}. \quad (2.9)$$

Припускається, що для лісу величина G повинна бути нижче, ніж для забрудненого снігу, оскільки у межах лісних масивів яскравість зображення змінюється лише внаслідок флуктуацій, а в межах ділянок забрудненого снігового покритву повинно спостерігатися збільшення яскравості за ступенем віддалення від джерела забруднення до периферії забруднення.

Побудова двовимірної гистограми – необов'язковий етап. Однак його виконання дозволяє наглядно оцінити, наскільки вдало вибрана доповнююча дешифрувальна ознака

ка, та сформулювати розпізнавальне правило або задати початкове наближення для розпізнавальної функції. Алгоритм побудування двовірної гістограми полягає у такому. Підраховується кількість пікселів, у яких спостерігаються різні сумісні значення двох ознак (у нашому випадку це F і G): (0;0) (0;1) (1;0) (1;1). Далі в площині F - G різними кольорами наносяться крапки з різною повторюваністю. Якщо ознака вибрана вдало, навчальній виборці, яка відповідає забрудненому снігу, на двовірній гістограмі повинен відповідати окремий кластер. Якщо ознака вибрана невдало, кластери, які відповідають забрудненому снігу та лісу, будуть перекриватися. У разі невдалого вибору структурної ознаки можна спробувати використати ознаки, які характеризують текстуру зображення, наприклад ознаку Розенфельда-Троя або другий момент автокореляційної функції. Ці ознаки досить детально описані в монографії [37]. Зауважимо, що текстурні ознаки доволі громіздкі. Тому більш зручніше використання градієнта. При наявності багатозонального знімку з оптичного і ІЧ зон спектра можна обійтись без доповнюючої структурної ознаки, а побудувати двовірну гістограму в просторі X_1 - X_2 , де X_1 – яскравість в оптичному діапазоні, а X_2 – в ІЧ-діапазоні.

Якщо не будувати двовірну гістограму, то розпізнавальне правило можна задати, використовуючи відстань Махаланобіса R_m . Для цього розраховують за навчальною вибіркою, яка відповідає забрудненому снігу, вектор середніх значень $\bar{X} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2)$, де $X_1 = F$, $X_2 = G$ і коваріаційну матрицю C , діагональні елементи якої C_{11} і C_{22} – дисперсії ознак F і G , а недіагональні – коваріація цих ознак:

$$C_{12} = C_{21} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (X_{k1} - \bar{X}_1) (X_{k2} - \bar{X}_2), \quad (2.10)$$

де N – кількість точок у навчальній виборці. Розпізнавальне правило формулюється таким чином:

ρ
 $X \in$ «забруднений сніг», якщо $R_m \leq R_{KP}$, де відстань Махаланобіса обчислюється за формулою

$$R_m = \sqrt{\frac{\rho}{(X - \bar{X})C^{-1}(X - \bar{X})}}, \quad (2.11)$$

а R_{KP} задається як деяка задана доля від $\sqrt{|C|}$.

Якщо другий етап алгоритму (побудова двовимірної гістограми) не пропускається, розпізнавальне правило може бути сформульовано на основі її аналізу за правилом трикутників:

$$\begin{cases} F_{\min} < F < F_{\max} \\ G_{\min} < G < G_{\max} \end{cases}, \quad (2.12)$$

де F_{\min} , F_{\max} , G_{\min} , G_{\max} – значення ознак, які обмежують кластер, що відповідає забрудненому снігу, або як лінійна розпізнавальна функція:

$$d(F,G) = w_0 + w_1 \cdot F + w_2 \cdot G,$$

де вагові коефіцієнти w обираються шляхом проведення на двовимірній гістограмі прямої лінії, яка розділяє кластери. Ці значення можуть уточнюватися методом коригувальних приращень.

Використовуючи описані вище інформаційні ресурси і програмно-алгоритмічні засоби, в деяких районах території Київської області було ідентифіковано топографічні параметри ділянок снігового покриву з аномальними рівнями альbedo. Кожен знімок засобами ГІС проектувався з вирівнюванням масштабів на відповідну ділянку електронної карти України, що давало змогу визначати реальні контури урбанізованих територій і лісових масивів як чинників, що маскують забруднення снігу техногенним пилом, а також географічні або прямокутні координати контурів ідентифікованих ареалів забруднення снігового покриву.

Розділ 3

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВИКИДІВ

Техногенний пил обумовлює наявність у зонах впливу стаціонарних і пересувних джерел викидів в атмосферу додаткової складової антропогенного навантаження на землі всіх категорій, визначених Земельним кодексом України. При цьому вміст шкідливих речовин, сорбованих на часточках пилу, в процесі акумуляції у фітоценозах і землях із часом може істотно перевищити рівні їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Особливо помітні вияви забруднення таким шляхом земель і фітоценозів у зонах впливу викидів в атмосферу газопилових сумішей потужними джерелами, якими є теплові електростанції, підприємства металургійного, коксохімічного й інших виробництв [74].

У монографії показане проведення робіт зі створення моделей забруднення земель техногенним пилом та визначення поширення забруднення від зосереджених та просторово-розподілених джерел викидів Київської області, які спричиняють чималий негативний вплив на навколишнє середовище.

Теплоелектростанції та інші великі підприємства завдають значної шкоди навколишньому середовищу внаслідок викидів шкідливих елементів, які виносяться в повітря та акумулюються землями. Хоча на підприємствах існують норми викидів, необхідно контролювати зони територій навколо зосереджених об'єктів, де ГДК хімічних елементів перевищує фон.

Від технічних характеристик обладнання (висота та діаметр димових труб), параметрів викидів (температура, співвідношення газових і пилових компонентів, хімічний і гранулометричний склад, швидкість потоку газопилової суміші та ін.), а також місцевих погодно-кліматичних умов (вологість повітря, характеристики опадів, повторюваність та сила вітру) залежить просторово-часовий розподіл забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери і, як наслідок, фітоценозах і землях довкола потужних джерел викидів. Цей розподіл є однією з важливих характеристик екологічного стану місцевості, яка досить важлива для широкого спектра практичних застосувань (медико-екологічні дослідження й експертиза, грошова оцінка земельних ділянок, погодження проектів будівництва нових чи реконструкція діючих підприємств та ін.) [12, 43].

Можливі декілька підходів до аналізу просторово-часового розподілу в навколишньому середовищі техногенних викидів в атмосферу. Найбільш поширені з них – математичне моделювання та натурні виміри концентрацій складових викидів на сітці стаціонарних або пересувних постів обласних санітарно-епідеміологічних станцій, підприємств та організацій, які проводять інвентаризацію джерел забруднення навколишнього середовища з метою обґрунтування нормативів викидів та скидів речовин, що забруднюють довкілля. Кожен із згаданих підходів має свої переваги і недоліки. Але можливості природоохоронної інтерпретації отримуваних з їх застосуванням даних можуть бути суттєво розширені за рахунок залучення технологій ДЗЗ та ГС. У цій роботі за допомогою зазначених технологій використовувалися космічні знімки ASTER, LANDSAT, SPOT, NOAA та інші, які можна отримати з таких серверів аерокосмічних даних, як Digital Globe, Eurimage, Space imaging, Совинформспутник [22, 39].

Державне управління екології та природних ресурсів у Київській області Міністерства охорони навколишнього природного середовища України щороку готує «Довідку про стан навколишнього природного середовища Київської області». У «Довідці...» за 2004 рік вказується, що обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел підприємств Київської області становив 78,9 тис. тонн. Основний внесок у загальну кількість викидів дає Трипільська ТЕС, викиди якої 2004 року становили 59,327 тис. тонн, або 75,2 % від загального обсягу викидів стаціонарними джерелами. Виходячи з цього, Трипільська ТЕС була визначена тест-об'єктом для досліджень можливостей використання космічних знімків у завданнях моніторингу забруднення атмосфери стаціонарними джерелами викидів.

3.1. Технічні характеристики Трипільської ТЕС

Основними спорудами Трипільської ТЕС є головний корпус, об'єднаний допоміжний корпус, об'єкти паливного господарства, технічного водопостачання, золовловлення, золошлаковидалення й електричної частини станції.

Для кожного блоку передбачено один головний живильний турбонасос ОСПТ-1150М (продуктивністю 1150 м³/год, тиском нагнітання 34 МПа) першої черги і СВПТ-340-1000 (продуктивністю 1040 м³/год, тиском нагнітання 34 МПа), пускорезервний електронасос ПЭ-600-300 (продуктивністю 600 м³/год, тиском нагнітання 32 МПа), три бустерних насоси (один резервний) 12ПД-8 (продуктивністю по 650 м³/год кожний при напорі 158 м). Для деаерації живильної води на кожному блоці передбачені два деаераційні стовпчики абсолютним тиском 0,7 МПа, продуктивністю по 500 т/год.

Для готування палива кожен котлоагрегат першої черги обладнаний трьома кульовими барабаними млинами ШБМ-50А продуктивністю 50 т/год. Енергоблоки мають по два осьових димососа ДО-31,5 (продуктивністю 900 тис. м³/год при розрідженні на всосі 3,5 кПа) і по два дуттьових вентилятори – на першій черзі ВДН-24х2П (продуктивністю 600 тис. м³/год при тиску 3,9 кПа), на другій черзі – ВДН-28,6П (продуктивністю 541 тис. м³/год при тиску 4,17 кПа). У машинному залі встановлені дві бруківки крана вантажопідйомністю 125/20 т, а в казановому відділенні – два мостових крани вантажопідйомністю по 50/10 т. Для обслуговування сепараторів і циклонів на перекритті бункерно-деаераторної етажерки передбачено напівкозловий кран вантажопідйомністю 30 т, а на відкритій площадці за головним корпусом – козловий кран прольотом 33 м і вантажопідйомністю 30 т. На Трипільській ТЕС встановлені два димарі висотою по 180 м; для першої черги з діаметром 9,6 м, для другої – 7,2 м.

Паливне господарство першої черги складається з відкритого складу вугілля місткістю 280 тис. т, що обслуговується двома порталними кранами «Альбатрос» і бульдозерами ДЭТ-250 і Т-330, закритого прийомного пристрою з двома бічними вагоноперекидачами для розвантаження вагонів місткістю 60 і 93 т, дробильного корпусу з двома дробарками М20х30 продуктивністю по 1000 т/год, двох двоколієних разморожуючих пристроїв конвективного і радіаційного типу для одночасної установки 32 і 20 вагонів відповідно, підземних галерей і надземних естакад. Є також додатковий відкритий разморожуючий пристрій з обігрівом вихлопними газами реактивних двигунів.

Основним паливом для першої черги є донецький антрацитовий штиб, що надходить залізницею та річкою. Для розвантаження вугілля, що надходить річковим шляхом,

побудовано причал. Газове господарство має два газорозподільних пункти продуктивністю по 320 тис. $\text{нм}^3/\text{год}$ і систему газопроводів.

Мазутне господарство другої черги розташовано поза площадкою електростанції і складається з двоколійного приймально-зливального пристрою довжиною 200 м для одночасної установки 48 цистерн вантажопідйомністю по 60 т, мазутного складу з вісьма обвалованими залізобетонними прямокутними резервуарами ємністю по 8000 м^3 , п'ятьма металевими резервуарами по 20 тис. м^3 і мазутонасосною. Для подачі палива в головний корпус споруджено естакаду паромазутопроводів довжиною 2,2 км.

Система технічного водопостачання – прямоточна з забором з Канівського водоймища. У її склад входить дві блокові насосні станції з дванадцятьма насосами ОП2-110 продуктивністю по 5 $\text{м}^3/\text{с}$ при напорі 15 м, що підводить канал, сталеві напірні та зливальні водоводи діаметром 1800 мм, закриті скидні залізобетонні канали, відкритий канал, що відводить, сітчастий рибозагороджувач у каналі, що підводить воду, і глибинний водозабір з обігрівальним пристроєм. Для зменшення впливу теплої скидної води передбачено ежектувальний пристрій, що поліпшує перемішування скидної води з водою Дніпра. Струмененапрямна дамба сполучена із захисною дамбою порту.

Система золовловлення першої черги – одноступінчаста з чотирипільними горизонтальними електрофільтрами УГ2-53-4. Система золошлаковидалення – сумісна гідравлічна. На кожні два казани першої черги передбачена одна багерна насосна з чотирма насосами 12ГР-8Т. Освітлена вода повертається на ТЕС для повторного використання. Для запобігання влученню у водойми стічних вод передбачені спеціальні очисні споруди (табл. 3.1) [66].

Таблиця 3.1

**Технічна характеристика
основного енергетичного обладнання**

Технічна характеристика котлів

Котли	
Тип	ТПП-210А (І черга)
	ТГМП-314 (ІІ черга)
Паропродуктивність, т/год	950
Тиск пари на виході з котла, МПа	25,5
Температура пари на виході з котла і за проміжним пароперегрівником, °С	254
Температура живильної води, °С	260
Витрата палива в годину:	
антрацитового штибу, т	120
природного газу, тис. м ³	83
топкового мазуту, т	70
КПД (брутто), %	85.4 (І черга)
	97.4 (ІІ черга)

Технічна характеристика турбін

Турбіни	
Тип	К-300-240
Номінальна потужність, МВт	300
Частота обертання вала, об/хв	3000
Максимальна витрата пари, т/год	927
Тиск свіжої пари, МПа	24
Температура свіжої пари і після проміжного перегріву, °С	540
Тиск (абсолютний) у конденсаторі, кПа	3,5
Число регенеративних доборів	9

Технічна характеристика генераторів

Генератори	
Тип	ТГВ-300
Потужність, МВт	300
Коефіцієнт потужності	0,85
Напруга на виводах, кВ	20
Збудження	тиристорне
Охолодження	водневе

**Основні техніко-економічні показники
та експлуатаційні показники електростанції**

Тип	1 черга	2 черга
Потужність енергоблоків, МВт	конденсаційна	конденсаційна
Річне виробництво електроенергії, млн МДж (млн кВт·год)	4x300	2x300
Річне використання встановленої потужності	29668 (8241)	11592 (3220)
Середньорічне навантаження блоку, МВт	253	221
Витрата електроенергії на власні потреби	5,1	3,87
Питома витрата умовного палива на відпущену електроенергію, г/кВт·год	355,3	327,4
ККД нетто, %	34,58	37,53

Установлена потужність Трипільської ТЕС – 1800 МВт. Кількість енергоблоків – 6. Проектне паливо: енергоблоки ст. 1–4 вугілля марки АШ з калорійністю 5790 ккал/кг; енергоблоки ст. 5,6 газ. Частка використання природного газу в структурі палива в 2007 році на вугільних енергоблоках – 10,95 % (табл. 3.2) [47].

