

УДК551.510
КПXXXXXX
№ держреєстрації...0113U000333
Инв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(ОДЕКУ)
65016, м. Одеса - 16, вул. Львівська, 15,
тел. (0482) 32 67 64

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор ОДЕКУ
д.геогр.н., проф.
/Ю.С.Тучковенко/

2014.12.25

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
Аналіз та прогнозування екологічного стану повітряного басейну
промислових міст з урахуванням метеорологічних та
антропогенних факторів: Нові математичні моделі та новітні
експериментальні технології
(заключний)

Керівник НДР
зав. кафедри вищої та прикладної
математики, д-р фіз.-мат. наук, проф.

О.В.Глушков

2014

Рукопис закінчено 25 грудня 2014р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник, зав. каф. вищої та прикладної математики, д-р фіз.-мат. наук, професор
 Професор кафедри вищої та прикладної математики, д-р фіз.-мат. наук, професор
 Професор кафедри вищої та прикладної математики, д-р фіз.-мат. наук, доцент
 Завідувач кафедри військової підготовки, канд. геогр. наук, доцент
 Завідувач кафедри інформаційних технологій, канд. техн.наук, доцент
 Доцент кафедри вищої та прикладної математики, канд. фіз.-мат. наук, доцент
 Доцент кафедри вищої та прикладної математики, канд. фіз.-мат. наук, доцент
 Доцент кафедри вищої та прикладної математики, канд. фіз.-мат. наук, доцент
 Старший викладач кафедри вищої та прикладної математики, канд. геогр.наук
 Асистент кафедри екологічного права та контролю, канд. геогр. наук
 Асистент кафедри інформатики, канд. фіз.-мат.наук
 Викладач кафедри військової підготовки

О.В. Глушков
 (р.1,2-5,6, висновки)
 О.Ю.Хецеліус
 (р.6, висновки)
 А.А.Свинаренко
 (р.4, вступ)
 О.М.Грушевський
 (пр.4.1,4.2)
 Г.П.Препелиця
 (пр.2.3)
 Г.В.Ігнатенко
 (р.2)
 С.В.Амбросов
 (п.р.6.5)
 Д.Є.Сухарев
 (р.1)
 Г.В. Романова
 (п.р.3.4)
 Ю.Я.Бунякова
 (р.3)
 Т.Б. Ткач
 (п.р.4.2)
 В.Ф.Мансарлійський
 (п.р.2.3)

Нормоконтролер

С.В. Малацковська

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 305с., 82 рис., 68 табл., 355 джерел.

Об'єкт дослідження – екологічний стан атмосфери промислових міст; просторово-часова структура поля забруднюючих речовин у повітряному басейні.

Мета роботи – розробка нових методів аналізу та кількісної оцінки впливу метеорологічних факторів та факторів антропогенного навантаження промислового міста на екологічний стан атмосфери, розробка науково-методичних основ ідентифікації хаотичного режиму у часових рядах забруднюючих речовин в атмосфері, побудова нових високо достовірних моделей їх прогнозу, а також розробка та втілення нової технології визначення рівня забруднення атмосфери від певних факторів за часом та у просторі.

Методи дослідження – методи теорії динамічних систем та хаосу, прикладної екології, гідродинаміки та квантової геометрії, новітні обчислювальні методи комп'ютерного моделювання динаміки суцільних середовищ.

У даній роботі вперше проведено комплексне дослідження впливу метеорологічних факторів та антропогенного навантаження на повітряний басейн промислових міст з використанням вперше розвинутих нових математичних моделей та новітніх комп'ютерних технологій, будуються нові ефективні, високо достовірні моделі короткострокового прогнозу концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері ряду промислових міст (зокрема, Одеси, Гданська та інших) на основі положень теорії хаосу з використанням ієрархії нелінійно-системних моделей. Поліпшення якості атмосферного повітря міст є можливим при впровадженні стратегії, що базується на єдиній системі взаємопов'язаних функціональних елементів: моніторингу, нових моделей аналізу та прогнозу динаміки змін концентрацій шкідливих домішок в атмосфері, нових комп'ютерних технологій та інформаційного забезпечення, технології оптимального управління з урахуванням певних екологічних та інших критеріїв.

Результати опубліковані в 6 монографіях (вид-в Екологія, Springer, Wseas), в 24 статтях в журналах, що входять до наук.-метр. баз (Scopus), 40 статтях у фахових журналах України, 36 матеріалах і тезах доповідей конференцій, увійшли у 4 навч. пос. і консп. лекц. (у т.ч. з грифом МОН), створення 3 нових та удосконалення 2 курсів, 4 докт. і 4 канд. дисертацій, 8 маг. і бак. квал. робіт тощо.

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, АТМОСФЕРА ПРОМИСЛОВОГО МІСТА, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ, АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ, НОВІ МОДЕЛІ І ТЕХНОЛОГІЇ

Умови одержання звіту: за договором ОДЕКУ 65016, м. Одеса - 16, вул. Львівська, 15, тел. (0482) 326764

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ	8
1. Характеристика антропогенного навантаження на повітряний басейн промислових міст України.....	16
1. 1. Загальна характеристика екологічного стану атмосфери по областях і промислових містах України.....	16
1. 2. Вплив антропогенного фактору на повітряний басейн м. Одеси.....	24
1.3. Висновки до розділу 1.....	34
2. Методи аналізу та прогнозування антропогенного навантаження на повітряний басейн промислових міст.....	35
2. 1. Вступ. Аналіз ефектів впливу антропогенних факторів на атмосферне повітря.....	35
2. 2. Методи аналізу просторової структури рівня забруднення повітряного басейну промислових міст і районів.....	38
2. 2. 1. Системно-екологічні, гідродинамічні й статистичні моделі аналізу забруднення атмосферного повітря.....	38
2. 2. 2. Нові географо-математичні підходи в задачах моделювання поширення шкідливих домішок в атмосфері. Якісні аспекти.....	48
2. 3. Новий нелінійно-хаотичний підхід до аналізу екологічного стану повітряного басейну промислового міста.....	52
2. 3. 1. Відновлення фазового простору екологічних станів.	
2.3.2. Вибір часу затримки.....	55
2. 4. Висновки до розділу 2.....	59
3. Аналіз і оцінка забруднення повітряного басейну промислового міста на прикладі м. одеси.....	61
3. 1. Характеристика вихідного матеріалу.....	6
3. 2. Статистичні методи аналізу екологічного стану повітряного	

басейну міста.....	65
3. 2. 1. Виявлення схованих періодичностей рядів.....	67
3. 2. 2. Згладжування часових рядів.....	71
3. 3. Особливості змін концентрацій інгредієнтів у часі в м. Одесі.....	75
3. 4. Просторовий розподіл домішок.....	89
3. 5. Висновки до розділу 3.....	97
4. Поля фонових концентрацій забруднюючих речовин у повітряному басейні міста Одеси.....	100
4. 1. Методика визначення фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.....	100
4. 2. Аналіз полів фонових концентрацій інгредієнтів.....	108
4. 2. 1. Діоксид сірки.....	109
4. 2. 2 Діоксид азоту.....	114
4. 2. 3. Оксид вуглецю.....	118
4. 2. 4. Пил.....	121
4. 3. Висновки до розділу 4.....	125
5. Оцінка і прогнозування екологічного ризику.....	127
5.1. Вступні зауваження.....	127
5.2. Основні моменти методики і характеристика вихідних даних.....	139
5.3. Обробка і аналіз вихідних даних.....	143
5.4. Характеристика ризику.....	152
5.4.1 Розрахунок ризику при руйнуванні ємкості з газоподібним аміаком.....	153
5.4.2 Розрахунок ризику при руйнуванні ємкості з рідким аміаком.....	160
5.5. Висновки до розділу 5.....	168
6. Аналіз та прогнозування змін концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері промислового міста (на прикладі Гданського та інш. регіонів).....	170
6. 1. Вихідні дані. Статистичні характеристики часових рядів концентрацій у Гданському регіоні.....	170

6. 2. Параметри фазового простору часових рядів концентрацій у Гданському регіоні.....	173
6. 3. Короткостроковий прогноз концентрацій у Гданському регіоні методами теорії хаосу.....	181
6. 4. Аналіз часових рядів концентрацій шкідливих домішок методами теорії хаосу в атмосферному повітрі м. Одеси.....	186
6.5. Лазерне зондування атмосфери промислових міст та особливості енергетичного обміну у суміші $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-H}_2\text{O}$ атмосферних газів.....	190
6. 6. Висновки до розділу 5.....	195
Висновки та рекомендації (публікації, апробація).....	196
Перелік посилань	200
Додаток А.....	239
Додаток Б.....	240
Додаток В Метеорологічні дані за вересень 2014 року.....	256
Додаток Г Рози вітрів за 2012 – 2014 роки	276
Додаток Д Погодинна метеорологічна база даних за 2012 – 2014 роки для центральної частини міста Одеси (в електронному вигляді).....	302
Додаток Е Метеобаза.....	305

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

НХР	-	небезпечна хімічна речовина
ОПЗ	-	Одеський припортовий завод
US EPA	-	United States Enviromental Protection Agency (управління з охорони навколишнього середовища США)
МОЗ	-	Міністерство охорони здоров'я
НЕГП	-	небезпечний екзогенний геологічний процес
TNO	-	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (голландська організація прикладних наукових досліджень)
DNV	-	Det Norske Veritas (норвезький фонд захисту життя та навколишнього середовища)
СДОР	-	сильнодіючі отруйні речовини
ГДК _{м.р}	-	гранично допустима максимально разова концентрація

ВСТУП

Сьогодні метеорологічна інформація стала невід'ємною складовою забезпечення діяльності суб'єктів господарювання, владних та економічних структур тощо. Однією з найбільш актуальних проблем, для вирішення якої необхідне врахування поточних метеорологічних умов, є моделювання переносу домішок у атмосфері. Зазначена проблема має яскраво виражене практичне значення. Це, насамперед, проблеми оптимального розташування та режиму роботи промислових підприємств з метою мінімізації навантаження на екологічно значимі райони, прогнозування найбільш потенційно забруднених зон з метою прийняття раціональних рішень, інженерного захисту територій, будівель та споруд тощо. Важливість окреслених проблем суттєво зростає у разі, коли спостерігається розташування об'єктів промислового і рекреаційного господарства у одному регіоні. Це зумовлює необхідність розробки чітких методик та практичних підходів для захисту населення та об'єктів народного господарства від негативного антропогенного впливу. Проект присвячений розв'язанню комплексу актуальних і достатньо складних задач сучасної прикладної екології (екології промислового міста), – проведенню комплексу теоретичних та експериментальних досліджень з використанням запропонованих у проекті нових математичних моделей та новітніх експериментальних технологій дослідження впливу метеорологічних факторів та антропогенного навантаження на повітряний басейн промислових міст, а також побудові нових ефективних та високо достовірних моделей короткострокового прогнозу концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері на основі положень теорії хаосу з використанням ієрархії моделей циркуляції повітря в зоні міської забудови, атмосферної вентиляції з можливостями подальшої експертизи господарських заходів по рекреації приміського та міського ландшафтів.