Таблиця 3.2

Вугільні енергоблоки

Станція № енергоблоку	Потужність, МВт	Рік введення в експлуатацію	Напрацювання станом на 01.01.2008, годин	Поточний стан обладнання	Питомі витрати умовного палива (2007 рік), г/кВт·год
1	300	1969	247373	в роботі	406,9
2	300	1970	256142	в роботі	
3	300	1970	251918	в роботі	
4	300	1970	242976	в роботі	
5	300	1971	175939	в роботі	
6	300	1972	171531	в роботі	

Основні види енергоресурсів, які споживає Трипільська ТЕС для виробництва електроенергії – вугілля, газ та мазут. За останні роки використання (%) мазуту та газу зменшилось, а вугілля збільшилось (табл. 3.3, рис. 3.1).

Таблиця 3.3

Використання палива на Трипільській ТЕС (%)

Рік	Паливо		
	газ	мазут	вугілля
2000	56,1	0,5	43,4
2001	33,5	1,3	65,2
2002	30,6	1,3	68,1
2003	43,9	0,2	55,9
2004	23,4	0,1	76,5

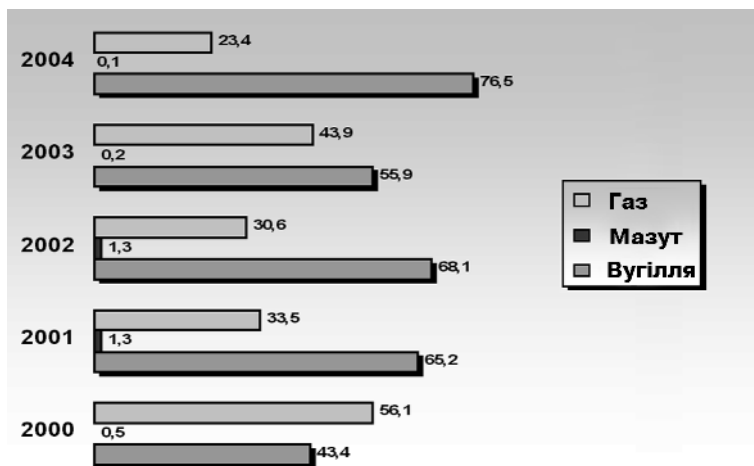


Рис. 3.1. Використання палива на ТЕС

У монографії розглядаються питання, пов'язані тільки з викидами в атмосферу Трипільською ТЕС твердих речовин – техногенного пилу, який обумовлює можливість космічного моніторингу її впливу на забруднення ґрунтів та атмосфери.

Негативний вплив ТЕС на навколишнє природне середовище відбувається внаслідок викидів в атмосферу продуктів згорання палива, твердих відходів у вигляді золи та шлаку, які потрапляють у золовідвал, стічних вод із вмістом залишків нафтопродуктів і підвищеною температурою, шумів, електромагнітних полів.

Основними забрудниками атмосфери, що утворились при спалюванні палива, є зола, оксиди азоту, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, п'ятиокис ванадію та бензопірен (табл. 3.5).

Загалом валовий викид забруднюючих речовин протягом 2000–2004 рр. на Трипільській ТЕС становить у середньому 67765,2 т (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Валовий викид забруднюючих речовин протягом 2000–2003 рр.

Рік	Всього	у т.ч.	
		газоподібних	твердих
2000	64 495,2	44 869,7	19 625,5
2001	69 811,6	50 914,8	18 896,8
2002	77 854,5	53 894,2	23 960,3
2003	58 899,5	41 056,3	17 843,2

Зменшення кількості викидів забруднюючих речовин у 2003 році пояснюється зменшенням виробітку електроенергії і, відповідно, зменшенням кількості спаленого вугілля та мазуту.

У 2003 році зменшились викиди твердих речовин на 6110,7 т і ангідриду сірки на 11062,5 т порівняно з 2002 роком, що пояснюється зменшенням виробітку електроенергії і зменшенням кількості спаленого вугілля на 472500 т та мазуту на 18399 т. У 2003 році було збільшено спалювання газу на 794,089 т, що призвело до збільшення кількості викидів окису азоту [11].

Характеристики джерел викидів забруднюючих речовин

Джерело викиду	Параметри джерел викидів		Характеристика пилогазової суміші на виході		Забруднююча речовина	Значення концентрації забруднюючих речовин, мг/м ³		Визначена потужність викиду		
	висота, м	діаметр, м	об'єм, м ³ /с	швидкість, м/с		температура, °С	max	min	г/с	т/рік
Лимова група I-ї черги	180	9,6	1982,1	27,4	170	Зола	2266,0	2060,0	1828,3	16153,5
						Оксиди азоту	1018,0	926,0	784,0	6757,7
						Сірчистий ангідрид	3633,0	3302,0	2560,0	32842,5
						Ванадію п'ятиокис	0,477	-	0,34	-
						Оксид вуглецю	157,4	143,0	116,4	-
						Бензопірен	0,0009	-	0,000711	-
Лимова група II-ї черги	180	7,2	1077,0	26,5	147	Оксиди азоту	708,6	637,0	286,2	820,8
						Сірчистий ангідрид	2864,0	2575,0	1261,2	-
						Ванадію п'ятиокис	27,9	-	12,3	-
						Оксид вуглецю	120,0	108,0	52,8	588,4
						Бензопірен	0,00028	-	0,000122	0,00002

3.2. Вплив рози вітрів на поширення забруднення

Для визначення динаміки форми і характеристичних розмірів зони впливу ТЕС на навколишнє природне середовище необхідно мати дані про повторюваність напрямків та швидкостей вітру. Найближчі до Трипільської ТЕС станції метеорологічної служби знаходяться у містах Васильків і Жуляни, відповідно в західному і північному напрямках на відстані близько 30 км. Було використано дані їх спостережень вітрових режимів місцевості.

У холодний період року тут переважають вітри південно-західних, західних та північно-західних напрямків. У грудні та лютому велика повторюваність (11,1 % та 16,8 %) південно-східного вітру, в січні (18,2 %) – східного напрямку. В теплий період року найбільше повторювання (85,8 %) північно-західного та (49,3 %) північно-східного вітру (*табл. 3.6*).

На Україні найбільшу повторюваність мають вітри слабкі та помірні зі швидкістю 0–5 м/сек (повторюваність 70–90 % на рік). В річному ході повторюваність швидкостей 2–3 м/сек приблизно однакова протягом року, а повторюваність швидкостей 4–5 м/сек в холодну пору року (жовтень – березень) більша, чим у теплу.

Швидкість 6–10 м/сек частіше за все спостерігається в холодну пору року чи в перехідні сезони. Швидкість понад 10 м/сек спостерігається рідко. Від 1993 по 2003 рік фіксувалися випадки зі швидкістю 15 м/сек та більше. Рік-у-рік повторюваність сильного вітру набагато змінюється. За десять років зафіксовано вісімдесят шість випадків із сильним вітром. Найбільше число випадків (сімнадцять) було у 1997 році, найменше – в 1994 та 1999 роках. За даними багаторічних спостережень найбільше число днів із сильним вітром спостерігається в січні, березні, квітні та грудні, а їх кількість становить двадцять сім днів.

Важливою характеристикою сильного вітру є його тривалість. За даними спостережень у Києві (Жуляни) переважають сильні вітри тривалістю менше трьох годин, але й бувають випадки, коли сильний вітер спостерігався протягом доби.

Середня повторюваність швидкості вітру 10–15 м/сек становить 5,3 % за рік. Найбільша повторюваність (16,9 %) швидкості вітру 10–15 м/сек була в січні. Сильний вітер зі швидкістю 16–20 м/сек буває рідко, повторюваність його становить 1,1 %, найбільша повторюваність (6,4 %) була в березні.

Максимальна швидкість вітру за період, що спостерігався, була зафіксована 10 жовтня 2003 року: північно-західний вітер зі швидкістю 21 м/сек. Вітри зі швидкістю 15 м/сек і більше мали напрям в 1,1 % випадків південно-західний, в 1,3 % – північно-західний, рідкіше вони мали східний, північно-східний та західний напрямки (по 0,9 %).

Наведені дані свідчать, що найбільша річна повторюваність вітру спостерігається у південному, південно-західному та західному напрямках.

Оскільки роза вітрів показує напрям, звідки віє вітер, для отримання переважних напрямів переносу викидів в атмосферу необхідно на 180° повернути її зображення. Таким чином, за місяцями можна очікувати наступну повторюваність напрямів переносу викидів Трипільської ТЕС.

Аналіз наведених даних дає підстави для висновку, що за порами року найбільш імовірні (%) такі напрями їх переносу (рис. 3.2, табл. 3.6). Взимку викиди в основному спрямовані у північному (22,8 %) та північно-східному (15,1 %), найменше в південно-західному напрямі (5,8 %). Найбільшу повторюваність (23,8 %) можна очікувати в північному, а найменшу (4,8 %), у січні, у південно-західному напрямку. Весною викиди найчастіше поширюються у північному (19,0 %) та північно-східному (16,5 %), набагато рідше у південно-західному напрямку (8,5 %).

Влітку зазвичай можна очікувати поширення викидів у східному (18,7 %) та північно-східному (17,4 %) напрямках. Восени викиди ТЕС найчастіше поширюються у північному (19,1 %) та північно-східному (18,5 %) напрямках, рідше південно-західному (7,1 %) та південному (7,8 %) [11].

Таблиця 3.6

Напрями переносу викидів (%) Трипільської ТЕС

Напрямок викидів	Пора року				За рік
	зима	весна	літо	осінь	
<i>Пн</i>	22,8	19,0	8,9	19,1	17,4
<i>ПнСх</i>	15,1	16,5	17,4	18,5	16,8
<i>Сх</i>	10,4	12,1	18,7	14,5	14,0
<i>ПдСх</i>	7,7	10,6	12,6	10,4	10,3
<i>Пд</i>	9,2	11,2	10,8	7,8	9,7
<i>ПдЗх</i>	5,8	8,5	11,2	7,1	8,1
<i>Зх</i>	14,6	11,0	9,8	8,3	10,9
<i>ПнЗх</i>	14,4	11,2	10,6	14,3	12,6

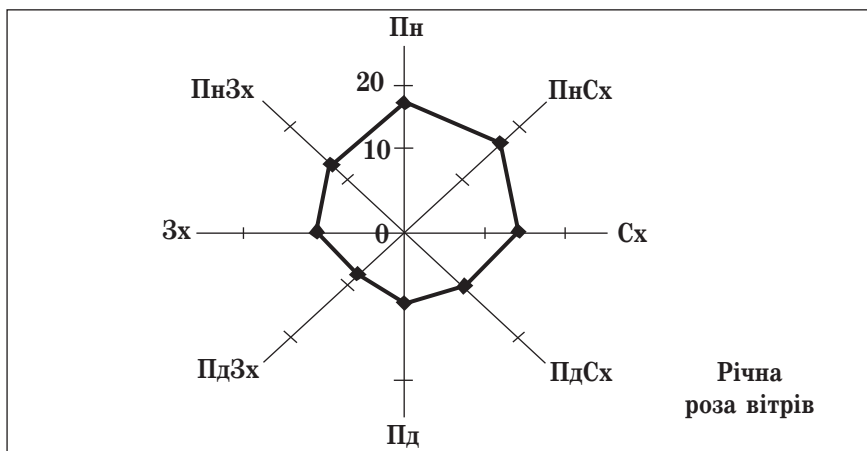


Рис. 3.2. Повторюваність напрямів (%) переносу викидів

Необхідну метеорологічну продукцію та метеорологічні дані по Україні можна замовити та отримати в Українському Гідрометеорологічному центрі та на сайті www.meteo.com.ua (табл. 3.7) [68].








Таблиця 3.7

Метеорологічні дані Київської області

Виберіть область:

День, рік, місяць:

Година (Грінвіч):

Станція	Т, с	Тиск, мм	Вологість, %	Вітер напрямок швидкість	Хмарність	Погодні умови
Київ	1	739	96	→ західний 4 м/с		димка
Чорнобиль	1.1	741	96	→ західний 3 м/с		дощ
Б.Церква	1.4	741	90	↗ південно-захід. 8 м/с		слабка мряка
Тетерів	2.1	743	93	→ західний 3 м/с		слабкий зливовий дощ
Яготин	-0.2	743	93	→ західний 4 м/с		сніг
Миронівка	0.5	742	92	→ західний 6 м/с		слабкий сніг
Баришівка	0.8	756	92	↑ південний 2 м/с		слабкий сніг

3.3. Картографування зони забруднення

Представлена картографічна модель забруднення земель техногенним пилом може бути використана для різних зосереджених об'єктів. У цьому випадку модель зображено на конкретному прикладі Трипільської ТЕС.

Космічні знімки ASTER, SPOT, LANDSAT центральних районів Київської області залучались для визначення розмірів зони забруднення приземного шару атмосфери техногенним пилом від Трипільської ТЕС. Це були знімки за 2002–2005 роки із фондів Державного науково-виробничого центру «Природа», Українського центру менеджменту землі

та ресурсів, глобальної комп'ютерної мережі Інтернет, а також MODIS та NOAA, отриманих в реальному вимірі часу в терміни січень – квітень 2005 року. Зразки цих знімків наведені на **рис. 3.3** (*див. вкл.*) Дешифрування виявів забруднень атмосфери промисловими викидами виконується з використанням яскравісних та текстурних ознак. До перших відносять тон зображення (для чорно-білих знімків), характеристики кольору: тон, насиченість, «світлота» (для кольорових, спектрзональних та синтезованих знімків). Для цифрових зображень, які візуалізуються на екрані дисплею, до ознак яскравості відносять: еквівалент яскравості зображення (для матеріалів панхроматичної зйомки); еквіваленти зональних яскравостей (для матеріалів багатозональної зйомки). Якщо для візуалізації багатозональних зображень використовують процедуру синтезу в умовних кольорах, то дешифрувальними ознаками також є характеристики кольору. До текстурних ознак відносять розміри та форми об'єктів, характер поширення яскравості в межах об'єкта, текстуру зображення. У практичних завданнях тематичного дешифрування космічних знімків, як правило, зазначені види дешифрувальних ознак використовують комплексно. Наприклад, димові шлейфи ідентифікують як за ознаками яскравості (яскравість зображення шлейфа вища, чим яскравість фону, але нижча, чим яскравість хмарності), так і за текстурними ознаками – формою контурів (частіше всього – конусоподібна). Проте при цьому просторова розрізнявальна здатність космічного знімку повинна бути сумірною з характеристичними розмірами димового шлейфа. Тому на знімках ASTER, SPOT, LANDSAT з просторовою розрізнявальною здатністю порядку першого десятка метрів промислові димові шлейфи дешифруються достатньо надійно в перших двох-трьох каналах зйомки, що ілюструється на **рис. 3.3** (*див. вкл.*). При цьому вплив маскуючих факторів мінімальний на фоні водної поверхні [11].

На знімках NOAA, а їх просторова розрізнявальна здатність становить 1,1 км, звичайно вдається ідентифікувати тільки великі димові шлейфи, наприклад які супроводжують виверження вулканів. Тим не менш ці знімки достатньо інформативні для оцінок параметрів зон забруднень навколишнього середовища промисловими викидами при використанні як його непрямої ознаки – варіації альбедо снігового покриву, які обумовлені процесами акумуляції в ньому техногенного пилу. Крім того, зважаючи на високу повторюваність сеансів зйомки одних ділянок місцевості, знімки NOAA дозволяють реалізовувати режим моніторингу її забруднення техногенним пилом. Зазначимо, що для цього більш інформативні знімки MODIS з просторовою розрізнявальною здатністю приблизно 250 м.

Усі космічні знімки, які використовувалися для ідентифікації параметрів зон впливу викидів в атмосферу Трипільської ТЕС, трансформувалися в картографічну проєкцію електронної топографічної карти Київської області М 1:200000, яка підтримується засобами геоінформаційної системи ARC/VIEW. Цим забезпечувалась можливість вимірів геометричних параметрів як власне димових шлейфів, так і зони забруднення їх складовою – техногенним пилом. Оскільки залучені космічні знімки високої просторової розрізнявальної здатності були отримані при випадковій виборці напрямів та швидкостей вітру, за ними визначалася середня віддаленість від джерела викидів меж, де концентрація техногенного пилу приблизно зрівнюється з фоном.

Для метеорологічних особливостей району Трипільської ТЕС, складу та об'ємів її викидів в атмосферу це віддалення становить 19–21 км, тобто в середньому 20 км.

Підрахувавши відстань X , на яку можливе поширення забруднення через швидкість горизонтальну ($V_{гор}$), швидкість осідання ($V_{ос}$) та висоту труби (H), отримаємо

$$X = \frac{H}{V_{oc}} \cdot V_{гор} = \frac{180}{0.01} \cdot 1.1 = 19800 \text{ м.} \quad (3.1)$$

У припущенні рівномірного за напрямками розсіювання викидів в атмосфері площа забруднення земель техногенним пилом сягала б близько 1260 км². Виходячи з оцінки валових викидів пилу в середньому за рік в межах 40000 т, отримали, що в цьому разі на один квадратний кілометр земель тільки з викидів Трипільської ТЕС осідало би близько 32 тонн техногенного пилу. Однак викиди станції за напрямками розсіюються нерівномірно. Так, при фіксованому напрямі вітру, як свідчать космічні знімки високої просторової розрізняювальної здатності, техногенний пил Трипільської ТЕС зазвичай осідає в секторі, який становить 1/8 кола, тобто на площу приблизно 157 км². Виходячи з добової норми викидів пилу в 2004 року – близько 110 т, а також кількості діб в календарному році з певним напрямком переносу викидів, наприклад у північному – 64 доби, отримуємо, що річна норма навантаження викидами Трипільської ТЕС одного квадратного кілометра земель у секторі 67,5°–112,5° становить близько 45 тонн.

Скориставшись існуючими даними, а також урахувавши параметри димових шлейфів, отриманих дешифруванням випадкового набору космічних знімків високої просторової розрізняювальної здатності, нескладно отримати прогнозні оцінки навантаження земель техногенним пилом у довільному секторі навкруги Трипільської ТЕС – **рис. 3.4** (див. вкл.).

Ці оцінки можна скоригувати, знаючи реальні контури зони осадження техногенного пилу. Їх можна встановити, аналізуючи варіації зональної яскравості снігового покриву. Для такого підходу на території України в період січня-березня 2005 року склалася достатньо сприятлива метеорологічна ситуація. Тривалі цикли формування та сходу снігового покриву хоча рідкі, але безхмарні та морозні дні

дали змогу накопичити репрезентативну статистику знімків NOAA та MODIS більшої частини території країни. Їх тематична обробка виконувалась із залученням засобів програмного комплексу ERDAS та універсальної програми IMPROC. Еталонна тест-ділянка останнього для визначення фонового рівня зональної яскравості була обрана на території Макарівського району Київської області в пункті пересікання бісектрис трикутника, утвореного населеними пунктами Мар'янівка, Вітрівка, Грузьке. Розрізнялося дві градації забруднення снігу. Як для знімків MODIS, так і NOAA, отриманих у другій та третій декадах березня 2005 р. характерні високі рівні контрастів альbedo забрудненого та умовно чистого снігу.

Результати картографування ареалів забруднення снігу та ідентифікації димових шлейфів на випадкових наборах космічних знімків дають підстави очікувати наведені на **рис. 3.5** (*див. вкл.*) сезонні ареали забруднення земель пилом з викидів Трипільської ТЕС. Ареал з позначкою I формується з вересня по травень, а з позначкою II – упродовж осені, зими та весни. Наявність «острівця чистої території» в безпосередній близькості від самої ТЕС обумовлена закономірностями осадження в атмосфері з висоти 180 м твердих часточок. Скориставшись стандартними засобами ГІС, у цьому випадку – Arc/View, нескладно визначити, що влітку викиди Трипільської ТЕС сприяють забрудненню приблизно 500 км² території Київської області, а в інші сезони – 600 км² (**рис. 3.5** – *див. вкл.*).

Виходячи з вищесказаного, отримуємо, що техногенний пил з викидів Трипільської ТЕС зазвичай не досягає Києва. Це можливо хіба що при сильному вітрі, ймовірність якого в напрямках Києва незначна. У зоні забруднення підстиляючої поверхні пилом Трипільської ТЕС у містах Обухів, Бориспіль, Українка два рази на добу беруться проби повітря на вміст пилу, оксиду вуглецю, діоксиду сірки,

діоксиду азоту, міді, свинцю, цинку, нікелю, кадмію, заліза, марганцю та хрому. Уявляється доцільним додатково восени, взимку та весною періодично контролювати вміст перелічених інгредієнтів у приземному шарі атмосфери на південних околицях населених пунктів Глеваха, Хотів, Вишеньки, Козин, а влітку – на західних околицях населених пунктів Вороньків, Гологурів, Старе. Важливо, щоб відповідні станції відбору проб призначались на відстані 1000–1500 м від меж забудови, а взимку на них брались також проби снігу для вимірів вмісту основних забруднюючих речовин. Це дасть змогу побудувати регресійні рівняння залежності від їх концентрацій зональних яскравостей снігового покриву і реалізувати ефективні алгоритми космічного моніторингу його забруднення в кількісній шкалі вимірів [11].

3.4. Моделювання поширення забруднюючих речовин

Для доповнення картографічної моделі були виконані математичні розрахунки з розподілу концентрації забруднюючих речовин в атмосфері із застосуванням методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, з яких складаються викиди підприємств, що розроблена Головною геофізичною обсерваторією ім. А.І. Воєйкова. Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини C_M (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом, яке досягається за несприятливих умов на відстані X_M (м) від джерела, визначають за формулою

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H_2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (3.2)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, і визначає умови вертикального й горизонтального розсіювання забруднюючих речовин (для Київської області – 200);

M – маса забруднюючої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу, г/с;

F – коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосфері (для газів – 1, для пари – 2, для пилу – 3);

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу (у випадку рівної або слабонересічної місцевості з перепадом висот менше 50 м на 1 км береться $\eta = 1$);

ΔT (°C) – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, і температурою навколишнього середовища повітря, $\Delta T \neq 0$, °C;

V_1 – об'ємна витрата газоповітряної суміші (м³/с), яка визначається за формулою

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (3.3)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

ω_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с³;

m і n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, які визначаються залежно від параметрів f ; f_e ; v_M ; v'_M :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (3.4)$$

$$v'_M = 1,3 \omega_0 \cdot D / H; \quad (3.5)$$

$$f_e = 800 (v'_M)^3; \quad (3.6)$$

$$v_M = 0,65 \sqrt[3]{V_1 \Delta T / H}, \quad (3.7)$$

де v_M – небезпечна швидкість вітру, v'_M – швидкість вітру, за якої приземні концентрації мають найбільші значення. Коефіцієнт m визначають залежно від f за формулою

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}, \text{ при } f < 100. \quad (3.8)$$

Для $f_e < f < 100$ значення коефіцієнта m знаходять при $f = f_e$. Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається залежно від v_M :

$$n = 1 \quad \text{при } v_M \geq 2; \quad (3.9a)$$

$$n = 0,532 V_M^2 - 2,13 v_M + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_M < 2; \quad (3.9б)$$

$$n = 4,4 v_M \quad \text{при } v_M \leq 2. \quad (3.9в)$$

Відстань X_M (м) від джерела викиду, на якій досягається максимальна приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов, досягає максимального значення C_M , визначають за формулами:

$$\text{якщо } F < 2, \quad \text{то } X_M = dH, \quad (3.10a)$$

$$\text{якщо } F \geq 2, \quad \text{то } X_M = 5 - F / 4 \cdot dH. \quad (3.10б)$$

Значення безрозмірного параметра d знаходять за формулами (при $f < 100$):

$$\text{при } 0,5 < v_M \leq 2 \quad d = 4,95 v_M \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}); \quad (3.11a)$$

$$\text{при } v_M > 2 \quad d = 7 \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}); \quad (3.11б)$$

$$\text{при } v_M \leq 0,5 \quad d = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}). \quad (3.11в)$$

Використовуючи дані Трипільської ТЕС, наведені у табл. 3.5, проведено розрахунки з визначення максимальної приземної концентрації для речовин, що викидаються: оксиду азоту, сірчистого ангідриду, п'ятиокису ванадію, оксиду вуглецю, золи та бензопірену. Результати розрахунків наведені в табл. 3.8. Після отриманих результатів розрахунку максимальних приземних концентрацій визначалася відстань, на якій формується максимальна приземна концентрація шкідливих елементів.

Для газів F (коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосфері) = 1, тому розрахунок відстані X_M (м) від Трипільської ТЕС, на якій максимальна приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_M , буде визначатися за формулою:

$$\text{якщо } F < 2, \quad \text{то } X_M = dH. \quad (3.12)$$

Значення безрозмірного параметра d знаходять за формулами (при $f < 100$):

$$\begin{aligned} &\text{при } 0,5 < v_m \leq 2 \\ d &= 4,95 v_m \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) = 4,95 \cdot 1,64 \cdot (1,82144) = 14,786; \\ X_M &= d \cdot H = 14,786 \cdot 180 = 2661,48 \text{ км.} \end{aligned}$$

Для золи $F = 3$, тому розрахунок відстані X_M (м) від Трипільської ТЕС, на якій максимальна приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_M , буде визначатися за формулою:

$$\text{якщо } F \geq 2, \text{ то } X_M = (5 - F) / 4 \cdot dH. \quad (3.13)$$

Значення безрозмірного параметра d знаходять за формулами (при $f < 100$):

$$\begin{aligned} &\text{при } 0,5 < v_m \leq 2 \\ d &= 4,95 v_m \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) = 4,95 \cdot 1,64 \cdot (1,82144) = 14,786 \\ X_M &= (5 - F) / 4 \cdot dH = (5 - 4) / 4 \cdot 14,786 \cdot 180 = 1330,74 \text{ км.} \end{aligned}$$

Результат розрахунків наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Результати розрахунків максимальних приземних концентрацій забруднюючих речовин

Назва забруднюючої речовини	Маса викиду, г/с, М	Висота труби, м, Н	Витрата газової суміші, м ³ /с, V ₁	Коефіцієнти								C _{max} мг/м ³	
				A	F	η	m	n	f	V _м	V' _м		f _e
I Труба	Оксид азоту	784,0			1								0,93
	Сірчистий ангідрид	2560,0			1								3,043
	Ванадію п'ятиокис	0,34	180	1982,27	1	1	0,87	1,07	1,48	1,64	1,9	5487,2	0,0004
	Оксид вуглецю	116,4			1								0,138
	Зола	1828,3			3								6,521
	Бензопірен	0,000711			1								0,0000008
II Труба	Оксид азоту	784,0			1								0,41
	Сірчистий ангідрид	1261,2			1								1,808
	Ванадію п'ятиокис	12,3	180	1078,29	1	1	0,88	1,15	1,30	1,48	1,38	2102,46	0,018
	Оксид вуглецю	52,8			1								0,076
	Бензопірен	0,000122			1								0,0000002

Значення небезпечної швидкості I_M (м/с) на рівні флюгера (зазвичай 10 м від рівня землі), за якою досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин C_M , у випадку $f < 100$ визначається за формулами (табл. 3.9):

$$I_M = 0,5 \text{ при } v_M \leq 0,5; \quad (3.14a)$$

$$I_M = v_M \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2; \quad (3.14б)$$

$$I_M = v_M (1 + 0,12 \sqrt{f}) \text{ при } v_M > 2. \quad (3.14в)$$

При $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 100$ значення I_M обчислюється за формулами:

$$I_M = 0,5 \text{ при } v'_M \leq 0,5; \quad (3.15a)$$

$$I_M = v_M \text{ при } 0,5 < v'_M \leq 2; \quad (3.15б)$$

$$I_M = 2,2 v'_M \text{ при } v'_M > 2. \quad (3.15в)$$

Таблиця 3.9

Відстані формування максимальних приземних концентрацій для Трипільської ТЕС

I труба	d	14,786					
	Забруднюючі речовини	Оксид азоту	Сірчистий ангідрид	Ванадію п'ятиокис	Оксид вуглецю	Зола	Бензопірен
	F	1	1	1	1	3	1
	X _m (m)	2661,48	2661,48	2661,48	2661,48	1330,74	2661,48
II труба	d	12,664					
	Забруднюючі речовини	Оксид азоту	Сірчистий ангідрид	Ванадію п'ятиокис	Оксид вуглецю	Зола	Бензопірен
	F	1	1	1	1	—	1
	X _m (m)	2279,52	2279,52	2279,52	2279,52	—	2279,52

У випадку Трипільської ТЕС значення $f = 1,48$ для I труби та $f = 1,297$ для II труби. Відповідно використовується формула $I_M = v_M$ при $0,5 < v_M \leq 2$.