Останнім часом були досягнуті істотні успіхи в дослідженні та розв'язанні деяких проблем захисту навколишнього середовища. Але залишається

нерозв'язаною важлива проблема комплексного дослідження повітряного басейну промислового міста та оцінки антропогенного навантаження на нього. Актуальним уявляється також розвиток принципово нових фізико-статистичних підходів до моделювання просторово-часової структури полів концентрацій домішок в атмосфері промислового міста. На теперішній час прогноз розповсюдження домішок у атмосфері здійснюється у переважній більшості випадків на основі математичного моделювання, яке є досить ефективним інструментом. При цьому можливі сценарії поширення домішок базуються на аналізі їх поведінки в залежності від варіації детермінованих та випадкових параметрів моделей. Крім того, більшість математичних моделей, що застосовуються для моделювання, є порівняно простими і не враховують нестационарність поля вітру, взаємний вплив численних джерел забруднення тощо. Тому підвищення точності прогнозу забруднення атмосфери і підстильної поверхні потребує розробки нових модельних комплексів, які б враховували зазначені фактори, та застосування алгоритмів вирішення виникаючих проблем.

Особливістю сучасної екологічної ситуації є технологічний рівень використання законів природи, пов'язаний з переходом від макрорівня через мікрорівень до молекулярного і атомарного рівнів. Значний вплив технологій на навколишнє середовище свідчить про низьку ефективність процесів природокористування.

Оцінюючи вплив сучасних технологій на навколишнє середовище, очевидно, що виникає необхідність у виокремленні значної кількості сукупної праці для ліквідації негативних наслідків впливу виробництва на природне середовище, зростає дефіцит природних умов виробництва. Це загострює питання про екологізацію виробництва: зменшення технологічного навантаження; підтримку природного потенціалу шляхом самовідновлення і режиму економії природних процесів; скорочення втрат; комплектність вилучення корисних компонентів, використання відходів як вторинного ресурсу, вдосконалення економічного механізму захисту природного середовища.

Бажання забезпечити сталий темп економічного розвитку, яке набуло в останні роки організаційні форми глобалізації світової економіки та індустріалізації, не може бути реалізоване інакше, ніж через збільшення й без того непомірного навантаження на навколишнє середовище. Одним з негативних наслідків таких процесів, що мають назву антропогенних, є, зокрема, катастрофічне збільшення забруднення атмосфери. З метою задоволення потреб величезних мас населення працює незлічима кількість промислових, енергоперетворюючих, сільськогосподарських, ресурсовидобувних, переробних підприємств, використовуються глобальні транспортні та комунікаційні системи. Хоча розвинуті глобальні транспортні та комунікаційні системи виключають можливість локалізації антропогенного впливу на навколишнє середовище, усе ж у найскладнішому становищі перебувають великі міста, в яких зосереджено величезний промислово-транспортний комплекс, що є джерелом забруднення навколишнього природного середовища. Забруднення атмосфери є найнебезпечнішим фактором для людини, для усієї флори та фауни, а забезпечення її чистоти у той же час є найскладнішою проблемою, яку не можна порівняти, наприклад, з проблемою очищення питної води. Одним з складних аспектів проблеми є те, що склад атмосфери міста формується під впливом багатьох факторів, до яких належать характеристики джерел забруднення, їх розташування на місцевості, кліматичні та гідрометеорологічні параметри, особливості архітектури міста, процеси енергообміну та переносу, дисипативність та релаксація, самоочищення та регенерація тощо. Зв'язок між окремими факторами є достатньо складним, процеси мають, головним чином, випадковий характер. Звідси випливає, що розв'язання проблеми охорони навколишнього природного середовища потребує застосування наукових підходів. Крім того, чим вища якість продукції (з урахуванням екологічної оцінки використання відходів і результатів природоохоронної діяльності в процесі виробництва), тим вища якість навколишнього середовища. Виходячи зі зазначеного можна також зробити висновок, що моделювання та прогнозування екологічних ризиків є

комплексним, вкрай важливим завданням, особливо з урахуванням загроз техногенного забруднення навколишнього середовища.

Кожного року зростає кількість аварій на хімічних підприємствах усього світу і тому суттєво збільшується величина ризику для здоров'я населення яка може бути спричинена цими аваріями. Причинами збільшення кількості аварій є наднормативна експлуатація обладнання, корозія обладнання та несправність контрольно-вимірювальної апаратури. Останніми наймасштабнішими аваріями є вибух на хімічному підприємстві в Великобританії (м. Біллінгем, 2006), вибухи в хімічних цехах в КНР (провінція Шансі та м. Цанчжоу, 2007), вибух в Ізраїлі (промислова зона Рамат-Ховав, 2007), аварія в США (штат Аранзас, 2008), вибух в Росії (м. Буденновськ, 2008), аварія у Франції (Департамент Гар, 2011), вибух на хімічному заводі в Південній Кореї (2012) та багато інших. Слід також звернути особливу увагу на аварію в Техасі. Причиною катастрофи стала пожежа, яка почалась в резервуарі з безводним аміаком. Загиблі 60 людей, 200 чоловік поранено. В 25 км від Одеси знаходиться Одеський Припортовий Завод, в склад якого входить найбільше сховище аміаку в Європі ємкістю близько 120 тис. т. Для порівняння на вищезгаданому підприємстві в Техасі було близько 24 т аміаку (в 5000 раз менше). Більше того, вже відомі випадки аварійних ситуацій на ОПЗ, в результаті яких відбувався викид аміаку в навколишнє середовище (наприклад, 2013 рік – витік 200 літрів аміаку). Аварія на підприємстві ОПЗ може мати транскордонний вплив.

Крім того, звертається увага на те, з кожним роком все більше змінюються метеорологічні параметри. В процесі попереднього аналізу багаторічної рози вітрів (1899-2010) і рози вітрів за 2012-2013 роки, в Одесі було помічено значене збільшення кількості північ-східного напрямку вітру. Це саме напрям в сторону міста Одеси з міста Южне, де знаходиться ОПЗ.

Антропогенне забруднення атмосферного повітря, а особливо аварійне, в умовах соціоекосистеми – глобальна еколого-гігієнічна проблема, яка має значний вплив на формування здоров'я населення урбанізованих територій.

Мета проекту - аналіз та кількісна оцінка впливу метеорологічних факторів та факторів антропогенного навантаження промислового міста на екологічний стан атмосфери, розробка нового послідовного фізико-математичного методу опису динаміки атмосферної вентиляції індустріальних міст з використанням ієрархії моделей з можливостями подальшої експертизи господарських заходів по рекреації приміського та міського ландшафтів, розробка та реалізація науково-методичних основ ідентифікації хаотичного режиму у часових рядах забруднюючих речовин в атмосфері індустріальних міст та побудова на їх основі нових високо достовірних моделей прогнозу, розробка та впровадження нової технології для визначення рівня забруднення атмосфери від певних факторів у часі та просторі, а також розробка науково-методичних основ розрахунку ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в атмосфері міста на основі актуальних вихідних даних.

Одне із ключових завдань проекту для досягнення його мети включає розробку нових математичних методів та комп'ютерних моделей аналізу та прогнозу екологічного стану атмосфери промислових міст, зокрема:

- аналіз вихідних даних, що характеризують забруднення атмосфери (на прикладі повітряного басейну м. Одеси, Гданська (Польща) та інших міст України та Південно-Східної Європи;

- вибір та обґрунтування методів обробки масиву даних за інгредієнтами, що забруднюють атмосферу;

- виявлення тенденцій та встановлення закономірностей змін рівня забруднення атмосфери від певних факторів у часі та просторі;

- визначення фонових забруднень атмосфери основними забруднюючими речовинами за різних напрямків повітряного переносу;

- формулювання та обґрунтування принципів нелінійного моделювання концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері;

- ідентифікація хаотичних режимів у часових рядах концентрацій

забруднюючих речовин ряду промислових міст;

– розрахунок топологічних та динамічних інваріантів динаміки атмосфери як хаотичної системи та побудова моделі короткострокового прогнозу концентрацій забруднюючих речовин на основі положень теорії хаосу.

-вивчення просторово-часової змінюваності поля концентрації шкідливих домішок у атмосфері з урахуванням метеорологічних факторів;

- розробка та впровадження основ нової лідарної технології визначення рівня забруднення атмосфери від певних факторів у часі та просторі;

- вивчення сценарію можливої аварій і її наслідків для населення, вибір методики для розрахунку ризику у разі аварійної ситуації, розрахунок ризику у разі аварійної ситуації;

- зробити висновки і рекомендації для подальших досліджень.

Підхід на основі аналізу ризику, як кількісної оцінки, важливий на регіональному рівні в першу чергу для регіонів, де зосереджений значний потенціал небезпечних виробництв в поєднанні зі складною соціально-політичною обстановкою і недостатнім фінансуванням. Вихідним етапом у процесі оцінки ризику є визначення кордонів досліджуваного регіону та ідентифікація джерел небезпеки. Перший крок в аналізі аварійних викидів полягає у встановленні їх джерел, кількісних характеристик, а також фізичних і хімічних властивостей речовин що викидаються в навколишнє середовище. Другий крок полягає в ідентифікації реципієнтів і описі процесу переносу забруднюючих речовин у викидах від джерела до реципієнта (головним чином шляхом використання математичних моделей). Моделювання переносу викидів від джерела до реципієнта дозволяє оцінити кількісну характеристику небезпеки.

Проведений аналіз літератури щодо впливу різних факторів на атмосферу промислового міста вочевидь свідчить про актуальність та важливість комплексного дослідження екологічного стану атмосфери з урахуванням як метеорологічних, так й антропогенних чинників тощо. До теперішнього часу у більшості робіт як вітчизняних, так і (в більшій мірі) зарубіжних вчених надано,

як правило, якісний аналіз ефектів впливу різних факторів на навколишнє природне середовище у межах системного підходу. На першому рівні досліджень аналізуються реакції організмів, популяцій, екологічних систем на множинні впливи у різноманітних середовищах, наслідки від цих впливів, визначаються збитки, виявляються критичні фактори впливу або комбінації декількох факторів. Другим рівнем досліджень є визначення припустимих екологічних впливів та навантажень. Третім рівнем є визначення припустимих навантажень з еколого-економічних позицій. Нарешті, на останньому етапі уводяться норми на викиди, джерела впливу, які ґрунтуються на критеріях, розроблених при реалізації перших трьох етапів. На теперішній час розроблено низку моделей, які дозволяють оцінити просторову структуру рівня забруднення повітряного басейна промислового міста, зокрема, науково-методичний програмний комплекс ISM, методика Головної геофізичної обсерваторії ім. А. І. Воєйкова, методи, що ґрунтуються на законах молекулярної дифузії, а також у вигляді системи рівнянь множинної регресії. Вказані моделі мають цілу низку принципових недоліків як на фундаментальному рівні (проста модель факелу, або молекулярної дифузії принципово не працює в випадку атмосфери промислових міст з елементами конвективної нестійкості), так і на прикладному. Одними з нових перспективних напрямків досліджень може бути використання фізико-статистичних методів, а також застосування до часових рядів концентрацій забруднюючих речовин положень теорії хаосу, які у теперішній час використовуються для аналізу багатьох природних явищ.

Результати нашого дослідження надають теоретичне обґрунтування можливості застосування положень теорії хаосу при прогнозуванні стану повітряного басейну у містах з добре розвинутою промисловою інфраструктурою, практичному розв'язанні проблеми короткострокового прогнозу концентрацій забруднюючих речовин з достатньою точністю на основі тільки даних спостережень за ними.