Підставляючи параметри f , отримуємо $I_M = 1,64$ м/с (для I труби) та $I_M = 1,48$ м/с (для II труби).

Для джерел викиду, який має різні параметри, розрахунок приземних концентрацій відбувається після визначення для всіх джерел за кожною речовиною максимальних приземних концентрацій C_M ($C_{M1}, C_{M2}, \dots, C_{MN}$) та небезпечних швидкостей вітру I_M ($I_{M1}, I_{M2}, \dots, I_{MN}$), що було зроблено вище. Далі сумуємо максимальні приземні концентрації C_M від всіх джерел викидів ($C_{M1} + C_{M2} + \dots + C_{MN}$) і порівнюємо з ГДК (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Максимальні приземні концентрації речовин
для Трипільської ТЕС**

Найменування речовин	C_M (мг/м ³)	ГДК макс. разова, (мг/м ³)	ГДК макс. разова, (мг/м ³)
Оксид азоту	1,34	0,085	2
Сірчистий ангідрид	4,851	0,5	3
Ванадію п'ятиокис	0,018	0,002	1
Оксид вуглецю	0,214	5,0	4
Зола	6,521	0,3	3
Бензопірен	0,000001	0,000001	1

Після проведення розрахунків отримали висновок, що відстань, на якій спостерігається максимальна приземна концентрація, від Трипільської ТЕС для газу становить 2661,48 м, а для пилу – 1330,74 м. На основі цих даних

в геоінформаційній системі ArcGis демонструються ці відстані (рис. 3.6 – див. вкл.).

Крім картографічної моделі, виконувалися лабораторні дослідження проб приземного атмосферного повітря в зоні впливу Трипільської ТЕС. Лабораторні дослідження проводилися на вміст пилу, сірчистого ангідриду, двоокису азоту та оксиду вуглецю. Результати проб відображені в геоінформаційній системі ArcGis, де показані відстані (600 м, 3600 м та 7200 м) та кількісні показники зразків (рис. 3.7 – див. вкл.). Також можливим є проведення кореляції відстаней із співвідношення швидкостей у розі вітрів $\sqrt{V_{сек}/V_{сер}}$.

При проведенні інтерполяції даних лабораторних досліджень отримуємо шкалу поширення забруднення від мінімальних значень до максимальних, що проілюстровано на рис. 3.8 (див. вкл.).

При накладанні трьох отриманих шарів даних – відстаней формування максимальних приземних концентрацій для Трипільської ТЕС, отриманих застосуванням методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, розробленою ГГО ім. Воейкова; результатів лабораторних досліджень проб атмосферного повітря в зоні впливу Трипільської ТЕС та ареалу забруднення земель техногенним пилом, отриманих при застосуванні розробленої картографічної моделі – отримуємо, що результати за картографічною моделлю збігаються з отриманими даними за існуючими методиками проведення спостережень за ґрунтами, а також доповнюють їх можливістю отримання розширених даних з використанням менших затрат (рис. 3.9 – див. вкл.).

Отримані результати дозволяють зазначити, що картографічна модель є ефективною при розрахунках кількісних та якісних показників поширення забруднення від зосеред-

жених джерел викидів, що проілюстровано на прикладі Трипільської ТЕС.

Картографічні моделі, типу наведених на рис. 3.9, досить інформативні при дослідженнях забруднення земель важкими металами, які транспортуються промисловими газопиловими викидами, для розробки рекомендацій щодо ефективного розташування культур сівозмін або грошовій оцінці земельних масивів у зоні їх впливу. Відомо, що в ґрунтах повинна бути деяка кількість важких металів, необхідних для росту рослин. Коли їх концентрація перевищує визначений рівень, починають розвиватися процеси накопичення (забруднення), що веде до погіршення якості ґрунтів (*табл. 3.11*).

Зауважимо, що після визначення рівня забруднення ґрунтів зазвичай намічають подальші дії з їх використання. Розрізняють три ступені забруднення з такими діями, як профілактика, перебудова та припинення використання ґрунтів. При надходженні в ґрунти доз важких металів, що не зумовлюють перевищень ГДК, рекомендується проведення профілактичних заходів та здійснення моніторингу стану ґрунтів і рослин. У разі якщо в ґрунтах і деяких рослинах перевищуються ГДК та існує небезпека для здоров'я людей, рекомендується проводити меліоративні, агрономічні, селекційні заходи та розробляти організацію раціонального використання забруднених земель. Для зменшення рухомості важких металів і переходу їх до фітоценозів кислі ґрунти вапнують, лужні – гіпсують, використовують фосфорні та органічні добрива, вносять іонообмінні речовини (цеоліти, гранули полістиролу, кремнійорганічні сполуки), підбирають рослини, які найменш вбирають важкі метали, наприклад льон, конопля. Найбільш забруднені ґрунти відводять під залісення.

Таблиця 3.11

Екологічні норми валового вмісту важких металів у ґрунтах, мг/кг

<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Hg</i>
<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Hg</i>
дуже низький	<0,05	<15	<5	<10	<0,05
низький	0,05-0,10	15-30	5-15	10-20	0,05-0,10
середній	0,10-0,25	30-70	15-50	20-50	0,10-0,25
підвищений	0,25-0,50	70-100	50-80	50-70	0,25-0,50
високий	0,50-1,00	100-150	80-100	70-100	0,50-1,00
дуже високий	1-2	150-200	100-150	100-150	1-2
<i>Рівень забруднення</i>					
низький (ГДК)	1-2	150-200	100-150	100-150	1-2
середній	2-5	200-500	100-150	150-300	2-5
високий	5-10	500-1000	150-250	300-600	5-10
дуже високий	>10	>1000	>500	>600	>10

З зазначених вище ілюстрацій видно, що в зоні впливу викидів Трипільської ТЕС є землі всіх категорій, визначених Земельним кодексом України. В їх складі досить велика частка земельних масивів сільськогосподарського призначення. Згідно зі статтею 84 Земельного кодексу, власники землі і землекористувачі, у тому числі орендарі, зобов'язані здійснювати захист земель від забруднення відходами виробництва, хімічними і радіоактивними речовинами. Для цього необхідно знати їх просторовий розподіл в межах відповідних земельних масивів. Традиційно це завдання вирішується шляхом відбору деякої кількості проб ґрунту та зразків фітоценозів у межах кожного з них для подальшого аналізу, наприклад тим самим рентгенофлуоресцентним методом. Необхідна кількість проб зазвичай визначається для кожного випадку з метою задоволення умовам репрезентативності відповідних їх статистик. Щодо зони впливу викидів Трипільської ТЕС, то, враховуючи результати, наведені в роботі [20], можна обмежитись даними аналізу зразків ґрунтів і фітоценозів стосовно п'яти-семи станцій, призначених на відрізок з 5-го до 20-го км від джерела викидів у напрямі розміщення відповідного земельного масиву. При цьому розподіл вмісту важких металів між станціями можна відновити засобами класичних методів лінійної апроксимації, а ізолініями вмісту – рахувати дуги окружностей з центром у джерелі викидів, на яких знаходяться відповідні контрольні станції.

Досить часто в землях вміст шкідливих речовин перевищує ГДК, і тому для збереження родючості ґрунтів та здоров'я населення необхідно чітко відстежувати та контролювати зміни в навколишньому середовищі.

Розділ 4

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВИКИДІВ

4.1. Моделі зон забруднення земель навколо міст

На екологічний стан земель можуть впливати не тільки зосереджені об'єкти викидів забруднюючих речовин, а й просторово розподілені, такі, як території міст з розвинутою промисловістю або з великою кількістю малопотужних стаціонарних і пересувних джерел викидів. Сукупний вплив цих факторів при визначенні еколого-санітарного стану середовища досить часто перевищує фоновий.

При розробці ефективних засобів для проведення моніторингу міст та земель, забруднених техногенним пилом, є доцільним використовувати матеріали космічних знімків оптичного діапазону з просторовою розрізняювальною здатністю від декількох дециметрів – QUICK BIRD, IKONOS до декількох сот метрів – MODIS, NOAA та інші. Методики їх тематичного дешифрування практично нічим не відрізняються від описаних вище для випадків зосереджених джерел викидів. Наведемо результати їх практичного застосування для синтезу картографічних моделей забруднення техногенним пилом околиць мегаполісу Києва і міста Біла Церква. Для цього відбирались знімки, отримані в умовах безхмарного неба над Київською областю. Взимку 2005 р. небо над північно-східною та північно-західною частинами території України найчастіше було покрито хмарами. Безхмарне небо частіше спостерігається над її центром. Для вивчення процесів забруднення приземного шару атмо-

сфери сукупним впливом зосереджених та просторово розрізнявальних джерел викидів був сформований фонд космічних знімків, придатних для дешифрування на них аномалій альbedo атмосфери та снігового покриву. До цього фонду ввійшли серії зимових оперативних знімків NOAA, MODIS та епізодично відзняті в різні пори року ASTER, SPOT, LANDSAT.

На полярно орбітальних метеорологічних супутниках серії NOAA встановлена багатозональна оптична і ІЧ апаратура, а саме радіометр високого дозволу AVHRR. Його характеристики наведено в *табл. 4.1*.

Таблиця 4.1

Основні технічні характеристики сенсора AVHRR

Спектральні канали	NOAA-12, 15,16,17,18
1	0.580–0.680 мкм
2	0.725–1.000 мкм
3	3.550–3.930 мкм
4	10.300–11.300 мкм
5	11.500–12.500 мкм
Ширина смуги огляду	2700 км
Дозвіл на місцевості	1,1 x 1,1 км

Спектрорадіометр MODIS встановлено на космічному апараті TERRA, з якого надходить інформація в 36 спектральних каналів з просторовим дозволом 250, 500 и 1000 м з 12-бітним радіометричним дозволом. Супутник дає можливість зйомки тієї самої території 1–2 рази на добу. Технічні характеристики MODIS наведено в *табл. 4.2*.

Таблиця 4.2

**Спектральні канали
і просторовий дозвіл спектрорадіометра MODIS**

№ каналу	Просторовий дозвіл, м.	Спектральні діапазони, мкм	Полоса огляду, км
1	250	0.620 – 0.670	330 ²
2	250	0.841 – 0.876	
3	500	0.459 – 0.479	
4	500	0.545 – 0.565	
5	500	1.230 – 1.250	
6	500	1.628 – 1.652	
7	500	2.105 – 2.155	
8	1000	0.405 – 0.420	
9	1000	0.438 – 0.448	
10	1000	0.483 – 0.493	
11	1000	0.526 – 0.536	
12	1000	0.546 – 0.556	
13	1000	0.662 – 0.672	
14	1000	0.673 – 0.683	
15	1000	0.743 – 0.753	
16	1000	0.862 – 0.877	
17	1000	0.890 – 0.920	
18	1000	0.931 – 0.941	
19	1000	0.915 – 0.965	
20	1000	3.660 – 3.840	
21	1000	3.929 – 3.989	
22	1000	3.929 – 3.989	
23	1000	4.020 – 4.080	
24	1000	4.433 – 4.498	
25	1000	4.482 – 4.549	
26	1000	1.360 – 1.390	
27	1000	6.535 – 6.895	
28	1000	7.175 – 7.475	
29	1000	8.400 – 8.700	
30	1000	9.580 – 9.880	

Закінчення табл. 4.2

№ каналу	Просторовий дозвіл, м.	Спектральні діапазони, мкм	Полоса огляду, км
31	1000	10.780 – 11.280	330 ²
32	1000	11.770 – 12.270	
33	1000	13.185 – 13.485	
34	1000	13.485 – 13.785	
35	1000	13.785 – 14.085	
36	1000	14.085 – 14.38	

Космічні знімки серії NOAA приймалися на прийомну станцію «КосмЕк-НРРТ», встановлену в центрі м. Харкова (вул. Бакуліна, 6), УкрНДІЕП у діапазоні 1700 МГц із просторовим дозволом 1,1 км. Супутники NOAA 12, 16, 18 (інформація з вісімнадцятого супутника стала загальнодоступною з 6 червня 2005 р.) працюють на другому каналі, 17 – на третьому, а 15 – на 5-му. Супутники 12 та 15 мають сеанси зв'язку з кутом огляду понад 30° рано-вранці (5–7 годин за київським часом), та ввечері (17–18 годин за київським часом), коли частина України потрапляє в неосвітлену сторону Землі. Тому основні дані були отримані із супутників NOAA 16 та 17. Станція одержує із супутника зображення навколишньої її території при куті місця космічного апарата понад 5°. Сеанси зв'язку NOAA (12, 16, 15, 17, 18) – 10–12 разів на добу при куті місця понад 30°, а при більш низьких кутах – до 28 сеансів на добу. У середньому за добу можна виконувати 15–20 сеансів. Час зони видимості від 6 до 15 хвилин. Обсяг інформації, одержуваної за один сеанс зв'язку, тобто поки супутник проходить через зону видимості станції, може становити 3–100 МБ. Знімки Modis приймалися у Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (м. Дунаївці Хмельницької обл.). У табл. 4.3 наведено перелік знімків, залучених до тематичного дешифрування ареалів забруднення снігового покриву навкруги мегаполісу Києва, міст Біла Церква і Бориспіль.

**Каталог оперативних космічних знімків,
залучених до тематичної обробки**

Дата	Супутник	Дата	Супутник
07.02.05	NOAA	07.02.05	MODIS
11.02.05	NOAA	03.03.05	MODIS
01.03.05	NOAA	03.03.05	ASTER
02.03.05	NOAA	14.03.05	NOAA
03.03.05	NOAA	15.03.05	NOAA

Відомо, що достовірність і надійність результатів тематичної обробки космічних знімків значною мірою залежать від обсягів і природи даних натурних вимірів параметрів досліджуваних процесів. У цьому випадку, як і в попередньому, це параметри повторюваності напрямку вітрів у відповідній місцевості та дані про локалізацію та середньомісячні викиди основних джерел забруднення атмосфери. Вітрову обстановку території Київської області можна характеризувати за даними багаторічних спостережень на дев'яти метеорологічних станціях – *табл. 4.4.*

Аналіз матеріалів «Доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2004 р.», підготовленої Державним управлінням екології та природних ресурсів у Київській області Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, дає підстави для висновку, що підвищений, порівняно з фоновим, рівень забруднення приземного шару атмосфери спостерігається в таких містах: Київ, Бориспіль, Бровари, Васильків, Ірпінь, Фастів, Біла Церква.

Обробкою космічних знімків з каталогу, із залученням візуальних методів і програмних засобів, описаних вище, визначались ареали забруднення снігового покриву навколо цих міст у періоди його сталого існування (*рис. 4.1, 4.2 – див. вкл.*). Отримані картографічні моделі свідчать, що Київ і прилеглі до нього міста мають суцільну зону техногенного навантаження на приземний шар атмосфери [3].

Таблиця 4.4

Повторюваність (%) напрямків вітру

Станції	Напрямок вітру								Штиль (%)
	Пів-ніч	Пн-Схід	Схід	Пд-Схід	Пів-день	Пд-Захід	Захід	Пн-Захід	
Баришівка	12,4	8,4	11,2	17,3	13,4	10,3	13,4	13,6	10,3
Біла Церква	13,5	7,7	10,2	11,2	16,0	11,2	15,9	14,3	11,2
Бориспіль	11,4	10,2	9,1	9,9	11,8	14,2	16,2	17,2	8,8
Київ	13,6	9,1	8,8	12,8	13,0	11,5	17,7	13,5	13,0
Миронівка	13,6	8,2	5,3	7,1	16,3	13,8	20,2	15,5	6,4
Тетерів	10,3	7,1	12,8	15,7	9,7	11,7	20,5	12,2	23,5
Фастів	12,2	8,4	10,1	13,0	12,5	10,3	15,0	18,5	4,4
Чорнобиль	11,3	7,9	13,1	15,3	9,2	13,9	17,0	12,3	0,7
Яготин	11,7	10,5	12,7	13,3	13,3	10,3	15,5	12,7	7,9

Спираючись на ці знімки та отримані дешифруванням космічних знімків ASTER, LANDSAT, SPOT картографічні моделі техногенного забруднення снігового покриву та атмосфери, можна зробити висновок, що сталий ареал забруднення довкілья мегаполісу Києва та м. Біла Церква має вигляд і розміри, наведені на рис. 4.2.

Отже, можна зробити висновок, що зони забруднення навколо прилеглих до Києва міст перекриваються, утворюючи суцільну зону підвищеного рівня забруднення. Сталий ареал забруднення приземного шару атмосфери сумісно з впливом стаціонарних та пересувних джерел викидів зосереджений на території мегаполісу Києва та інших міст.

Відомо, що Київська область багата на родючі землі, такі, як чорноземи. Обрахувавши кількість сільськогосподарських земель, що потрапляють в зону забруднення від Києва та прилеглих міст, було зроблено висновок, що близько 3200 км² угідь перебувають у незадовільному стані від техногенного пилу (рис. 4.3 – див. вкл.).

4.2. Забруднення земель від пересувних джерел

За даними «Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 році», весь час спостерігається тенденція збільшення обсягів викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел викидів. Зокрема, у 2006 р. вони зросли на 412 тис. т (рис. 4.4 – див. вкл.), що пов'язано з деяким пожвавленням економіки [49].

У 2006 році викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення становили 4822,2 тис. т, що на 358,1 тис. т більше, ніж у 2005 році. Значне зростання спо-

стерігалось у Київській (48,4 %), Полтавській (36,1 %), Херсонській (34,5 %), Івано-Франківській (31,9 %), Тернопільській (31,1 %), Вінницькій (26,1 %), Волинській (20,8 %), Житомирській (16,4 %), Львівській (15,4 %), Харківській (14,9 %), Хмельницькій (11,9 %) областях. Проти 2005 року збільшилися викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у багатьох містах країни, зокрема в Бердичеві (77,3 %), Старокостянтиніві (66,7 %), Херсоні (42,4 %), Україні (40,2 %), Зеленодольську (38,5 %), Бурштині (35,1 %). Зменшилися викиди в Києві на 21,4 %, Ялті – 38,5 %, Шостці – 40,0 %, Дмитрові – 43,3 %, Олександрії – на 46,6 %.

У 2006 році обсяги викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту збільшилися на 2,5 %, в основному за рахунок використання автотранспорту індивідуальних власників та залізничного транспорту (табл. 4.5).

Автотранспорт є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря України. Останніми роками спостерігається тенденція збільшення викидів в атмосферне повітря від пересувних джерел. Так, у 2000–2006 рр. їх кількість зросла на 147,8 тис. т (рис. 4.5 – див. вкл.). Слід зазначити, що за умов переходу до ринкової економіки необхідність постійного збільшення автотранспортних перевезень обумовила зростання до 50–70 % внеску відпрацьованих газів у забруднення атмосферного повітря великих міст України, а відтак – і збільшення ризику для здоров'я населення [49].

У 2006 році викиди шкідливих видів речовин в атмосферне повітря автотранспортом від використання деяких видів палива, зокрема бензину, у загальних обсягах викидів становили 88,6 %, у тому числі від автомобілів індивідуальних власників – 60,9 %.

Таблиця 4.5

Обсяги викидів забруднюючих речовин від автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту

Вид транспорту	Всього, т	Збільшення, зменшення (-) викидів у 2006 р. проти 2005 р., т	2006 р. до 2005 р., %	Обсяги викидів від підсумку, %
Всього по Україні	2205321,5	53825,2	102,5	100,0
Автомобільний	2096963,8	40974,7	102,0	95,1
Автотранспорт суб'єктів господарської діяльності	820269,2	-10003,5	98,8	37,2
Автотранспорт індивідуальних власників	1276694,6	50978,2	104,2	57,9
Залізничний	67435,7	3548,4	105,6	3,1
Авіаційний	16668,0	9112,5	220,0	0,7
Водний	24254,0	189,6	100,8	1,1

Обсяги викидів оксидів азоту від роботи автотранспорту у 2006 році по країні становили 141,3 тис., що на 3,8 % більше, ніж у 2005 р.; оксиду вуглецю – 1657,7 тис. т, що на 2 % більше відповідно. Загальний обсяг викидів легких органічних сполук (ЛОСів) в атмосферу від залізничного, авіаційного та водного транспорту становив 7271,2 т, що на 34,2 % перевищує показник 2005 року. У містах України (Харків, Запоріжжя, Донецьк, Дніпропетровськ, Львів) викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту становлять понад 50 % від загальної кількості. Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел, зокрема автотранспорту, у розрахунку на одну особу по Україні у 2006 році становили 147,9 кг, що на 9,5 кг більше порівняно з 2005 роком [49].

Динаміка викидів найпоширеніших забруднюючих речовин в атмосферне повітря в містах України

В Україні спостерігається тенденція зниження обсягів викидів речовин, що забруднюють атмосферу, однак вона незначна. Так, згідно з даними державної статистичної звітності, питома вага проб атмосферного повітря, в яких виявлені забруднюючі речовини в концентраціях, що перевищують граничнодопустимі (ГДК), становила у 2002 році – 9,5; 2003 – 9,3; 2004 – 9,1; 2005 – 9,2; у 2006 – 8,8.

Основними забруднювачами атмосферного повітря є суспендовані тверді частинки (близько 27 % нестандартних проб), оксиди азоту (близько 23 %), окис вуглецю (близько 14 %), сірчистий газ (близько 9 %). Ці речовини є основними складовими викидів підприємств паливно-енергетичного комплексу, обробної та добувної промисловості, транспортних засобів і сільського господарства.

Протягом 2006 року фахівцями держсанепідслужби України для проведення лабораторних досліджень відібрано 256452 проби атмосферного повітря в містах та 39626 – у сільській місцевості. За результатами досліджень, у 22461 проби в містах та 732 у сільській місцевості виявлено перевищення ГДК забруднюючих речовин. Це свідчить, що частка проб атмосферного повітря, які містять забруднюючі речовини в концентраціях, що перевищують ГДК, становить у містах близько 9 %, у сільській місцевості – близько 2 % (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Питома вага досліджень атмосферного повітря в містах,
що перевищують ГДК, за роками, %**

Проведені дослідження атмосферного повітря	2003	2004	2005	2006
Сумарний показник забруднення	9,7	9,6	9,2	8,8
На пил	18,5	16,9	16,5	14,6
На окис вуглецю	11,7	12,2	10,3	10,8

Оцінку стану забруднення атмосферного повітря в містах України здійснено за даними спостережень у 53 містах на 162 стаціонарних та двох маршрутних пунктах спостережень системи моніторингу гідрометслужби. В атмосферному повітрі визначався вміст 32 забруднюючих речовин, у тому числі бензопірен і важкі метали.

Середня за рік концентрація формальдегіду у містах України, де проводились спостереження, була на рівні 2,7 ГДК, діоксиду азоту – 1,3, пилу – 1,1, аміаку, фтористого водню і фенолу – 1,0 ГДК (табл. 4.7).

У 2006 р. середні за рік концентрації перевищували ГДК по формальдегіду в 36 містах, діоксиду азоту – у 30, пилу – у 25, фенолу – у 11, оксиду вуглецю – у 10, аміаку і бензопірену – у 7, фтористого водню – у 6, діоксиду сірки – у двох, хлористого водню та сажі – в одному місті.

Максимальні концентрації забруднюючих речовин перевищували 5 ГДК (рівень високого забруднення) в трьох містах: у Києві з діоксиду азоту – 4 випадки (2005 р. – 10); у Харкові з пилу – 2 (1 відповідно); у Красноперекопську з хлористого водню – 23, з яких два випадки вище 10 ГДК (12), з аміаку – 5 та з діоксиду азоту – 2 (2005 р. – 4 випадки). Усього було зафіксовано 36 випадків високого забруднення атмосферного повітря за максимальними концентраціями проти 33 попереднього року.

Таблиця 4.7
Вміст основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за даними спостережень гідрометеорологічної служби, 2006 р.

Речовина	Кількість міст, охоплених спостереженнями	Середньорічний вміст, мг/м ³	Максимальний вміст, мг/м ³	Частка міст, де середньорічний вміст перевищував, %			Частка міст, де максимальний разовий вміст перевищував, %		
				1 ГДК	5 ГДК	10 ГДК	1 ГДК	5 ГДК	10 ГДК
Пил	53	0,17	3,5	47	0	0	60	2	0
Діоксид сірки	53	0,018	0,452	4	0	0	0	0	0
Оксид вуглецю	50	2	24	20	2	0	66	0	0
Діоксид азоту	53	0,05	0,53	57	0	0	87	4	0
Оксид азоту	28	0,03	1,07	0	0	0	4	0	0
Аміак	23	0,04	1,70	30	0	0	43	4	0
Сірководень	16	0,002	0,037	ГДК середньодобову не встановлено			62	0	0
Фенол	22	0,003	0,048	50	0	0	95	0	0
Фтористий водень	14	0,005	0,071	43	0	0	57	0	0
Формальдегід	43	0,008	0,124	84	7	0	44	0	0
Хлористий водень	11	0,08	2,83	9	0	0	64	9	9
Бензопірен	50	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$15,3 \cdot 10^{-6}$ *	14	0	0	ГДК максимально разову не встановлено		

* Максимальний із середньомісячного вмісту.

У 2006 р. у 22 містах України рівень забруднення повітря (за комплексним індексом забруднення атмосфери – КІЗА) був вищий за середній рівень по країні. Найбільш високий рівень забруднення зафіксовано в містах Одесі, Дніпродзержинську, Красноперекіпську, Армянську, Горлівці, Слов'янську, Дзержинську, Макіївці, Маріуполі, Єнакієвому, Лисичанську, Запоріжжі, Донецьку, Дніпропетровську, Краматорську, Луцьку, Ужгороді, Сіверськодонецьку, Черкасах, Кривому Розі, Рубіжному, Ялті, що пов'язане з великими концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, бензопірену. У деяких містах був високий середній вміст фтористого водню, фенолу, пилу та інших речовин, які визначають високий рівень забруднення атмосферного повітря (табл. 4.8).

Головними причинами, що зумовлюють незадовільний, а найчастіше і небезпечний стан атмосферного повітря населених пунктів, є недотримання підприємствами технологічного режиму експлуатації пілогазоочисного устаткування; невиконання у встановлені терміни заходів щодо зниження обсягів викидів до нормативного рівня, низькі темпи впровадження сучасних технологій очищення викидів, відсутність ефективного очищення викидів підприємств від газоподібних домішок, відсутність санітарно-захисних зон між промисловими та житловими районами.