Основою теоретичної частини проекту є використання фізико-статистичних

методів, а також їх застосування до просторово-часових рядів концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері положень теорії хаосу, які у теперішній час використовуються для аналізу багатьох природних явищ. Дослідження потенційно хаотичних систем може бути розділене на чотири процедури: ідентифікація хаотичного режиму, реконструкція фазового простору, класифікація часових рядів та побудова моделі прогнозу. Перші дві процедури є дуже важливими, тому що при їх реалізації хаотичні системи відокремлюються від стохастичних, а також визначаються ступінь свободи та комплексність системи. Ґрунтуючись на результатах цих двох процедур, можна досить легко реалізувати й дві останні. Важливо відзначити, що для прогнозування майбутніх станів хаотичних систем використовуються тільки дані у попередні моменти часу, а це дозволяє побудувати порівняно просту і надійну схему прогнозу. Такий підхід є безумовно новим й, як передбачається, дозволить на базі комп'ютерної технології "Geomath" побудувати універсальний високо прогностичний комплекс моделей з подальшим застосуванням. Принципово новою ідеєю є розвиток та використання ієрархії кількісних моделей циркуляції повітря в зоні міської забудови, атмосферної вентиляції з можливостями подальшої експертизи господарських заходів по рекреації приміського та міського ландшафтів. Основою експериментальної частини роботи є напрацьований досвід експериментальних вимірювань просторово-часової змінюваності поля вітру при синоптичних ситуаціях, які зумовлюють метеорологічні умови сприятливі для концентрації шкідливих домішок у граничному шарі атмосфери, а також попередні напрацювання з використанням лазерних систем з метою дослідження ефектів поглинення в атмосферних газах.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ПРОМИСЛОВИХ МІСТ УКРАЇНИ

1.1 Загальна характеристика екологічного стану атмосфери по областях і промислових містах України

Основний негативний вплив на екологічний стан атмосфери виявляє антропогенна діяльність, яка найбільшою мірою проявляється в промислових містах, де проживає значна кількість населення й зосереджена велика кількість промислових підприємств та транспорту. Незалежно від типу і масштабів діяльності виробництва, промисловість в буд-якому разі, в більшій чи меншій ступені, але ж впливає на стан повітряного басейну.

Одним з основних напрямків екологічної політики України є охорона атмосферного повітря, від якісного стану якого суттєво залежить стан здоров'я людини і, зрештою, всі аспекти соціально-економічного розвитку держави. Саме тому значна увага в рамках державної екологічної політики приділяється дослідженню, оцінці та прогнозуванню антропогенного впливу на повітряний басейн.

Для забезпечення екологічної безпеки, створення сприятливого середовища життєдіяльності, запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище здійснюється регулювання викидів найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, перелік яких встановлюється Кабінетом Міністрів України. Перелік забруднюючих речовин переглядається Кабінетом Міністрів України не менше одного разу на п'ять років [9].

За даними державної статистичної звітності 2009 року, основними забруднювачами атмосферного повітря є підприємства переробної і добувної

промисловості та підприємства електро- і теплоенергетики (відповідно 31 %, 21 % та 40 % загального обсягу викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення). Викиди забруднюючих речовин пересувними джерелами становлять 39 % загальної кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Викиди забруднюючих речовин автомобільним транспортом становлять 91 % забруднюючих речовин, що викидаються пересувними джерелами [10].

До забруднюючих речовин, що переважно викидаються в атмосферне повітря, відносяться діоксид азоту (NO_2), оксид вуглецю (CO), діоксид сірки (SO_2) та інші її сполуки, пил.

Збільшується кількість випадків перевищення встановлених нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами. Основними причинами, що зумовлюють незадовільний стан якості атмосферного повітря в населених пунктах, є недотримання підприємствами режиму експлуатації пилогазоочисного обладнання, нездійснення заходів із зниження обсягу викидів забруднюючих речовин до встановлених нормативів, низькі темпи впровадження новітніх технологій та значне збільшення кількості транспортних засобів, зокрема тих, що вичерпали строк придатності.

Упродовж останніх років у промислово розвинутих містах в атмосферному повітрі постійно реєструвалася наявність до 16 поліциклічних ароматичних вуглеводнів, з яких 8 є канцерогенами, груп нітрозамінів (нітрозодиметилам і нітрозодіетиламін) та важких металів (хром, нікель, кадмій, свинець, берилій). При цьому в обсягах забруднення хімічними канцерогенами найбільшу питому вагу мають сполуки класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Загалом канцерогенний ризик у 2009 році досяг 6,4–13,7 випадку онкологічних захворювань на 1 тисячу осіб, що значно перевищує міжнародні показники ризику [10].

На території України зберігається високий ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. В Україні функціонують 23767

потенційно небезпечних підприємств та інших об'єктів, аварії на кожному з яких можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівня.

Щороку реєструється до 300 надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, внаслідок яких гинуть люди, завдаються великі економічні збитки [10].

Основними причинами виникнення техногенних аварій і катастроф та посилення негативного впливу внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в Україні є: застарілість основних фондів, зокрема природоохоронного призначення, великий обсяг транспортування, зберігання і використання небезпечних речовин, аварійний стан значної частини мереж комунального господарства, недостатня інвестиційна підтримка процесу впровадження новітніх ресурсозберігаючих і екологічно чистих технологій в екологічно небезпечних галузях промисловості, насамперед металургійній, хімічній, нафтохімічній та енергетиці; природоохоронні проблеми, пов'язані з істотними змінами стану геологічного та гідрогеологічного середовища та зумовлені закриттям нерентабельних гірничодобувних підприємств, шахт і розрізів, небажання суб'єктів господарювання здійснювати заходи із запобігання аваріям та катастрофам на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах тощо.

Найбільші в Україні викиди оксидів азоту, діоксиду сірки і пилу спостерігалися на підприємствах паливно-енергетичного комплексу – відповідно 58 %, 75 %, 56 %, вуглеводнів і летючих органічних сполук – на підприємствах добувної промисловості (78 %), оксиду вуглецю – на підприємствах переробної промисловості (72 %).

Викиди пилу в цілому у всіх галузях економіки скоротилися майже на 7 %, діоксиду сірки – на 5%, оксидів азоту – на 4%, оксиду вуглецю – на 0,5%, у той же час, викиди вуглеводнів і летючих органічних сполук зросли на 0,9 %.

У табл. 1.1 представлена частка внеску від загального викиду в атмосферне повітря основних забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в Україні по основних галузях економіки [11].

Таблиця 1.1 - Показники антропогенного навантаження по основних галузях економіки

Галузь економіки	Частка від загального викиду, %			
	SO ₂	NO ₂	CO	Пил
Переробна промисловість	16,3	30,3	71,9	28,9
Паливно-енергетичний комплекс	74,6	58,2	5,4	55,6
Добувна промисловість	6,2	4,3	18,5	11,3
Сільське господарство, полювання й пов'язані з ним послуги	0,2	0,3	0,3	0,4
Будівництво	0,4	0,4	0,4	0,8
Інші галузі	2,3	6,5	3,5	3,0
Усі галузі економіки	100,0	100,0	100,0	100,0

Протягом 2000 – 2006 років спостерігалось збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин в повітряний басейн від стаціонарних та пересувних джерел забруднення.

Динаміка викидів шкідливих домішок в атмосферне повітря представлена на рис.1.1.

У 2006 р. 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 спостерігалось 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

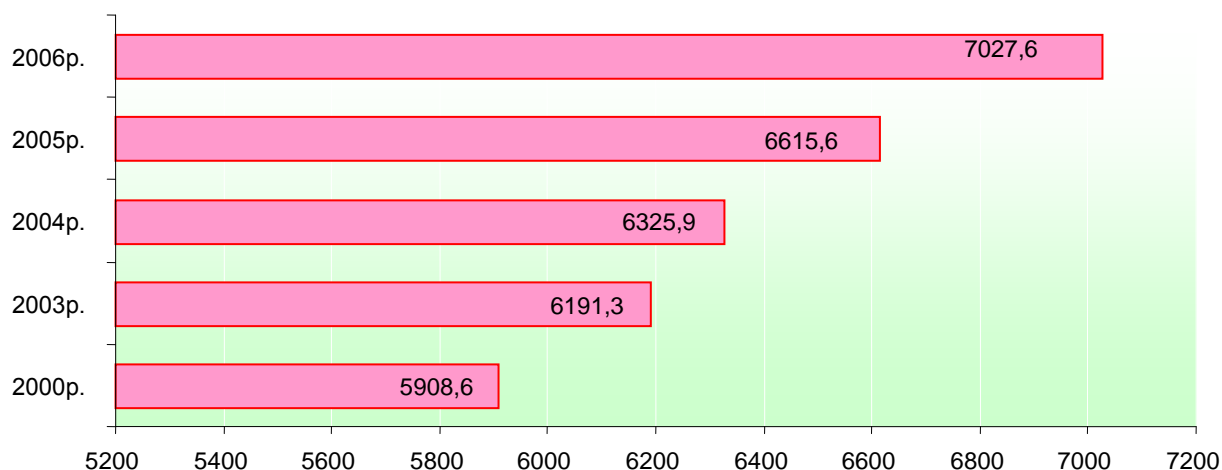


Рисунок 1.1 - Динаміка викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, 2000–2006 рр., тис. тонн

Проти 2005 року збільшились викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у багатьох містах країни, зокрема, Бердичеві (77,3 %), Старокостянтиніві (66,7 %), Херсоні (42,4 %), Українці (40,2 %), Зеленодольську (38,5 %), Бурштині (35,1 %). Зменшились викиди в Києві на 21,4 %, Ялті – 38,5 %, Шостці – 40,0 %, Дмитрові – 43,3 %, Олександрії – на 46,6 % [11]. Обсяги викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту збільшились на 2,5 %, в основному за рахунок використання автотранспорту індивідуальних власників та залізничного транспорту. Слід зазначити, що в умовах 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. Автотранспорт виступає головним забруднювачем атмосферного повітря в Україні. Про це свідчить загальна тенденція збільшення викидів в повітряний басейн шкідливих речовин. Так, у порівнянні із 1995 роком їх кількість зросла на 300,5 тис. т.

На рис. 1.2 представлена динаміка викидів забруднюючих речовин в повітряний басейн від автотранспорту. 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 в атмосферу від залізничного, авіаційного та водного транспорту становив 7271,2 т, що на 34,2 % перевищує

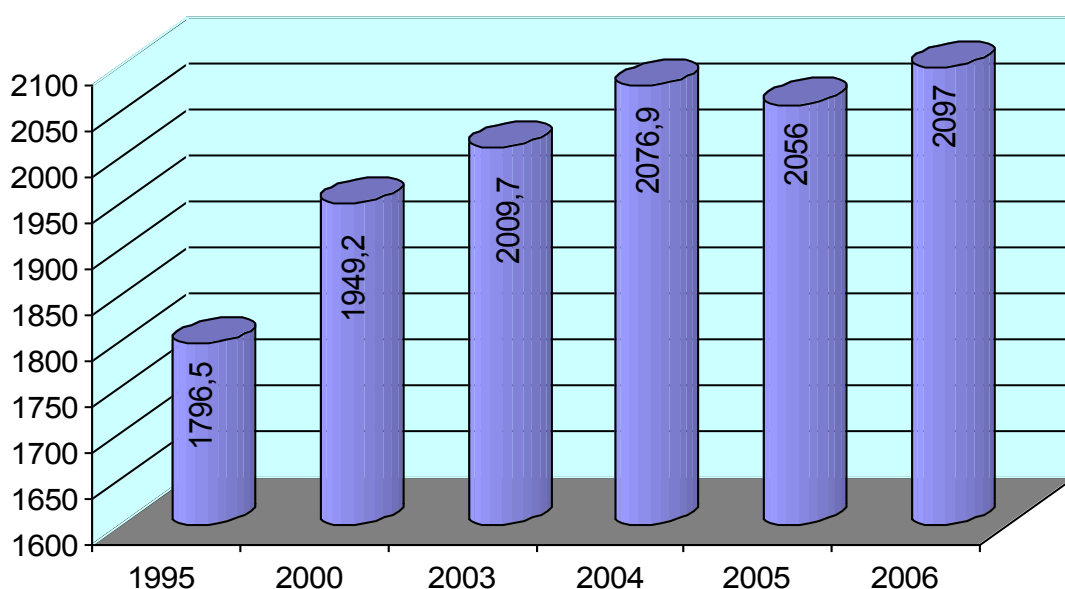


Рисунок 1.2 - Динаміка викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту, 1995–2006 рр., тис. тонн

показник 2005 року. 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.