Високий рівень забруднення атмосферного повітря формується головним чином за рахунок викиду шкідливих речовин підприємств коксохімічної, металургійної та хімічної промисловості.

Найбільш несприятливого впливу шкідливих факторів зазнає населення, яке проживає в межах санітарно-захисних зон промислових підприємств, що є порушенням вимог «Державних санітарних правил планування та забудови населених місць» [49].

Міста з найбільшим рівнем забруднення атмосферного повітря за значенням ІЗА, 2006 р.

Місто (значення ІЗА*)	Забруднюючі речовини	Місто (значення ІЗА*)	Забруднюючі речовини
Одеса (19,4)	Формальдегід, фенол, фтористий водень, сажа, діоксид азоту	Запоріжжя (12,2)	Бензопірен, діоксид азоту, формальдегід, фенол, пил
Дніпродзержинськ (17,2)	Формальдегід, фенол, діоксид азоту, аміак, пил	Донецьк (11,4)	Діоксид азоту, бензопірен, формальдегід, пил, аміак
Красноперекіпськ (17,0)	Формальдегід, пил, аміак, діоксид азоту, оксид вуглецю	Дніпропетровськ (11,1)	Формальдегід, бензопірен, діоксид азоту, пил, оксид вуглецю
Армянськ (14,8)	Формальдегід, пил, аміак, діоксид азоту, фтористий водень	Краматорськ (11,0)	Формальдегід, фтористий водень, фенол, діоксид азоту, пил
Горлівка (14,5)	Формальдегід, аміак, пил, діоксид азоту, фенол	Лугьк (10,2)	Формальдегід, фенол, діоксид азоту, оксид азоту, пил
Слов'янськ (14,1)	Формальдегід, бензопірен, фтористий водень, фенол, діоксид азоту	Ужгород (9,9)	Формальдегід, діоксид азоту, пил, оксид вуглецю, оксид азоту
Дзержинськ (13,7)	Формальдегід, пил, фенол, діоксид азоту, оксид вуглецю	Сіверськодоонецьк** (9,6)	Формальдегід, оксид вуглецю, аміак, пил, діоксид азоту
Макіївка (13,6)	Бензопірен, формальдегід, пил, діоксид азоту, оксид вуглецю	Черкаси (9,4)	Формальдегід, аміак, діоксид азоту, оксид азоту, пил
Маріуполь (13,4)	Формальдегід, бензопірен, діоксид азоту, пил, фенол	Кривий Ріг (9,3)	Формальдегід, пил, діоксид азоту, оксид вуглецю, аміак
Єнакієве (12,9)	Формальдегід, пил, діоксид азоту, фенол, оксид вуглецю	Рубіжне (9,3)	Формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, пил, діоксид сірки
Лисичанськ (12,7)	Формальдегід, оксид вуглецю, пил, діоксид азоту, аміак	Ялта** (9,2)	Формальдегід, пил, бензопірен, діоксид азоту, оксид вуглецю

* Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) в середньому у країні (для 53 міст) становив 8,1.

** Дані про стан забруднення повітря наведені щодо найбільш забруднених міст у місті.

Ситуація зі сталим забрудненням довкілля, що склалася у великих містах, має загрозливий стан. Близько 70–80 % від загальноміських забруднень у м. Києві становлять викиди автотранспорту. У 2001 році від загальної кількості забруднюючих викидів з 172,9 тис. т частка автотранспорту становила 145,2 тис. т, що сягає понад 80 %. Найбільш забрудненими є ділянки вздовж автомагістралей та на великих перехрестях, де спостерігається перевищення ГДК двоокису азоту, бензопірену, свинцю та інших речовин. Внаслідок зростання автомобільного транспорту екологічна ситуація щороку набагато погіршується. Лише за останні 10 років кількість автотранспорту зросла у 2,5 рази [57].

Внаслідок використання транспортних засобів з відпрацьованими газами виділяються токсичні речовини, підвищується рівень шуму, відбувається забруднення ґрунтів та водойми через протікання пально-мастильних матеріалів, стікання води із вмістом нафтопродуктів, вапна та інших компонентів після миття машин, через випаровування палива з баку та карбюратора, важкими вуглеводнями при стиранні шин, а також утворюється пил та інші шкідливі речовини [9].

Основний склад відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння наведено в *табл. 4.9*.

Природному середовищу завдається суттєвих збитків внаслідок негативної екологічної ситуації в транспортній системі. За різними даними, забруднення важкими металами (свинцем, хромом, нікелем та ін.) характерне для прилеглих територій уздовж доріг від 50 до 200 метрів. На цих землях вміст важких металів перевищує ГДК у кілька разів, і тому землі є непридатними для випасу худоби, заготівлі сіна та для вирощування сільськогосподарської продукції [57].

Склад відпрацьованих газів

Компоненти	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Азот, %	74-77	76-78
Кисень, %	0,2-8,0	2,0-18,0
Пари води, %	3,0-13,5	0,5-10,0
Вуглекислий газ, %	5,0-12,0	1,0-10,0
Діоксид вуглецю, %	5,0-14,0	1,0-12,0
Оксид вуглецю, %	0,1-10,0	0,01-0,3
Оксид азоту, %	0,1-0,5	0,001-0,4
Альдегіди, мг/л	0-0,2	0-0,009
Вуглеводні, %	0,2-3,0	0,01-0,5
Сірчаний газ, %	0-0,002	0-0,03
Оксид сірки, %	0-0,003	0-0,015
Сполуки свинцю, мг/м ³	0-60,0	–
Сажа, г/м ³	0-0,4	0,01-1,1
Бензопірен, г/м ³	до 0,00002	до 0,00001

При проходженні 15 тис. км один автомобіль викидає 3250 кг вуглекислого газу, 530 кг – CO, 93 кг – вуглеводнів, 27 кг оксидів азоту та близько 1 кг свинцю. У складі відпрацьованих газів міститься понад 170 шкідливих елементів [32]. Склад та кількість відпрацьованих газів залежать від різних факторів загального стану автомобілів, режимів роботи двигуна, палива та масла, яке використовується, умов руху автомобіля та ін. При карбюраторному двигуні у складі викидів переважають оксид вуглецю та оксид азоту, а при дизельному – оксид азоту та сажі.

При середніх швидкостях та вантажах при згорянні 1 кг бензину виділяється близько 300–310 г токсичних речовин, а при згорянні дизельного палива з такими ж умовами виділяється 80–100 г токсичних речовин. Більш чітку картину показано в *табл. 4.10* [27].

Таблиця 4.10

Кількість викидів (г) залежно від виду палива

Вид палива	Викид токсичних компонентів (г)				
	Оксид вуглецю	Вуглеводні	Оксид сірки	Альдегіди	Сажа
Бензин	55	20	1,5–2,02	0,8–1	1–1,5
Дизельне паливо	20–30	20–40	10–30	0,8–1	3–5

Токсичні викиди, придорожній пил, речовини, що використовуються для зимового утримування доріг, та інші фактори разом утворюють комплекс з'єднань, які забруднюють повітря та біологічні об'єкти придорожніх смуг. Частина їх утворює більш складні частки з компонентами атмосфери чи розпадаються, потрапляють до рослин та сорбуються ґрунтом, інші – з турбулентними масами повітря переносяться на більш великі відстані.

Внаслідок великої кількості викидів в атмосферне повітря є проблема кислотних дощів, які забруднюють великі площі земель, лісу та водойм. На відміну від точкових об'єктів забруднень промисловими викидами та просторово розподілених забруднень для транспорту характерним є лінійне та мережне забруднення, яке є нефіксованим витоком забруднення з параметрами, змінними у часі та просторі.

Розподіл випадку токсичних речовин залежить від метеорологічних умов, топографії місцевості, наявності захисних насаджень та іншої рослинності у придорожній смузі, інтенсивності руху транспорту та інших факторів [5,21]. Також існують такі параметри, як кліматичні умови, частки небезпечних речовин у складі палива, часу експлуатації та технічного стану автомобілю, від тиску, вологи та інших фізичних факторів. Стаціонарними чинниками є лісові насадження вздовж доріг, які екранують поширення газопилових сумішей, утворених автотранспортними засобами.

Рослини, уловлюючи частину забруднень, локалізують її по вузькій смузі. Листвяні дерева можуть вловлювати в середньому 9–11 % і хвойні – 13 % (в деяких випадках

навіть до 30 %) пилу та аерозолію. Лісосмуга розсіює неабсорбовану частину забруднення на велику площу, при цьому не концентруючи забруднення речовин біля доріг в небезпечній кількості.

За вегетативний період зелені захисні смуги залежно від типу рослин поглинають різну кількість шкідливих речовин. Ступінь цього поглинання залежить від багатьох факторів: механічний та конвективний перерозподіл потоків повітря, здатність рослинних тканин до накопичення, фізико-хімічні особливості газопоглинання та ін. [60].

Зелені насадження вздовж доріг відіграють роль не лише поглинальника шкідливих речовин від викидів автотранспорту, а й протиерозійну, меліоративну, снігозатримну та естетичну роль. Ефективність зелених насаджень залежить від багатьох факторів: видів рослин, кількості дерев та рядів, висоти насаджень тощо. Найкраще уловлюють концентрації пилу рослини з густим, великим і зморшкуватим листям – вільха, липа, ліщина, горобина та чагарники – бирючини, глід колючий, бузок, бузина, калина та ін. При екрануванні комплексу домішок найкращими є дуб, клен та каштан, при фільтрації газоподібних домішок – клен, в'яз, тополя та шовковиця чорна. Навіть невеликі зелені смуги є ефективними. Наприклад, при такому захисному зеленому комплексі, як газон, чагарникова смуга та газон, ефективність екранування є більше 98 % (вбирання пилу газом між дорогою та чагарником становить 55 %, чагарником – 43 % та газоном за чагарником – 1,9 %). В *табл. 4.11* наведено залежність зменшення концентрації пилу в повітрі від висоти, ширини та інших параметрів лісосмуг.

Найкращі екрануючі властивості мають декілька рядів високих листових дерев на відстані 15–20 м від дороги. Насадження з одного ряду дерев поширенню викидів майже не перешкоджають. Водночас найбільша концентрація складових викидів автотранспорту безпосередньо над полотном доріг характерна для тих ділянок, які проходять через ліс.

Порівняльні показники ефективності лісосмуг

Насадження	Висота, м	Ширина смуги, м	Зниження концентрації пилу, %	
			літо	зима
Смуга чагарнику	1,0...1,5	0,5...1,0	5,0	0
Дерева із кущами:				
1 ряд дерев	5,0...10,0	5,0...10,0	10,0...20,0	0,0...3,0
1 ряд дерев	10,0...15,0	5,0...10,0	20,0...30,0	3,0...5,0
2 ряди дерев	5,0...10,0	10,0...20,0	20,0...30,0	5,0...7,0
2 ряди дерев	10,0...15,0	10,0...20,0	30,0...40,0	7,0...10,0
3 ряди дерев	5,0...10,0	15,0...20,0	30,0...40,0	10,0...11,0
3 ряди дерев	10,0...15,0	20,0...30,0	40,0...50,0	11,0...12,0
4 ряди дерев	5,0...10,0	20,0...25,0	40,0...50,0	12,0...15,0
4 ряди дерев	10,0...15,0	25,0...30,0	50,0...60,0	15,0...18,0
>4 ряди дерев	5,0...10,0	30,0...40,0	50,0...60,0	18,0...20,0
>4 ряди дерев	10,0...15,0	40,0...50,0	60,0...70,0	20,0...25,0
зелений масив	10,0...15,0	>100,0	70,0...80,0	25,0...30,0

Іншими авторами було встановлено, що на вузьких тра-сах концентрація шкідливих речовин на 30 % більша, чим на широких [25]. Більшість шкідливих компонентів осідають на відстані до 40 м від узбіччя дороги, потім концент-рації зменшуються (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

**Відносні концентрації окису вуглецю (%)
на різних відстанях від дороги**

Відстань від узбіччя, м	Тип дороги		
	чотирисмужні закриті	чотирисмужні відкриті	шестисмужні
0	100	100	100
5	57	65	51
10	31	53	22
20	23	24	14
40	21	18	10

Зелені насадження між дорогою та житловими будинка-ми знижують концентрації оксиду вуглеводу в атмосфері, ступінь зменшення яких залежить від аеродинамічних влас-тивостей деревинних та кущових насаджень різного типу. У табл. 4.13 показана залежність зменшення концентрації шкідливих речовин від типу посадки біля доріг.

Таблиця 4.13

**Зменшення CO в повітрі внаслідок наявності
зелених насаджень різних типів**

Типи насаджень	Зниження концентрації, %	
	зима	літо
Однорядкова смуга дерев	0-3	7-10
Дворядкова смуга дерев	3-5	10-20
Те саме з дворядковим чагарником	5-7	30-40
Трирядкова смуга дерев з дворядковим чагарником	10-12	40-50
Чотирирядкова смуга дерев з дворядковим чагарником	10-15	50-60

Виходячи з цих даних, можна зробити висновок, що при збільшенні зелених насаджень уздовж доріг зменшується концентрація забруднюючих речовин.

При визначенні оптимальних параметрів зелених насаджень уздовж доріг у завданнях охорони земель від викидів автотранспорту І.Г. Магоне та А.В. Тейванс [42] проводили біоіндикацію поширення продуктів емісії автотранспорту залежно від типу та висоти зеленої загорожі. Для цього за насадженнями різного типу виконували такі роботи:

- бралися проби снігу та визначалася сумарна фітотоксична дія накопичення в снігу продуктів емісії;
- експонувалися пакети із сорбентом (сфагнові мохи) та проводилися на них біоіндикації забрудників;
- бралися проби повітря та визначався його фітотоксичний вплив.

Дослідження проводилися з 1981 по 1983 рік уздовж автодоріг Рига – Псков та Рига – Єлгава – Елея. Проби відбиралися перед загорожею із щільно насаджених ялинок (15–17 км від полотна дороги), за нею (16–18 м від полотна дороги) та на відстані 40, 60 та 100 м від полотна дороги.