Як відомо, рівень забруднення атмосфери зазвичай описується набором статистичних характеристик для ряду вимірюваних шкідливих речовин. Щоб оцінити ступінь забруднення атмосфери, середні й максимальні концентрації речовин нормуються на величину середньої (максимальної) концентрації для великого регіону або на санітарно-гігієнічний норматив, наприклад на ГДК [12]. Нормовані характеристики забруднення атмосфери називають індексом забруднення атмосфери (ІЗА).

У різних країнах запропоноване й використовується в практичній роботі велике число різних ІЗА [13–18]. Вміст в атмосфері шкідливих речовин представляється зазвичай набором статистичних характеристик або ІЗА окремо для кожного з інгредієнтів. Тому є необхідність одержання деякого узагальнюючого показника, який би враховував забруднення повітря декількома речовинами й характеризував би ступінь забруднення цими речовинами.

Як впливає із роботи [18], у міру збільшення перевищення ГДК шкідливі впливи різних речовин зростають із різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини. Ця швидкість може бути визначена за значенням відношення ГДК для атмосферного повітря населених місць до ГДК для виробничих приміщень. Значення відношень різних речовин різні й змінюються від одиниць до декількох тисяч. Середні значення цих відношень отримані для чотирьох класів небезпеки шкідливих речовин. Тому знаючи ці відношення, можна привести рівні забруднення атмосфери різними речовинами до рівня забруднення однією якою-небудь речовиною [12].

Приведення рівнів забруднення повітря різними речовинами до забруднення діоксидом сірки здійснюється за допомогою показника ступені c_i в індексі забруднення, використовуваному в Україні. Де c_i є безрозмірна константа, що дозволяє привести ступінь забруднення i -ої речовини до ступеня забруднення двоокисом сірки, прийнятим за основний [12].

Для приведення ступеня забруднення всіх речовин до забруднення речовиною третього класу небезпеки (до SO_2) використовується формула комплексного ІЗА, що враховує n речовин.

Комплексний ІЗА показує, якому рівню забруднення атмосфери (в одиницях ГДК SO_2) відповідає фактично спостережуваний вміст домішок у міському повітрі, тобто у скільки раз сумарний рівень забруднення повітря перевищує припустиме значення. Щоб значення, отримані для різних міст можна було порівнювати, необхідно розраховувати їх для однакової кількості речовин.

Комплексний ІЗА є дуже зручним показником для визначення районів міста з найбільшим рівнем забруднення й визначення забруднюючих речовин, які вносять найбільший вклад у рівень забруднення атмосферного повітря міста. При цьому необхідно пам'ятати, що комплексний ІЗА є показником забруднення атмосфери сумою речовин. При порівнянні комплексних ІЗА необхідно використовувати їх з однаковим видом і числом домішок.

У 22 містах України рівень забруднення повітря (за комплексним індексом забруднення атмосфери – КІЗА) був вищий за середній рівень по країні [11]. 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 зі значними концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, бенз (а)пірену. У деяких містах був високий середній вміст фтористого водню, фенолу, пилу та інших речовин. Високий рівень забруднення атмосферного повітря формується, головним чином, за рахунок викидів шкідливих речовин підприємствами коксохімічної, металургійної та хімічної промисловості.

Головними причинами, що обумовлюють незадовільний, а найчастіше і небезпечний стан атмосферного повітря населених пунктів, є недотримання підприємствами технологічного режиму експлуатації пилогазоочисного 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. Надмірна концентрація промислових об'єктів та автотранспорту на території України призвела до надзвичайного антропогенного навантаження на довкілля. Тому, незважаючи на тенденцію зниження обсягів

промислових викидів в атмосферне повітря останніх років, проблема його санітарної охорони не втратила своєї актуальності.

1. 2. Вплив антропогенного фактору на повітряний басейн м. Одеси

Одеса являє собою повністю сформований в Українському Причорномор'ї локальний територіально-виробничий комплекс – промисловий вузол. Тут практично всі підприємства використовують компоненти загальноміської інфраструктури: тепло- і енергосистеми, водопостачання й каналізацію, транспортні вантажно-розвантажувальні майданчики, газорозподільні системи і т.д. Внаслідок загального спаду промислової діяльності спостерігається тенденція спаду інтенсивності забруднення атмосфери шкідливими речовинами від стаціонарних джерел, у той час як забруднення повітря автотранспортом безупинно збільшується. Причиною останнього є значне збільшення кількості автотранспорту в місті, причому зазначена різниця між викидами стаціонарних і пересувних джерел в останні роки зростає. За даними [19–22], викиди від автотранспорту становлять порядку 82 % від загального техногенного забруднення, що надходить в атмосферу. На рис. 1.3 представлена динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел викидів за період з 1996 по 2011 роки.

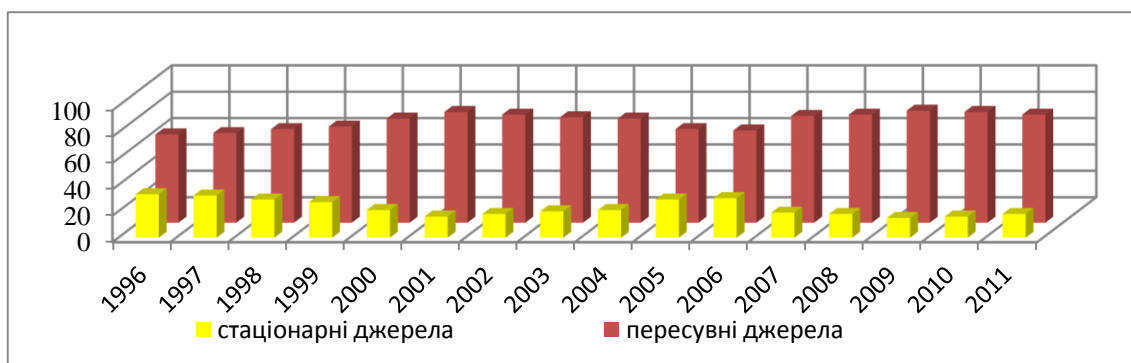


Рисунок 1.3 - Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, (%) за 1996–2011 рр.

За даними [23] промисловими підприємствами Одеси в атмосферу викидається 17 % діоксиду сірки, 19 % вуглеводнів, 31 % оксиду вуглецю, 17 % оксидів азоту, 8 % пилу. На частку специфічних шкідливих домішок доводиться лише 8 %, що володіють, однак, високою токсичністю.

На діаграмах рис. 1.4 – 1.7, побудованих за даними [11,20,21], представлена динаміка викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста Одеси за період з 1996 по 2011 рр. від стаціонарних джерел.