Закономірності поширення забруднення за захисними насадженнями різного типу схематично відображені на **рис. 4.6**.

Насадження з одного ряду дерев забрудненню майже не перешкоджають. Щільні загорожі з ялинок при їх висоті нижче трьох метрів сприяють забрудненню на віддалі від дороги, при цьому захищена лише вузька смуга 1,5–3 м прямо за огорожею, яку проходить хвиля забрудненого повітря. Краще за все викиди затримують насадження одно-двох рядів на відстані 15–18 м від дороги.

При створенні лісосмуг необхідно звертати увагу на те, щоб вихлопні гази не накопичувалися над дорогою у кількості, що призводить до погіршення самопочуття та працездатності водіїв. Найбільша кількість газів спосте-

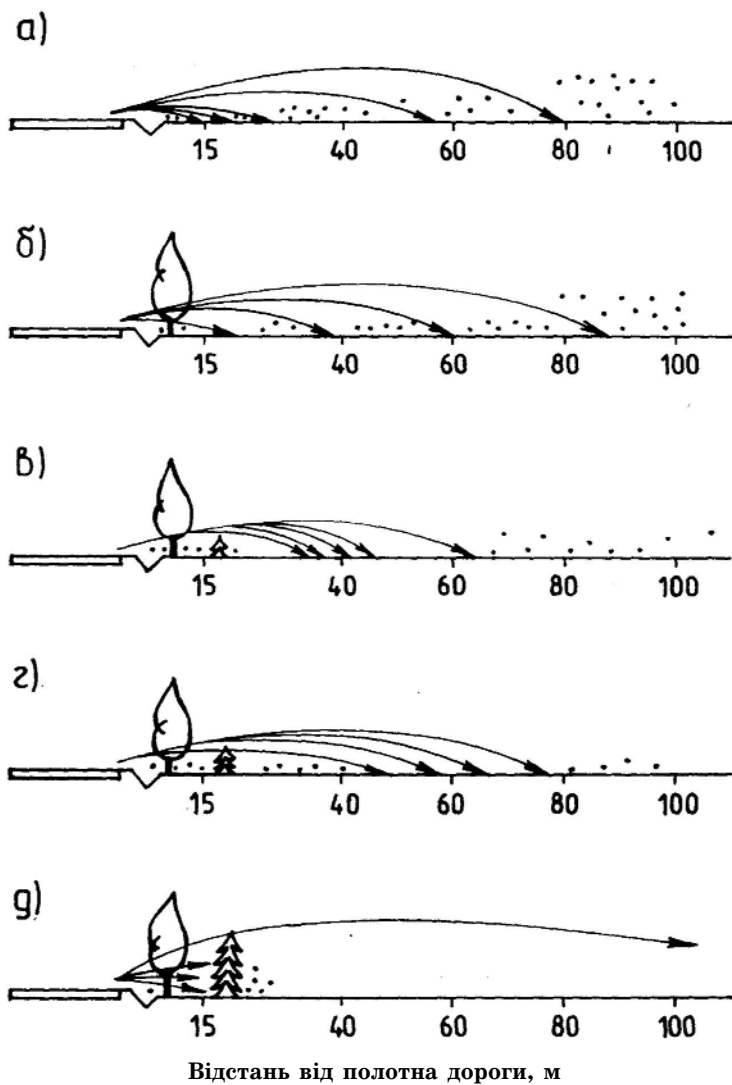


Рис. 4.6. Вплив лісонасаджень на поширення забруднення вздовж придорожньої смуги
 а – захисні насадження відсутні;
 б – берези висотою 15–18 м;
 в – берези висотою 15–18 м, ялинки висотою 1,5 м;
 г – берези висотою 15–18 м, ялинки висотою 2 м;
 д – берези висотою 15–18 м, ялинки висотою 4 м

рігається на ділянках доріг, які проходять через ліс. На накопичення вихлопних газів впливають напрям вітру та рельєф місцевості, на що обов'язково треба звертати увагу при насадженні лісосмуг. Отже, при створенні захисних лісосмуг необхідно збільшувати відстані від полотна дороги до першого ряду дерев, що необхідно не лише для зменшення вихлопних газів над полотном дороги, а й для кращого росту зелених насаджень.

Аналізуючи ці явища, пропонується при інтенсивності руху машин менше 10000 машин на добу насаджувати два ряди високих листвяних дерев на відстані 8–10 м від дороги та два ряди щільно посаджених ялинок висотою 3–4 м на відстані 20–22 м. При інтенсивності руху машин понад 10000 машин на добу бажано перший ряд листвяних дерев розташовувати на відстані 16–18 м від дороги, а огорожі з ялинок – на відстані 27–29 м. Пропонується відстань між листвяними деревами – 6 м, між рядами дерев – 4 м, між ялинками – 1 м, між рядами ялинок – 1 м.

Виходячи з вищесказаного, зрозуміло, що правильно насаджені захисні лісосмуги дадуть змогу знизити негативний вплив на придорожню смугу, зменшити забруднення земель та зберегти їх господарську цінність, що є досить важливим, особливо для великих доріг України. Проблема знищень захисних лісових насаджень полягає не лише в забрудненні навколишнього природного середовища, а й в порушенні екосистем, коли нехтують нормативними інструкціями з охорони рослинного і тваринного світу.

Для захисту земель від шкідливих викидів автомобілів необхідно проводити моніторинг, визначати ступінь забруднення на ділянках із захисними лісосмугами та без них, для визначення ефективності насаджень використовувати різні методи досліджень і спостережень. Досить ефективним є використання в комплексі методів взяття проб з ґрунту, снігового покриву вздовж доріг, застосування да-

них метеорологічних спостережень (напрямку та швидкості вітрів) та використання засобів дистанційного зондування землі. Завдяки тому, що сніг має високу спектрально-яскравісну контрастність та відносну стабільність його характеристик, можна використовувати космічні знімки при розпізнаванні снігу для отримання даних про динаміку та стан снігового покриву.

Найбільш інформативними для завдань інвентаризації лісосмуг є космічні знімки з надвисокою просторовою розрізнявальною здатністю, близько одного метра, типу ICONOS або QUICKBIRD. Однак також можливе використання космічних знімків зі супутників TERRA, SPOT, LANDSAT, МЕТЕОР – 3М, отриманих у період заключних фаз сходу снігового покриву. На цих знімках локалізацію лісосмуг можна ідентифікувати засобами програмного комплексу ERDAS IMAGINE від Leica Geosystems GIS & Mapping або спеціалізованих програм тематичної обробки космічних знімків за яскравісними та текстурними дешифрувальними ознаками, природа яких обумовлена різницею в темпах танення снігу на відкритих ділянках місцевості й акумульованого, власне, лісосмугами.

При цьому топографічні параметри лісосмуг зручно визначати в середовищі таких ГІС – оболонок, як MAP/INFO, ARC/INFO, ARC/VIEW. На першому етапі інвентаризації придорожніх лісосмуг виконується класифікація окремих ділянок автомобільних шляхів за трьома ознаками: К1 – наявність лісосмуги з одного боку; К2 – наявність лісосмуг з двох боків; К3 – відсутність лісосмуг. Завдання наступних етапів зводяться до визначення індивідуальних ознак кожного класифікаційного елементу, які обумовлюють його ефективність з точки зору охорони прилеглих до автодоріг земель від забруднення викидами автотранспорту. Аналізуючи текстурні ознаки снігових смуг уздовж доріг, із залученням тематичного шару «автомобільні дороги» з вектор-

ної топографічної карти відповідної місцевості, визначають ділянки з характерними ознаками лісосмуг (послідовність крапок по узбіччю дороги на **рис. 4.7** – *див. вкл.*). Для наочності отриману картографічну модель можна, як у цьому випадку, доповнити деякими тематичними шарами на тлі космічного знімку, що істотно підвищує її наочність.

Із залученням даних про параметри вітрів у місцевості, де лежить розглянута ділянка автомобільної дороги, синтезуються картографічні моделі меж можливого забруднення прилеглих земель викидами автомобільного транспорту (рис. 4.7) [11].

4.3. Екологічний зміст картографічних моделей

Розроблена й описана в монографії технологія синтезу картографічних моделей забруднення атмосфери техногенним пилом зосередженими і просторово-розподіленими джерелами викидів відкриває нові можливості отримання оцінок впливів промислових об'єктів на навколишнє природне середовище, аналізу екологічного стану визначених територій, коригування існуючих розмірів санітарно-захисних зон промислових підприємств, оптимізації сітки станцій відбору проб повітря на виміри приземних концентрацій забруднюючих речовин суб'єктами Державної системи моніторингу навколишнього середовища. У зоні забруднення підстильної поверхні пилом Трипільської ТЕС у містах Обухів, Бориспіль, Українка два рази на добу беруться проби повітря на вміст пилу, оксиду вуглецю, діоксиду сірки, діоксиду азоту, міді, свинцю, цинку, нікелю, кадмію, заліза, марганцю та хрому. Уявляється доцільним додатково восени, взимку та весною періодично контролювати вміст перелічених інгредієнтів у приземному шарі атмосфери на південних околицях населених пунктів Глева-

ха, Хотів, Вишеньки, Козин, а влітку – на західних околицях населених пунктів Вороньків, Гологурів, Старе. Важливо, щоб відповідні станції відбору проб призначались на відстані 1000–1500 м від меж забудови, а взимку на них брались також проби снігу для вимірів вмісту основних забруднюючих речовин. Це дасть змогу побудувати регресійні рівняння залежності від їх концентрацій зональних яскравостей снігового покриву і реалізувати ефективні алгоритми космічного моніторингу його забруднення в кількісній шкалі вимірів.

Картографічні моделі, технологія синтезу яких запропонована у цьому звіті, досить інформативні при дослідженнях забруднення земель важкими металами, які транспортуються промисловими газопиловими викидами, для розробки рекомендацій з ефективного розташування культур сівозмін чи при грошовій оцінці земельних масивів у зоні їх впливу.

Із космічних знімків видно, що в зоні впливу викидів Трипільської ТЕС лежать землі всіх категорій, визначених Земельним кодексом України. В їх складі присутня досить значна частка земельних масивів сільськогосподарського призначення. Згідно зі статтею 84 цього кодексу, власники землі і землекористувачі, у тому числі орендарі, зобов'язані здійснювати захист земель від забруднення відходами виробництва, хімічними і радіоактивними речовинами. Для цього необхідно знати їх просторовий розподіл в межах відповідних земельних масивів. Традиційно це завдання вирішується шляхом відбору деякої кількості проб ґрунту та зразків фітоценозів у межах кожного з них для подальшого аналізу, наприклад тим же рентгено-флуоресцентним методом. Необхідна кількість проб зазвичай визначається для кожного випадку з метою задоволення умовам репрезентативності відповідних їх статистик. У випадку зони впливу викидів Трипільської ТЕС, зважаючи на результа-

ти, можна обмежитись даними аналізу зразків ґрунтів і фітоценозів щодо п'яти-семи станцій, призначених на відрізок з 5-го до 20-го км від джерела викидів у напрямі розміщення відповідного земельного масиву. При цьому розподіл вмісту важких металів між станціями можна відновити засобами класичних методів лінійної апроксимації, а ізолініями вмісту рахувати дуги окружностей, з центром у джерелі викидів, на яких знаходяться відповідні контрольні станції.

Досить важливою характеристикою екологічного стану міських територій є рівень забруднення атмосферного повітря. У Київській області спостереження за його станом проводиться мережею Центральної геофізичної обсерваторії в чотирьох містах: у Білій Церкві – на двох стаціонарних постах спостережень, у Броварах, Обухові, Українці – по одному посту в кожному місті. Визначається вміст чотирьох основних домішок: пилу, двоокису сірки, окису вуглецю, двоокису азоту, а також специфічних речовин: бензопірену, заліза, кадмію, марганцю, міді, нікелю, свинцю, хрому, цинку.

Порівняльний аналіз забруднення повітря проводиться з використанням граничнодопустимих концентрацій (ГДК): для середньорічних концентрацій – середньодобових ГДК, для максимальних і разових – максимально разових ГДК. Для бензопірену і важких металів застосовувались середньодобові ГДК як для середньорічних, так і для максимальних середньомісячних концентрацій, тому що за цими домішками аналізуються лише середньомісячні проби. Очевидно, що можливості санітарно-гігієнічної, медико-екологічної та інших видів цільової інтерпретації отриманої при цьому інформації можуть бути суттєво розширені за рахунок залучення картографічних моделей, описаних у попередніх параграфах. У цьому разі можна методами інтерполяції з більш високою точністю визначати парамет-

ри просторового розподілу забруднюючих атмосферу речовин на великих відстанях від постів спостережень. Крім того, картографічні моделі забруднення атмосфери просторово розподіленими об'єктами, отримані за спільним для деякої їх множини набором космічних знімків, дозволяють виконувати об'єктивний порівняльний аналіз «індивідуального внеску» кожного з них у формування екологічного стану визначених територій. Ця обставина уявляється надзвичайно важливою з точки зору перспектив впровадження концепції екологічного аудита суб'єктів адміністративного устрою України.

ВИСНОВКИ

На прикладах зосереджених і просторово розподілених джерел викидів Київської області доведена висока ефективність використання оперативних космічних знімків типу NOAA, MODIS, знімків високої просторової роздільної здатності типу LANDSAT, SPOT, ASTER, для моніторингу забруднення атмосфери техногенним пилом.

Розроблена технологія синтезу картографічних моделей забруднення атмосфери і земель техногенним пилом ґрунтується на використанні сучасних геоінформаційних систем (Arc\View), програмного забезпечення обробки аерокосмічних даних ERDAS – IMAGE, спеціалізованих програм і алгоритмів обробки цифрових космічних знімків.

Із залученням даних про склад та середньорічні обсяги викидів зосередженого джерела – Трипільської ТЕС, параметрів вітрів отримані картографічні моделі та кількісні оцінки навантаження техногенним пилом земель прилеглих територій.