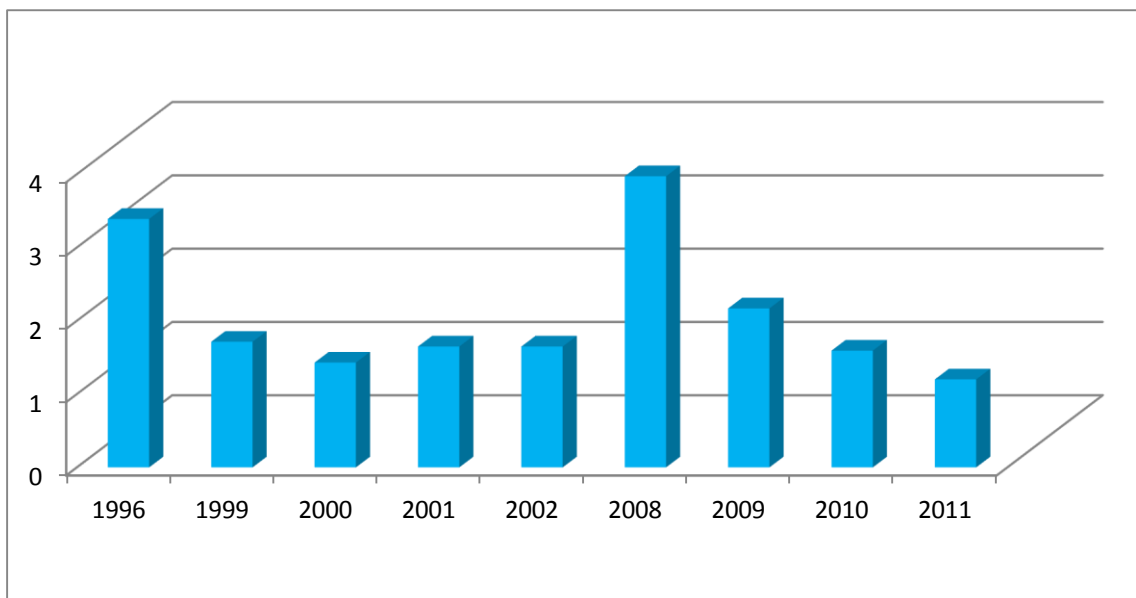


Рисунок 1.4 - Динаміка викидів в атмосферне повітря SO₂, 1996 – 2011 рр., тис.т

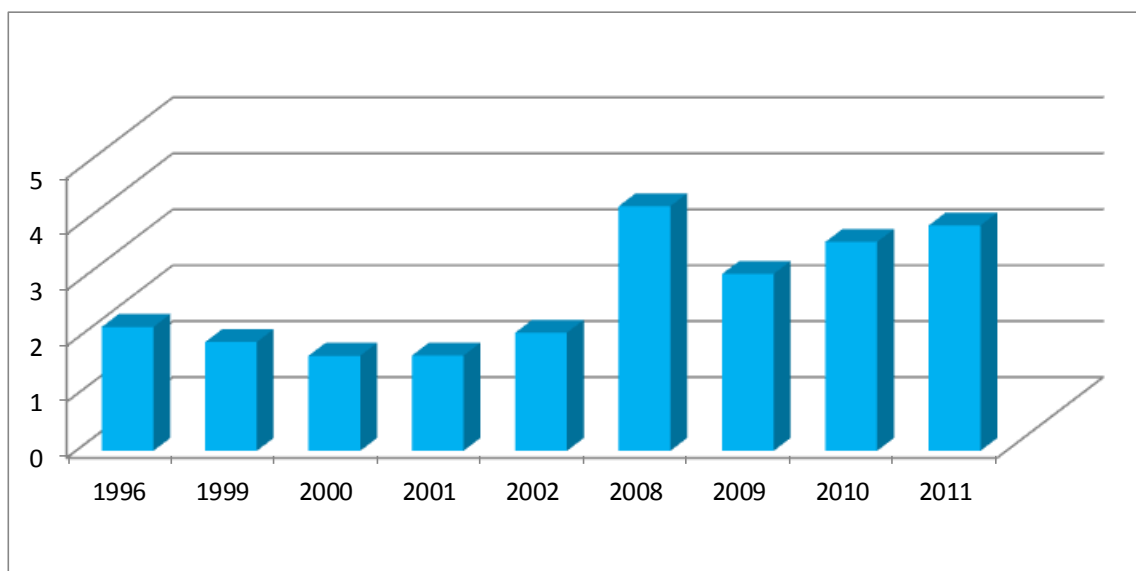


Рисунок 1.5 - Динаміка викидів в атмосферне повітря NO₂, 1996 – 2011 рр., тис.т

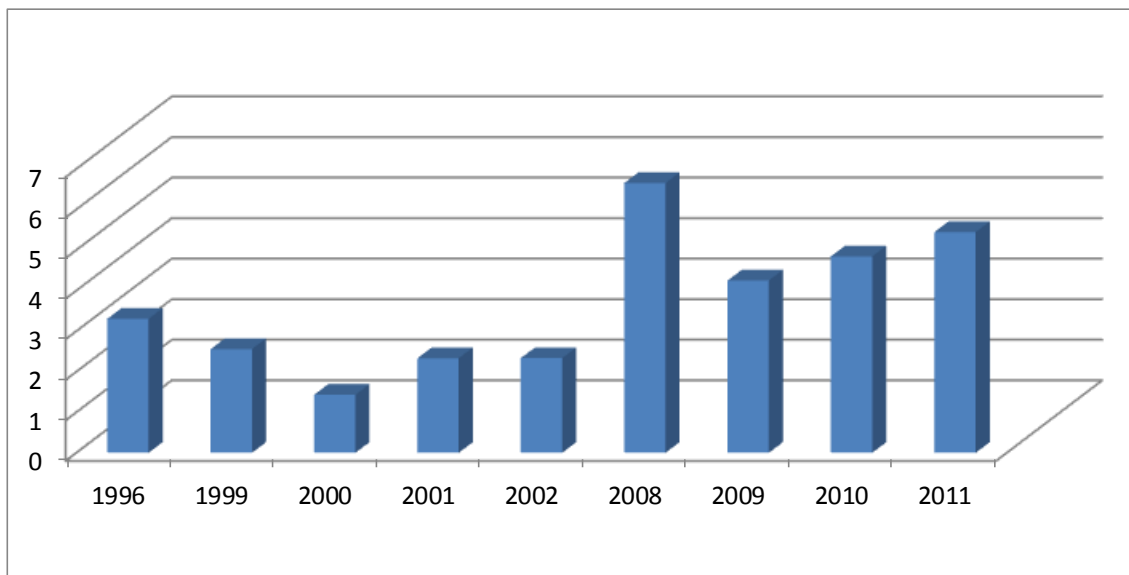


Рисунок 1.6 - Динаміка викидів в атмосферне повітря CO, 1996 – 2011 рр., тис.т

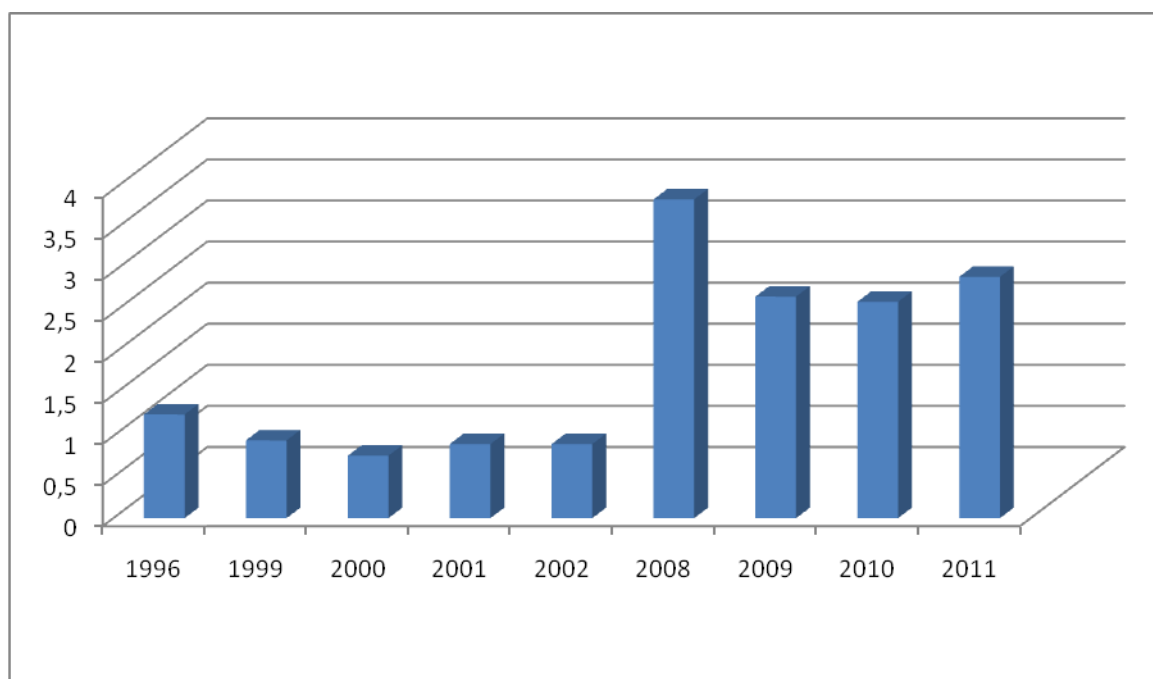


Рисунок 1.7 - Динаміка викидів в атмосферне повітря пилу, 1996 – 2011 рр., тис.т

Деяке збільшення обсягів викидів шкідливих домішок за останні три роки значною мірою обумовлене поступовим нарощуванням обсягів виробництва основних видів промислової продукції, поновленням роботи підприємств в умовах зношеності основних фондів, недосконалості технологічних процесів

базових галузей промисловості, недостатньою забезпеченістю останніх очисними спорудженнями для вловлювання й утилізації забруднюючих речовин.

Машинобудування за основними показниками є однією з головних ланок промисловості Одеси, що становить 24,3 % від загального внеску в забруднення повітряного басейну міста. Воно представлено 118 підприємствами [24] усіх стадій – заготівельного, основного, збирального, а також інструментального і метизного виробництва.

Основою машинобудівних і металообробних заводів і підприємств є виробництво лиття, штампувань і т.д. Одним з найбільш великих підприємств даної галузі економіки виступає Одеський завод «Центроліт», розташований у Куліндоровському промвузлі на північній окраїні міста, що і є найбільш потужним вкладником у формування забруднення повітряного басейну міста (валовий викид становить близько 779 т/рік).

До цієї категорії підприємств можна віднести також Завод сільськогосподарського машинобудування, Завод пресів і автоматів («Пресмаш»), заводи «Червона гвардія», «Будгіравліка», Радіально-свердлильних верстатів, Судноремонтний завод та ін.

Виробництво технологічного устаткування для харчової й легкої промисловості й поліграфії тісно пов'язане з місцевою сировинною базою й сферою споживання, тому кілька підприємств такого профілю одержали значний розвиток в Одесі. Це заводи продовольчого машинобудування, продовольчого устаткування: «Оріон», «Легмаш», «Поліграфмаш», «Харчопромавтоматика». Частина цього устаткування характеризується високою металоємністю, тому підприємства тісно пов'язані з місцевими заготівельними машинобудівними ланками й металургією Донбасу й Придніпров'я [25].

Важливе місце в промисловості Одеси займають великі підприємства хімічного машинобудування, що роблять кисневе, кріогенне устаткування, машини для автогенного різання металів: заводи «Автогенмаш», «Холодмаш», науково-виробниче об'єднання «Кисеньмаш».

Помітне місце в машинобудівному комплексі Одеси належить приладобудуванню, розвиток якого почався більш 100 років тому. Провідним підприємством приладобудування є об'єднання «Точмаш».

До приладобудівних виробництв відносяться також електротехнічні, представлені великим заводом «Одескабель», що випускають кабелі зв'язку, волоконно-оптичні кабелі, проведення освітлювальної мережі, шахтні кабелі, детонаторні шнури й інше устаткування для електромереж.

Значний вплив на забруднення повітряного басейну міста виявляє Військова частина (В/Ч 36981), розташована в південній частині міста. Підприємство займається ремонтом авіаційної техніки та займає два проммайданчики – власне територія заводу й іспитова станція реактивних двигунів.

У територіальному плані машинобудування Одеси розташоване надзвичайно дисперсно в межах планувальних майданчиків «Застава-1», «Застава-2», «Пересип», «Кулиндорово», «Південна», «Центральна», «Таїровська», «Порт» і ін. Більша частина великих машинобудівних заводів розміщена в північно-західному районі міста. Металомісткі підприємства близькі до залізничних ліній. Однак не всі заводи мають власні під'їзні колії і не обов'язково використовують найближчу залізничну вантажно-розвантажувальну станцію.

Приморське положення м. Одеси впливає не тільки на планування й зовнішній вигляд міста, але й на його економіку, на всі сторони життєдіяльності в цілому. Аналіз промислової структури Одеси показує, що безліч господарських сфер і служб, підприємств і установ прямо або побічно пов'язані з морем.

Морегосподарський комплекс міста являє собою досить складний міжгалузевий утвір, у якому сполучаються й взаємодіють різноманітні види й форми господарської діяльності, що використовують специфічний потенціал приморського положення [24,25].

Одеський морський торгівельний порт є одним з найбільших портів України, оснащений високопродуктивним перевантажувальним устаткуванням, має глибоководні причали, що дозволяють приймати й обробляти судна вантажопідйомністю понад 50 тис. тон. Розташований порт у північно-західній частині Одеської затоки. У порту здійснюються наступні види робіт:

- переробка вантажів – навалювальних (зернові, цукор-сирець, шроти, насіння різних культур, мінеральні добрива), наливних (нафта й нафтопродукти), генеральних (метали, вантажі в упакуваннях);

- приймання й очищення нафтовмістких баластових, наливних вод за повною схемою;

- технологічне обслуговування перевантажувальних комплексів, засобів малої механізації, автотранспорту.

Порт має 3 виробничі майданчики, розташовані один від одного на відстані від 1,5 до 2,5 км. Валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря становить 1533 т/рік.

У цілому більша частина антропогенних викидів в атмосферу міста пов'язана, як вказувалося вище, з діяльністю підприємств паливно-енергетичного комплексу. Їхній внесок у забруднення повітряного басейну міста становить 25,7 % (у цілому, для України – 35,1%). Основними вкладниками у формування забруднення атмосфери є, головним чином, підприємства: Одеська ТЕЦ, АТЗТ «Одестеплокомуненерго» і «Одеські теплові мережі».

Основним видом діяльності Одеської ТЕЦ є забезпечення електроенергією, парою, теплом промислових підприємств і житлових будинків, розташованих у межах міської границі. Дане підприємство має два проммайданчики, розташовані в Пересипському промисловому вузлі.

На майданчику №1 по вул. Церковній розміщуються котлотурбінний цех, водогрійна котельня й допоміжні підрозділи, що забезпечують виробничий процес. Паливом для казанів служить природний газ, річна витрата якого становить 150 млн. м³. На майданчику №2 по вул. Чорноморського козацтва

знаходяться промислова котельня, що працює на мазуті, й склад палива (мазуту). Валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря на даному підприємстві становить 1042,3 т/рік.

АТЗТ «Одестеплокомуненерго» об'єднує 29 котелень міста й ремонтно-механічну базу. Котельні розташовані по всій території міста й залежно від місця розташування розбиті на 5 експлуатаційних районів. Вони забезпечують населення міста теплопостачанням і гарячою водою. Усі котельні працюють на природному газі. Періодично проводиться електрозварювання електродами, газове різання магістралей і комунікацій. Валовий викид забруднюючих речовин становить 1433 т/рік.

Підприємство «Одеські теплові мережі» базується на 6 проммайданчиках, розосереджених у різних районах міста і являє собою районні котельні, які забезпечують теплом промислові підприємства й житлові будинки, розташовані в межах міської границі.

З підприємств будівельної галузі промисловості, що становить 12,3 % від загального числа антропогенних джерел, значний внесок у забруднення повітряного басейну вносять такі підприємства, як: цементний завод – ЗАТ «Одесацемент», розташоване на північній окраїні міста, ЗАТ «Промінь», що спеціалізується на випуску цегли керамічного й залізобетонних виробів, Куліндоровський завод залізобетонних виробів, Одеське дорожньо-будівельне управління – ВАТ «Дорбуд» і ін. У процесі виробництва будівельних матеріалів переробляється природна сировина (глина, пісок, вугілля), а самі процеси супроводжуються викидами в атмосферу значної кількості забруднюючих речовин.

Профіль промисловості Одеси історично визначався розвитком виробництва харчових продуктів. Головну роль у цьому зіграли фактори сільськогосподарського оточення й експортно-імпортних торговельних операцій на півдні країни. На даний час у харчовій індустрії виробляється більш чверті промислової продукції Одеси. Антропогенне навантаження даної галузі

промисловості представлено 49 підприємствами, що становить 10,9 % від загального внеску всіх підприємств у забруднення повітряного басейну міста [24]. Особливе значення серед них займають маслорізно-жирова, кондитерська, цукрова, плодоовочеконсервна, виноробна, чайна, тютюнова, макаронна промисловості, виробництво харчових концентратів, пиво-безалкогольних і лікєро-горілочаних напоїв. Важливу роль відіграють також хлібопекарська, борошномельна, м'ясна, молочна, дріжджова промисловість.

Більша частина підприємств харчової промисловості Одеси зосереджена в західному, приморському й Суворівському районах міста. Значний розвиток одержали вони й в інших районах, де харчова індустрія «вкраплена» у селитебну й рекреаційну забудову.

У виробництві споживчих товарів, у тому числі непродовольчих, найважливіше місце займають виробництва хімічної й нафтохімічної промисловості (середній внесок підприємств у забруднення повітряного басейну міста становить 15,5%), деревообробки (1,6%), легкої промисловості (0,8%) і ін. [24].

Більшість хімічних підприємств, особливо – суперфосфатний і лакофарбовий («Елак») заводи, а також, розташований на північний схід від Одеси на березі Малого Аджаликського лиману – Припортовий завод – є досить значними забруднювачами навколишнього природного середовища.

Одеський Припортовий Завод – підприємство з передовою технологією з виробництва й перевантаження аміаку й карбаміду – є одним з найбільших підприємств України. Проектна потужність по виробництву аміаку становить 120 тис. т. Валовий викид забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря, становить 1524,9 т/рік.

Одним з наймогутніших підприємств нафтохімічної промисловості є ВАТ «Одеський нафтопереробний завод (ОНПЗ) – Лукойл», розташований у північно-західній частині міста. Проектна потужність заводу – 3,8 млн. т/рік нафти, що переробляється. Валовий викид забруднюючих речовин становить 3989,9 т/рік.

Основна діяльність підприємства – виробництво бензинів, гасу технічного, реактивного й дизельного палива, мазуту паливного, нафтобітумів (будівельних, дорожніх, покрівельних), побутового зрідженого газу, сірки й ін. Здійснюється переробка Західносибірської нафти, яка виробляється на шести основних виробничих ділянках ОНПЗ. Зберігання сирової нафти й товарної продукції здійснюється в товарно-сировинному цеху.

У територіальному аспекті підприємства деревообробної й легкої промисловості розташовані, як правило, не в межах функціонально профільованих промислових майданчиків, а на «вбудованих», в основному, у селитебну забудову невеликих автономних майданчиків.

Легка промисловість представлена текстильним, швейним, шкіряним, взуттєвим, хутряним і іншими видами виробництв.

На інші галузі промисловості, що представлені санітарно-технічними спорудженнями й установами комунального призначення, включаючи автотранспортні підприємства, станції технічного обслуговування й автозаправні станції, а також підприємства й об'єкти сільськогосподарського призначення, доводиться 8,5 % від сумарного внеску всіх підприємств у забруднення атмосферного повітря. Дані підприємства, як правило, розосереджені по всій території міста й вносять значний вклад у забруднення повітряного басейну.

Виробничі процеси в кожній галузі характеризуються наявністю типових для неї викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

На машинобудівних підприємствах основними джерелами забруднення повітряного басейну є наступні види виробництва: зварювання й теплове різання металу, ливарне виробництво, механічна обробка металів, нанесення лакофарбових покриттів. При зварюванні й різанні металу в повітря виділяється зварювальний аерозоль, що містить у собі оксиди металів (заліза, марганцю, цинку, хрому, ванадію, міді тощо) у вигляді твердих часток, і газоподібні з'єднання (фтористий водень, оксид вуглецю, оксиди азоту, озон). При механічній обробці металу виділяється пил, стружка тощо.

Шкідливі домішки продуктів згоряння в теплоенергетиці по походженню класифікують на три групи: 1) домішки, утворення яких залежить від складу палива (діоксид сірки, зола); 2) домішки, утворення яких залежить від технології спалювання (оксиди азоту, оксид вуглецю, бенз-а-пирен); 3) інші джерела, не пов'язані зі спалюванням: запилення золівидвалів, випарювання вуглеводнів при зберіганні й перевезенні рідкого палива.

У результаті переробки нафтопродуктів виділяються діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, аерозолі, вуглеводні, аміак – при крекінгу; при спалюванні в смолоскипі – діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю.

На хімічних підприємствах до складу викидів входять аерозолі, оксиди сірки, оксиди азоту, вуглеводні, оксид вуглецю. Основними забруднювачами атмосфери при виробництві добрив є аерозолі, що містять з'єднання азоту, фосфору й фтору (аміак, формальдегід, фториди).

На підприємствах будівельної промисловості викиди відбуваються в процесі видобутку, зберігання, дроблення, дозування й транспортування вихідної сировини при випалі цегли, клінкера і його здрібнюванні, при фасовці й навантаженні цементу. В атмосферу викидаються аерозолі, фториди, пил і продукти згоряння, що містять діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю.

Основними джерелами забруднення атмосфери при виробництві залізобетонних виробів є місця розвантаження залізничних вагонів із цементом, піском і щебенем, місця завантаження цементу в ємності пневмотранспортером, видаткові бункери, бетонозмішувачі, ємності для готування й зберігання мастильних матеріалів, пости ручного й напівавтоматичного зварювання арматури.

При деревообробці в повітря виділяються: при механічній обробці деревини – ошурки, стружка, шліфувальний пил; при гарячому пресуванні, склеюванні й сушінню шпони – пари фенолу, формальдегіду, аміаку; при обробці виробів – пари ароматичних вуглеводнів.

Викиди шкідливих речовин на підприємствах харчової промисловості суттєво менше, ніж в інших видах виробництва. Вони обумовлені обробкою сухих сипучих продуктів (зерно, сіль, цукор, крупа, крохмаль) і термічною обробкою продуктів (копчення, варіння). Дими й викиди рідких часток, що утворюються в процесі термічної обробки, містять великі пилові частки. Одночасно ці процеси супроводжуються виділенням запахів.

1.3. Висновки до розділу 1

Таким чином, незважаючи на загальний спад виробництва, рівень антропогенного навантаження на повітряний басейн промислових міст та регіонів України залишається досить великим. Поряд із впливом стаціонарних джерел забруднення, вагомий внесок в забруднення повітряного басейну по всіх регіонах країни справляє автотранспорт і в більшості випадків перевищує 70%.

На стан забруднення повітряного басейну Одеської області значною мірою впливають викиди пересувних джерел. Їх внесок складає понад 82% від загальної кількості забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря. Об'єктивною причиною цього є значне зростання кількості приватного транспорту, незадовільний технічний стан автотранспорту через його значний вік, низька якість пального, відсутній дійовий контроль за його якістю та ін.

Стаціонарні джерела викидів представлені 547 підприємствами, що функціонують на території міста і у викидах яких містяться основні забруднюючі речовини (SO_2 , NO_2 , CO і пил).

Таким чином, наведені вище дані про забруднення атмосфери міста переконливо підтверджують безумовну актуальність проведення системних наукових досліджень антропогенного навантаження на повітряний басейн промислового міста.

2. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ПРОМИСЛОВИХ МІСТ

2.1 Вступ. Аналіз ефектів впливу антропогенних факторів на атмосферне повітря

Рівень забруднення атмосфери великого міста з розвиненою промисловістю визначається характеристиками джерел забруднення, у тому числі потужністю викидів інгредієнтів, здатністю повітряного середовища до розсіювання й системою природоохоронних заходів. В умовах стійкого стану граничного шару, коли інверсійна стратифікація температури поєднується з дуже малими швидкостями переносу повітря, відбувається накопичення шкідливих домішок у приземному шарі атмосфери навіть при таких режимах роботи промислових підприємств, коли фактичні викиди не перевищують гранично допустимих. Якщо такий стан атмосфери спостерігається протягом тривалого часу, то може відбутися істотне накопичення шкідливої домішки в районі її викиду.

Представляється, що й надалі реальною можливістю запобігання утворенню небезпечних для здоров'я населення концентрацій шкідливих домішок в атмосфері промислового міста буде залишатися шлях зменшення потужності викидів інгредієнтів промисловими підприємствами при несприятливих для розсіювання домішки метеорологічних умовах, а також раціональне їхнє розміщення на території міста.

В останні два десятиліття має місце досить успішне впровадження різних математичних і кібернетичних підходів до розв'язання географічних задач. Їхній послідовний розгляд виявляється зручним у рамках системного підходу. Із цих позицій аналіз впливу антропогенних факторів на навколишнє природне середовище (НПС), зокрема, атмосферну систему промислових міст може бути виконаний на основі багатоетапного системного підходу [26].

Перший етап, припускає попередній аналіз численних впливів у досліджуваних системах, аналіз відгуку на відповідні впливи (зміна екологічного стану, видозміна й загибель окремих підсистем загальної системи тощо), що включає й визначення різних видів збитку від впливу, виявлення критичних факторів впливу або комбінації декількох факторів і найбільш чутливих елементів біосфери.

На другому етапі вирішується комплекс завдань, пов'язаних з ідентифікацією екологічно припустимих впливів і антропогенних навантажень. Зрозуміло, що, у першу чергу, при моделюванні взаємодії «повітряний басейн промислового міста – забруднюючі речовини» мова йде про допустимі впливи на людину. Тут принциповими стають фактори комплексного й комбінованого впливу і санітарно-гігієнічних вимог до якості середовища. Інакше кажучи, якщо перший етап спрямований на здійснення аналізу ефектів впливу різних факторів і наслідків цих впливів, то другий етап аналізу має на увазі визначення припустимих впливів на елементи біосфери (на різних рівнях) і вироблення екологічних норм (критеріїв) допустимих навантажень [26].

У деяких випадках навантаження можна ідентифікувати із впливом: наприклад, концентрація якої-небудь токсичної речовини в організмі людини, з одного боку, є чинником внутрішнього впливу на даний організм, а з іншого боку – цю концентрацію можна прийняти за величину, що характеризує навантаження на організм.

Зовнішнє поле концентрацій є лише фактором впливу, а не навантаженням на даний організм (навантаження буде залежати від часу перебування організму в забрудненому середовищі, шляхів надходження забруднювачів та інших речовин в організм і т.д.).

Очевидно, за допустиме слід прийняти таке навантаження, яке не повинно викликати небажаних наслідків, змін в організмів, що живуть на землі (і біоценозів) і, звичайно, у першу чергу, в людини, а також не призведе до погіршення (будь-якого або істотного) якості природного середовища [27–33].

Третім етапом всебічного аналізу є визначення з еколого-економічних позицій припустимих навантажень на область, регіон з врахуванням різних економічних аспектів, у тому числі, з урахуванням співвідношень витрати–вигоди. Цей етап відрізняється більшою розмаїтістю й значно визначає вироблення стратегії керування й використання природних ресурсів, включаючи розробку строгої концепції ліквідації й обмеження основних джерел забруднюючих атмосферу промислового міста впливів.