Базуючись на матеріалах «Довідки про стан навколишнього природного середовища Київської області в 2004 р.», підготовленої Державним управлінням екології та природних ресурсів у Київській області Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, визначено

найбільш суттєві зосереджені і просторово розподілені джерела забруднення атмосфери в Київській області: Трипільська ТЕС, Біла Церква, Березань, Бориспіль, Бровари, Васильків, Ірпінь, Переяслав-Хмельницький, Фастів, Ржищів, Славутич. Тематичною обробкою космічних знімків визначені зони забруднення снігового покриву навколо них.

Розглянуто можливі напрями екологічної інтерпретації запропонованих картографічних моделей забруднення атмосфери техногенним пилом, зокрема при плануванні заходів з охорони земель і забезпеченні підтримки управління екологічною безпекою на регіональному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аммосова Я.М. Охрана почв от химических загрязнений / Я.М. Аммосова, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Издательство МГУ, 1989. – 96 с.

2. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтового-рослинного покриву / [Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. та ін.]. – О.: Видавництво «ТЭС», 2003. – 260 с.

3. Ареали забруднення техногенним пилом земель навколо міст України по даних космічних зйомок / [Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Греков Д.Л., Клименко В.І. та ін.] // Екологія і ресурси. – 2005. – № 13. – С. 23 – 39.

4. Беликов Д.А. Моделирование распространения промышленных выбросов в атмосфере / Д.А. Беликов, А.В. Старченко // ENVIROMIS: междунар. конф., 6–12 июля 2002 г.: тезисы докл. – Томск, 2002. – С. 115–119.

5. Бериня Дз. Ж. Распределение выпадений выбросов автотранспорта и загрязнение почв придорожной полосы / Дз. Ж. Бериня, Л.К. Калвиня // Воздействие выбросов автотранспорта на природную среду. – Рига, 1989. – 140 с.

6. Богородский В.В. Микроволновая радиометрия земных покровов / В.В. Богородский, А.И. Козлов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.

7. Василенко В.Н. Оценка загрязненности снежного покрова промышленных районов по спутниковым ТВ изображениям / В.Н. Василенко, В.Г. Прокачева, Ш.Д. Фридман, 1981. – С. 82–92. – (Труды / ГГИ; вып. 285).

8. Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды / Б.В. Виноградов. – М.: Издательство «Мысль», 1976. – С. 202–216.

9. Гавриленко Б.Б. Соціальна екологія / Б.Б. Гавриленко – Запоріжжя: «Дике поле», 2001. – 240 с.

10. Гарбук С.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. – М.: Изд. А и Б, 1997. – 296 с.

11. Греков Л.Д. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом / [Л.Д. Греков, Г.Я. Красовський, О.М. Трофимчук] // – К. – 2007. – 122 с.

12. Григорьев А.А. Дымовые загрязнения атмосферы по наблюдениям из космоса / А.А. Григорьев, В.Б. Липатов. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 36 с.

13. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

14. Дистанційне зондування Землі: Тлумачний словник/ [за ред. Готиняна В.С.]. – К.: НКАУ, ДНВЦ «Природа», 1996. – 518 с.

15. Дистанционное зондирование: количественный подход / [Ш.М. Дейвис, Д.Я. Ландгребе, Т.Л. Филипс и др.]. – М.: Недра, 1983. – 415 с.

16. Довідка про стан навколишнього природного середовища [Електронний ресурс]: за даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища України. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua>.

17. Жовинский С.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / С.Я. Жовинский, И.Я. Кураева. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.

18. Земельний кодекс України: / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2001. – 71 с.

19. Земельний кодекс України: науково-практичний коментар / за ред. Шульга М.В., Харків, «Одіссей» 2008. – 633 с.

20. Загрязнение сельскохозяйственных культур газопылевыми выбросами ТЭ и подбор культур для возделывания / [В.И. Николенко, А.И. Жеряков, М.М. Тимофеев и др.] // Проблемы экології та охорони природи техногенного регіону: зб. наук. праць – Д., 1999. – С. 58–61.

21. Зербино Д.Д. Антропогенные экологические катастрофы / Д.Д. Зербино: отв. ред. Кухарь В.П. – Киев: Наук. думка, 1992. – 136 с.

22. Зорін С.В. Обґрунтування моделі забруднення атмосферного повітря системи моніторингу м. Києва. Т. 2 / С.В. Зорін, О.М. Картавцев // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2004. – С. 18–25.

23. Інформатизація аерокосмічного землезнавства / [Довгий С.О., Лялько В.І., Трофимчук О.М., Федоровський О.Д. та ін.]. – Київ.: «Наукова думка», 2001. – 606 с.

24. Кадурін С.В. Оцінка розподілу елементів – забруднювачів по території міста Одеси. Т. 2. / [Кадурін С.В., Чепіжко О.В., Какаранза С.Д., Кадурін В.М.] // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2004. – 230 с.

25. Капранов С.В. Автотранспорт, воздух и здоровье / С.В. Капранов. – Луганск: Изд-во Восточно-украинского гос. ун-та, 1998. – 200 с.

26. Кимаковська Н.О. Особливості поведінки важких металів у системі ґрунт – рослина / Н.О. Кимаковська // Агроекологічний журнал. – 2005. – № 3. – С. 87–88.

27. Клименко Л.П. Техноекологія: посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Л.П. Клименко. – [2-ге вид.]. – О.: Фонд Екопрінт, 2000. – 542 с.

28. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 232 с.

29. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

30. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1987. – 182 с.

31. Концепція загальнодержавної програми використання та охорони земель / А.С. Даниленко, К.Г. Радченко, Ю.М. Альбоций [та ін.] // Землевпорядний вісник. – 2004. – № 4. – С. 54–59.

32. Корабльова А.І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища / А.І. Корабльова. – Дніпропетровськ, «Поліграфіст», 1999. – 253 с.

33. Космическая съёмка и тематическое картографирование / [Фивенский Ю.И., Кузнецов Ю.Н., Кравцова В.И. и др.]; под ред. Салищева К.А., Книжникова Ю.Ф. – М.: Изд-во Московского университета, 1979. – 232 с.

34. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв: уч. пособ./ В.И. Кравцова. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.

35. Кравцова В.И. Космические методы картографирования / В.И. Кравцова; под редакцией Ю.Ф. Книжникова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 240 с.

36. Красовский Г.Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод / Г.Я. Красовский. – Л.: ВНИИКАМ, 1992. – 231 с.

37. Красовский Г.Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды / Г.Я. Красовский, В.А. Петросов. – Харьков: гос. аэрокосмический ун-т им. Н.Е.Жуковского (ХАИ), 1999 – 205 с.

38. Красовский Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій. – К.: Інтертехнологія, 2008. – 480 с.

39. Крупномасштабное картографирование загрязнения атмосферного воздуха с использованием геоинформационных технологий (на примере территории г. Щелково Московской области) / Б.А. Новаковский, А.И. Прасолова, М.В. Переверзев [и др.] // Геоинформатика. – 2006. – № 2. – С. 7–13.

40. Лялько В.І. Багатоспектральні методи ДЗЗ в задачах природокористування / В.І. Лялько, М.О. Попов. – Київ: Наукова думка, 2006. – 358 с.

41. Лялько В.І. Нові методи в аерокосмічному землезнавстві / В.І. Лялько. – Київ: Наукова думка, 1999. – 264 с.

42. Магоне И.Г. Значение защитных насаждений для оздоровления окружающей среды / И.Г. Магоне, А.В. Тейванс // Воздействие выбросов автотранспорта на природную среду. – Рига: Зинатне, 1989. – 140 с.

43. Малкевич М.С. Оптическое исследование атмосферы со спутников / М.С. Малкевич. – М.: Наука, 1973. – 303 с.

44. Медведєв В.В. Земельні ресурси України / В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова. – К.: Аграрна наука, 1998. – 150 с.

45. Мирцхулава Ц.Е. Деградація ґрунтів і стратегія екологічного менеджменту / Ц.Е. Мирцхулава // Інженерна екологія. – 2003. – № 5. – С. 39–55.

46. Моніторинг забруднення атмосфери техногенним пилом (на прикладі м. Українка) з використанням ДЗЗ: інформаційний звіт з ДКР/ [керівник розробки О.М. Картавцев]. – К. «ЕКОМЕДСЕРВІС», 2004. – 42 с.

47. Національна акціонерна компанія «Енергетична компанія України» [Електронний ресурс]: Трипільська ТЕС. – Режим доступу: <http://www.esu.gov.ua>.

48. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 р. / Міністерство екології і природних ресурсів України / В. Романчук (уклад.). – К.: Видавництво Раєвського, 2001. – 184 с.

49. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 р. [електронний ресурс] / Міністерство екології і природних ресурсів України.

50. Нові методи в аерокосмічному землезнавстві: [метод. посібник / відп. ред. Лялько В.І.]. – Київ: Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України. 1999. – 263 с.

51. Обухов А.И. Спектральная отражающая способность главнейших типов почвы и возможности использования диффузного отражения при почвенных исследованиях / А.И. Обухов, Д.С. Орлов // Почвоведение. – 1964. – № 2.

52. Охорона ґрунтів / [М.К. Шикуча, О.Ф. Ігнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик]. – [2-ге вид.]. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2004. – 398 с.

53. Позняк С.П. Картографування ґрунтового покриву / С.П. Позняк, Є.Н. Красуха, М.Г. Кіт. – Львів: видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 500 с.

54. Примак А.В. Экологическая ситуация на Украине и ее мониторинг: анализ и перспективы /

А.В. Примак. – Киев: Общество «Знание» Украинской ССР, 1990. – 44 с.

55. Прокачева В.Г. Об особенностях снеготаяния вблизи промышленных районов и возможностях наблюдения этого процесса дистанционными средствами / В.Г. Прокачева, В.Ф. Усачев, 1984. – С. 45–52. – (Труды / ГГИ; вып. 299).

56. Рапута В.Ф. Методы интерпретации данных мониторинга загрязнения снежного и почвенного покрова / В.Ф. Рапута, В.В. Коковкин // ENVIROMIS: междунар. конф., 6–12 июля 2002 г.: тезисы докл. – Томск. – 2002. – С. 130–135.

57. Родзевич Н.Н. Геоэкология и природопользование / Н.Н. Родзевич. – М.: Дрофа, 2003. – 256 с.

58. Рудько Г.І. Стан ресурсів надр як чинник формування та розвитку міст і промислово-міських агломерацій / Рудько Г.І., Суматохіна І.М.: Ч.: Вид-во «Маклаут», 2008. – 354 с.

59. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків / Г.Я. Красовський, О.М. Трофимчук, Д.Л. Крета, В.І. Клименко [та ін.] // Екологія і ресурси. – 2005. – № 12. – С. 37–55.

60. Солуха Б.В. Міська екологія: навч. пос. / Б.В. Солуха, Г.Б. Фукс. – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.

61. Статистика сільського господарства та навколишнього середовища. Основні показники охорони атмосферного повітря та поводження з небезпечними відходами [Електронний ресурс]: за даними Головного

управління статистики у Київській області / Головне управління статистики у Київській області; Бубнова І.Л. – Київ. – 2007. – Режим доступу до статистичної інформації: <http://www.obiastat.kiev.ua/>.

62. Степанчук О.В. Екологічний моніторинг земель сільськогосподарського призначення / О.В. Степанчук // Землевпорядний вісник. – 2004. – № 4. – С. 22–25.

63. Стурман В.И. Экологическое картографирование / В.И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.

64. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2004. – Т. 1. – 345 с.

65. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2004. – Т. 2. – 230 с.

66. Трипільська теплова електростанція [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.kievregion.net>.

67. Українська програма спостережень Землі з космосу // [Федоров О.П., Лялько В.І., Драновський В.Й., Готинян В.С. та ін.]. – К. – 2005. – 93 с.

68. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.meteo.com.ua>.

69. Федорова О.П. Определение характеристик аэрозольного шлейфа по видеоизображению / О.П. Федорова, П.Л. Федорова // ENVIROMIS: междунар. конф., 6–12 июля 2002 г.: тезисы докл. – Томск. – 2002. – С. 78–81.

70. Шутко А.М. СВЧ – радиометрия водной поверхности и почвогрунтов / А.М. Шутко. – М.: Недра, 1986. – 190 с.

71. Craig R.F. Soil mechanics. – 6. ed. – Lnd.; N.Y.: Spon press, 2002. – 486 p. : fig. – Бібліогр.: v kinci st.

72. Jensen J.R/ Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective – Prentice Hall, 2000. – 544 p.

73. M.Bradshaw, W.White, P.Dymond Contemporary world regional geography: global connections, local voices, 2004. – 572 p.

74. Mercury rising: is global action needed to protect human health and the environment by Noelle Echley Selin / ENVIRONMENT / W.Clark, Washington, 2005. – volume 47, № 1. – P. 22–35.

75. Munn R.E. Global Environment Monitoring System // SCOPE Report/ – 1973. – № 3. – 130 p.

76. SMOG ALERT: THE CHALLENGES OF BATTILING OZONE POLLUTION by Mark Bernstein and David Whitman / ENVIRONMENT / W.Clark, Washington, 2005. – volume 47, № 8.– P. 28 – 41.

77. II всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю // Збірник наукових статей. – Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. – 603 с.

Наукове видання

В.І. КЛИМЕНКО

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ҐРУНТІВ**

Монографія

Керівник *Т. Ковальова*
Коректор *Н. Волосунова*
Технічний редактор *Н. Петрова*
Комп'ютерна верстка *В. Вербицького*
Художнє оформлення *О. Метелиці*

Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру видавців ДК № 1037 від 12.09.02.

Підписано до друку 28.11.12. Формат 60 x 84¹/₁₆.
Папір офс. + крейд. (вклейка). Гарнітура SchoolBook. Друк офс.
Умовн. друк. арк. 7,67. Умовн. фарбовідб. 10,93.
Обл.-вид. арк. 10,72. Тираж 300 прим.

Видавництво «Азимут-Україна»
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, корп. 1, оф. 57
тел./факс (044) 467-6578

E-mail: editor@azimut-ukraine.com
www.azimut-ukraine.com

Друк – ПП «Фенікс»