Слід зазначити, що в нових соціально-економічних умовах (кінець ХХ – початок ХХІ сторіччя) традиційно використовувані ще із часів СРСР норми гранично-допустимих викидів у навколишнє середовище, а також відповідні кількісні критерії, на нашу думку, вимагають перегляду й корегування.

Екологічне регулювання антропогенних впливів повинне починатися з визначення припустимих впливів і навантажень на екосистеми й природне середовище на різних рівнях. Тому важливим кроком у процесі нормування є вироблення критеріїв, спрямованих на обмеження джерел впливу і ослаблення ефектів впливу.

Сюди відноситься й санітарно-гігієнічне нормування за умови, якщо воно здійснюється комплексно – з урахуванням впливів безлічі факторів, у різних середовищах і від усіх існуючих джерел [34–39].

Одним із заключних етапів нормування є введення норм на викиди, джерела впливу тощо. Зрозуміло, проблема вироблення оптимальної стратегії регулювання якості природного середовища промислових міст і районів неодмінно повинна містити в собі й врахування економічних аспектів. Підсумовуючи сказане, можна відзначити, що вироблення всіх зазначених вище критеріїв у рамках єдиного системного підходу повинно проводитися із санітарно-гігієнічних і екологічних позицій; окремою ланкою є вироблення критеріїв з еколого-економічних позицій, що враховує економічні ефекти використання критеріїв і економічні можливості [40].

2.2. Методи аналізу просторової структури рівня забруднення повітряного басейну промислових міст і районів

2. 2. 1. Системно-екологічні, гідродинамічні й статистичні моделі аналізу забруднення атмосферного повітря

Незважаючи на численні спроби розв'язання задач в області аналізу просторової структури рівня забруднення повітряного басейну промислових міст і районів, на сьогоднішній день ситуація характеризується станом, далеким від задовільного. Серед основних підходів до розв'язання зазначеного класу задач, можна виділити системно-географічні (системно-екологічні), гідродинамічні (моделі типу «факелу», «молекулярної дифузії», «дрібної води», «рівняння гідродинаміки приземного шару»), ймовірно-статистичні підходи, а також численні якісні підходи [41–43].

У роботі [44] представлені результати розробки науково-методичного програмного комплексу, названого ISM, що дозволяє виконати розрахунки просторової структури рівня забруднення повітряного басейну промислових міст і районів шляхом імітаційного моделювання процесу поширення домішок. Проведені [44] дослідження з наступних основних напрямків:

- аналіз методів моделювання й дослідження забруднення повітряного басейну викидами промислових підприємств;

- розробка методів подання результатів розрахунків за допомогою усереднених характеристик стану повітряного басейну у вигляді графічних образів;

- розробка спеціалізованої системи керування базою даних, призначеною для ведення бази даних про джерела викидів, їхні характеристики і метеорологічні умови;

- розробка інтерактивного інтерфейсу користувача (фахівця-еколога) із системою ISM.

Застосування комплексу ISM в області охорони навколишнього середовища

дозволило:

1) досліджувати просторову конфігурацію полів забруднення повітря, розрахованих за результатами натурних спостережень;

2) виявляти джерела викидів, що визначають основний внесок у забруднення окремих районів досліджуваної території при різних метеорологічних умовах;

3) визначати небезпечні швидкості й напрямки вітру;

4) рекомендувати заходи щодо зниження об'єму викидів при несприятливих метеорологічних умовах.

Відзначено можливість ефективного використання ISM у локальних системах моніторингу службами Мінприроди, екологічними службами підприємств, а також для навчальних цілей. Ряд недоліків, відзначених авторами, полягає в недостатньо високій ступені надійності прогнозу, складностях калібрування даних, використанні по суті найпростіших моделей типу моделі «факела», що неадекватно відбивають динаміку поширення шкідливих домішок в атмосфері промислових міст.

У роботі [45] запропонована методика оцінки стану навколишнього середовища, що узагальнює комплексний показник якості навколишнього середовища й розрахунки розсіювання шкідливих речовин в атмосфері. Такий підхід дозволяє оцінити екологічний стан атмосфери з використанням доступної інформації й ступінь екологічного ризику при техногенному впливі передбачуваної діяльності для певної території. Методика рекомендується до використання при відсутності системи регіонального моніторингу.

Оцінка стану повітряного басейну розглянута в роботах [46–48], у яких проведено ряд досліджень, присвячених даній проблемі. У роботі [49] проведена додаткова апробація рекомендованого раніше Головною геофізичною обсерваторією (ГГО) ім. А. И. Воейкова алгоритму інтерполяції фонових концентрацій по території міста, реалізованого в уніфікованих програмах розрахунку забруднення атмосфери, що базуються на ЗНД–86 [50]. Показано

можливість удосконалення цього алгоритму з урахуванням просторової мінливості фонових концентрацій і розміщення постів спостережень за забрудненням атмосферного повітря.

Розсіювання забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря, підкоряється законам турбулентної дифузії [51]. На процес їхнього розсіювання істотний вплив справляють наступні фактори: стан атмосфери, фізичні й хімічні властивості речовин, що викидаються, характеристики джерел викидів, їх розташування, рельєф місцевості.

У кількісному відношенні зміна вмісту домішок в атмосфері в часі і просторі описується рівнянням переносу домішок, що є одним з основних у динаміці домішок [46, 50–55].

Як показано в [55], в основу прогностичної гідродинамічної моделі, що дозволяє розрахувати поля концентрацій на різних рівнях у межах граничного шару атмосфери міста, дозволяє система рівнянь мезометеорології. Мезометеорологічна задача формується шляхом виділення збурень мезомаштабу й реалізації моделі в умовах досить густої регулярної сітки точок. Задача є досить громіздкою навіть у випадку порівняно простої параметризації турбулентності в граничному шарі атмосфери, припущенні про нульові фонові характеристики руху атмосфери й наявності лише одного точкового джерела забруднення. У дійсності фонові характеристики необхідно враховувати, тому що вони визначають умови на краях дрібномасштабної сітки мезометеорологічної задачі. Фонові характеристики, якщо мова йде про прогноз рівнів забруднення атмосфери, повинні бути отримані в результаті чисельного прогнозу метеорологічних полів на основі моделі, побудованої для процесів синоптичного масштабу. Якщо ж ставити питання про опис граничного шару за допомогою рівнянь гідродинаміки за умови врахування різноманітної структури цього шару повітря, особливостей міської забудови, рельєфу, то стане ясно, наскільки невизначеною і громіздкою буде така модель.

Варто мати на увазі, що на території великого промислового міста розташовується не один або два, як це розглядається в роботі [55], стаціонарних

джерела забруднення, а велике їхнє число (десятки, а іноді й сотні). Вони відповідним чином розміщені в межах міста. Кожний з них вносить вклад у формування полів концентрацій інгредієнтів, що, при даній структурі граничного шару атмосфери, залежить від технологічних параметрів джерела. Все це визначає дуже складний характер полів концентрацій інгредієнтів, більшу їхню мінливість, що не можливо врахувати в рамках навіть досить складних гідродинамічних моделей.

У роботі [55] також був запропонований підхід до оцінки антропогенного навантаження на атмосферу міста, яка пов'язана з розміщенням нових промислових об'єктів, що викидають в атмосферу шкідливі аерозолі, з урахуванням вимог мінімального забруднення прилеглих населених пунктів, зон відпочинку, сільськогосподарських угідь та інших екологічно важливих об'єктів.

Був розглянутий також і інший аспект проблеми. Передбачалося, що всі промислові підприємства в даному районі вже існують і викидають в атмосферу задану кількість шкідливих аерозолів. Завдання полягає у визначенні для кожного підприємства такої припустимої кількості аерозолів, що викидаються, щоб їхня сума не перевищувала санітарно припустимих норм. У той же час істотно занижувати сумарні викиди не можна, оскільки це призведе до зниження економічних показників діяльності індустріальних об'єктів. Таким чином, мова йде про такі обмеження на викиди, які все-ж забезпечують максимум економічного ефекту при заданих обмеженнях.

Інакше кажучи, проблема оптимального розміщення промислових підприємств у зонах екологічної активності розглядалася з урахуванням мінімального рівня їхніх забруднень. При цьому аерозоль передбачався пасивним, тобто не перехідним у процесі переносу й дифузії в інші, можливо, більш токсичні форми. Аналогічним чином розглядалася й оптимізаційна проблема рівнів викиду аерозолів діючих промислових підприємств, що забезпечують мінімальне забруднення в рамках заданої економічної ефективності підприємств.

У зв'язку із цим була також розглянута більш загальна постановка задачі: викиди промислових підприємств складаються з декількох компонентів аерозолів, частина яких під впливом водяної пари в атмосфері, кисню, азоту й інших сполук утворює ланцюжок послідовно перетворюючихся хімічних речовин різної токсичності.

Згідно [56] статистичний аналіз стану атмосферного повітря великого промислового міста повинен бути комплексним. Під комплексністю аналізу розуміється послідовне використання ряду статистичних процедур. Насамперед, необхідно здійснити перевірку статистичних гіпотез про однорідність рядів концентрацій інгредієнтів, отриманих шляхом відповідних вимірів на контрольно-вимірювальних постах (КВП) моніторингової мережі міста. Це дає можливість, по-перше, виділити для кожного інгредієнта райони, однорідні за рівнем і динамікою забруднення, і, по-друге, встановити періоди року з однорідною статистичною структурою рядів концентрацій. Проведений у такий спосіб аналіз часових рядів дає можливість одержати для подальших досліджень представницькі статистичні сукупності, навіть із урахуванням різних типів атмосферних процесів. Наступним етапом комплексного статистичного аналізу стану повітряного басейну міста є дослідження статистичної структури часових рядів концентрацій інгредієнтів. Застосовувані при цьому по суті лінійні методи певною мірою дають можливість виявити періодичності, що містяться в досліджуваних випадкових послідовностях, і зробити їхній фізичний аналіз, встановити тенденції процесів промислового забруднення атмосфери, особливості часових кореляційних зв'язків. На основі методів багатомірного статистичного аналізу вдається провести обчислення характеристик просторово-часової структури полів концентрацій шкідливих домішок і сформулювати деякі найпростіші фізичні механізми динаміки досліджуваних процесів. Неодмінною умовою для їхнього використання є організація й функціонування на території промислового міста досить розгалуженої мережі КВП [56, 57–59]. Отримані на основі вимірів дані по часових рядах концентрацій шкідливих домішок повинні

бути статистично досить довгими. Далі передбачається для обчислення полів концентрацій побудова моделі у вигляді системи рівнянь множинної регресії, у яких в якості предиктантів виступають головні компоненти полів концентрацій інгредієнта[60].

У роботі [61] завдання опису поля концентрації забруднюючої речовини у двометровому приземному шарі зводиться до знаходження розподілу забруднюючих речовин у сліді за пересувним джерелом забруднення, на поверхні якого розташовується пристрій для витікання газоповітряної суміші в навколишнє повітряне середовище, що обтікає джерело забруднюючих речовин.

Формулюючи завдання про закономірності зміни концентрації в сліді за джерелом викиду забруднюючої речовини, варто скористатися відомими положеннями теоретичної гідродинаміки [62]. Тут показано, що при наявності значення швидкості руху джерела, відмінної від нуля, присутність забруднюючих речовин, – тим більше в 2-х метровому шарі над поверхнею землі, – може бути виявлено лише за джерелом, що переміщається в просторі, якщо висота досліджуваного потоку більше 2 м.

У результаті розв'язання задачі було встановлено, що концентрація забруднюючих речовин «у сліді» за дизельною пересувною установкою, що переміщається в просторі зі швидкістю більше 10 м/с, досить швидко убуває до значень порівнянних із гранично-допустимою концентрацією (ГДК). Отже, викиди їх у цьому випадку повинні нормуватися в якості гранично-допустимих викидів (ГДВ).

В [63] запропонований економічний і достатньо надійний метод визначення координат миттєвого точкового джерела аерозольних домішок і кількості викинутої речовини, що вимірювалась у декількох точках простору. Він заснований на розв'язанні об'єднаного рівняння турбулентної дифузії. Розглянуто два приклади. У першому розподіл домішки відбувається над однорідною підстилаючою поверхнею. У другому – з урахуванням реального рельєфу місцевості, міської забудови, зелених масивів, водойм. Розрахунки над

площею з однорідною підстилаючою поверхнею дають гарні результати вже при двох контрольних точках, де вимірюється інтегральна концентрація домішки. При моделюванні розподілу над реальним рельєфом виходять оцінки менш точні, але цілком задовільні для практичного використання.

Проте, незважаючи на очевидну корисність зазначених вище методик, практично всі вони володіють рядом недоліків. Істотний недолік виконаних у цьому напрямку робіт пов'язаний з використанням по суті лінійних фізичних моделей, що не враховують адекватно істотно нелінійну, хаотичну структуру динаміки поширення домішок у повітряному басейні промислового міста.

У монографії [64] досліджені економіко-математичні проблеми моделювання, оптимізації й прогнозування регіональних економіко-екологічних систем. Дано аналіз структури організаційно-господарського механізму й обґрунтовано підхід до моделювання регіону сімейством взаємозалежних задач оптимізації спеціального виду. Викладено метод моделювання розвитку структури регіону, заснований на використанні обчислювальних машин, формальних граматики і пошукових методів оптимізації.

Об'єктивну оцінку внеску окремого підприємства в загальне забруднення шкідливими домішками атмосфери промислового міста можна одержати за допомогою коефіцієнта участі. При цьому розглядаються два підходи [65]. Один з підходів заснований на тім, що за допомогою компонентного аналізу [56] сумарна дисперсія полів концентрацій інгредієнта розкладається на складові, кожна з яких характеризує внесок певного джерела викидів у сумарну дисперсію поля. Тоді коефіцієнт участі підприємства у відносних одиницях являє собою частку сумарної дисперсії інгредієнта, що належить до цього підприємства й може розглядатися як міра внеску підприємства у формування полів концентрації інгредієнта в атмосфері міста. Цей метод може бути застосований, якщо на території міста є добре організована мережа КВП. У випадку, коли мережа КВП у місті відсутня, може бути використаний інший підхід. У цьому випадку коефіцієнт участі підприємства в забрудненні атмосфери розглядається як частка

від розподілу сумарної відносно всіх об'єктів, що знаходяться під впливом цього підприємства, функції небезпеки викидів на загальну для всіх підприємств функцію небезпеки. Функція небезпеки представляється як добуток концентрації інгредієнта, що створюється підприємством у районі розташування об'єкта, на показник відносної небезпеки для об'єкта забруднення атмосферного повітря шкідливою домішкою.

На сьогоднішній день найбільш актуальною стає проблема забруднення навколишнього природного середовища, зокрема, атмосфери великого міста, викидами автотранспорту. По суті, у забруднення повітряного басейну основний внесок, поряд із промисловістю, вносить саме автотранспорт, зі зростаючим парком автомобілів. Протягом останніх років відзначається збільшення викидів автотранспортом в атмосферу забруднюючих речовин майже у всіх містах України й становить 65–94 % від загальної кількості викидів у цих містах [49].

У роботі [66] запропонована модель конвективного переносу й дифузії речовин основного циклу фотохімічних реакцій у випадку наявності інформації про поле вітру за даними окремих метеорологічних станцій. У якості вихідних даних виступають продукти викидів міського автотранспорту – оксиди азоту. Вивчення розподілу приземних концентрацій озону виконується на основі чисельного рішення багатомірної задачі конвективної дифузії, що включає чотири реакції озон – NO_x – циклу. Емісійна модель ураховує вплив часу доби й дня тижня на режим джерел. Модель використана для розрахунку вмісту озону на вулицях центра м. Москви (Росія). Показано, що максимальні концентрації припадають на полудень і перевищують норматив ГДК. У ряді районів можуть виникнути й більш високі концентрації через несприятливий для розсіювання домішок антропогенний рельєф. Керування інженерною техногенною системою «автодорога–автотранспорт» включає врахування її впливу на природні комплекси й вимагає виявлення механізмів і зв'язків у цій системі [67].

Параметри конструкції автомобільних доріг регламентовані їхніми технічними категоріями, але транспортне навантаження на автомобільні дороги

дотепер не нормовані.

Фахівцями відділення транспортної екології НДІАТ (Росія) розроблений комплекс методик для розрахунків викидів CO, NO_x, C_xH_y, SO₂, сажі й свинцю від автотранспортних підприємств, від автотранспортних засобів для регіональних оцінок у місті, області й т.д. і, нарешті, від автотранспорту безпосередньо у вулично-дорожній мережі міст [67]. Остання методика враховує склад, інтенсивність транспортного потоку та режим руху. Користуючись цією методикою, на підставі даних про склад автотранспортних засобів у Москві, автори одержали середньозважені значення пробігових викидів забруднюючих речовин для різних швидкісних режимів потоків автомобілів, викидів на зупинку (гальмування й розгін) і викидів при роботі двигунів на холостому ході. При розрахунках забруднень повітря в пришляхових зонах дуже важливо враховувати, що усередині міста на перехрестях з недостатньою пропускнуою здатністю при заторах викид шкідливих речовин перевищує викид на перегонах (пробіговий), і сама структура викидів міняється. У НДІАТ (Росія) розроблена також методика, що дозволяє оцінити роздільно викид NO і NO₂, що вкрай важливо для екологічних оцінок, оскільки оксид азоту менш токсичний, ніж діоксид [67].

Спеціальна галузь метеорології розробляє методологічні аспекти оцінки забруднення атмосферного повітря при функціонуванні стаціонарних і лінійних джерел забруднюючих речовин. Як в Україні, так і в країнах Західної Європи, ці дослідження розвивалися успішно й привели до створення моделей поширення забруднювачів у повітрі. Для надскладних багатofакторних систем, таких як «автомобільна дорога – автомобільний транспорт – природа», поки досить повно не описані закономірності їхнього функціонування. Це гальмує створення системи екологічного моніторингу автомобільних доріг і пришляхових екосистем і на їхній основі – моделі ідеальної автодороги.

Створені моделі емпіричного, напівемпіричного й статистичного характеру призначені для виявлення зв'язків між забрудненням повітря над полотном

дороги токсикантами, параметрами транспортних потоків, елементами плану дороги й метеофакторами. Вони побудовані на розв'язанні рівнянь регресії для концентрацій газів залежно від будь-якого числа інших факторів (параметрів дороги та ін.) і не істотно відрізняються між собою. Багатомірні моделі дозволяють враховувати транспорт, що рухається, як важливу складову забруднення атмосферного повітря [67].

В «дифузійних» моделях зазвичай розглядаються конкретні умови забруднення – погодні, рельєфні, містобудівні (щільність забудови, система перехресть тощо) та інші. У цих моделях використовуються відомі в прикладній математиці рівняння, що описують поширення забруднюючих речовин. Було показано, що в потоці автотранспортних засобів, що рухаються, при відсутності вітру йде саморозсіювання домішок у повітрі на відстань до 30 м від краю автомобільної дороги за рахунок перемішування шлейфа відпрацьованих газів транспортними засобами. Створено математичні моделі для порівняльної оцінки інтенсивності забруднення пришляхової зони відпрацьованими газами, автомобілів певної марки. Якщо відомий склад транспортного потоку, то така модель допомагає визначити середній рівень забруднення навколишнього середовища від одного автотранспортного засобу.

Запропонована також модель типу «доза–ефект», що описує просторовий ефект впливу атмосферних фітотоксикантів на рослини в природних умовах. Швидкість і напрямок пануючого вітру грають у цій моделі ключову роль. У цій роботі модель типу «доза–ефект» розглядається як засіб розв'язання задачі прогнозування розсіювання атмосферних фітотоксикантів у просторі й відповідно їхнього впливу на рослини [67]. Таким чином, практична реалізація схеми оцінки впливу на навколишнє середовище виявляється ефективною технологією, що дозволяє при невеликих витратах одержувати адекватну оцінку й прогноз впливу автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище.

Наукові розробки в області екологічного нормування стали особливо актуальними в останні роки у зв'язку із проблемою транскордонного забруднення

повітря [68–83]. Серед таких факторів забруднення повітря регіонального й глобального масштабів особливо істотний вплив на екосистеми суші потенційно можуть справляти озон, діоксид сірки і діоксид азоту [69, 76 – 78]. Ці речовини роблять як прямий вплив на рослини, так і непрямий, змінюючи характер сухих і вологих випадань із атмосфери [79].

У серії робіт [84–85] започаткована спроба розробки нового методу визначення стандарту чистого повітря в різних регіонах Землі на основі вивчення фрактальної природи генезису атмосферних аерозольних часток і аналізу експериментальних даних, що отримані Японською національною мережею станцій по контролю за повітрям в 1974–1996 р. і в незалежних експериментах, одночасно проведених у районі Любляни (Словенія), Одеси (Україна) і Української антарктичної станції “Академік Вернадський”. У шуканих вимірах за допомогою традиційного методу фіксації атмосферних аерозолів на ядерних фільтрах і k_0 -інструментального нейтронно-активаційного аналізу визначався концентраційний склад атмосферного повітря. Показано, що розв’язання системи нелінійних рівнянь, що містить перші моменти (середнє й дисперсію) логнормального й нормального розподілів, дозволяє відновити мультифрактальну функцію й спектр фрактальних розмірностей окремої аерозольної частки, які є глобальними характеристиками генезису атмосферного аерозолу й не залежать від локального місця реєстрації. Також показано, що постійний моніторинг аерозольних характеристик у районі Південного полюса, як стандарту щодо чистого середовища, і великих міст, як потужних антропогенних джерел забруднень, дає можливість визначати відносні тенденції зміни хімічного і дисперсного складу аерозольних забруднень.

2.2.2. Нові географо-математичні підходи в задачах моделювання поширення шкідливих домішок в атмосфері. Якісні аспекти

В останнє десятиліття у зв'язку з розвитком теорій стохастичних

динамічних систем і теорії хаосу стає актуальним використання методів цих теорій у задачах прикладної екології, метеорології, гідрології, соціально-економічної географії тощо (див., наприклад, [86–124]). У цьому контексті до числа перспективних напрямків досліджень треба віднести використання нелінійних фізико-статистичних методів (методи мультифрактального моделювання, теорії хаосу й оптимального керування, якісної теорії диференціальних рівнянь та ін.) і розвиток на їхній основі принципово нових підходів до моделювання просторово-часової структури полів концентрації домішок в атмосфері. Особливо перспективним з погляду не тільки аналізу, але й прогнозування є розробка моделей аналізу й прогнозу на основі фундаментальних положень теорії хаосу. У сучасній теорії стохастичних динамічних систем часовий ряд розглядається як реалізація випадкового процесу, коли випадковість є результатом складного руху з багатьма незалежними ступенями свободи. Альтернативою випадковості є феномен хаосу, що може мати місце як у найпростіших детерміністичних системах, так і досить складних стохастичних системах. Строго показано, що хаотичний режим у детерміністичних динамічних системах є також, по суті, нелінійним явищем.

При цьому фундаментальну роль грає притаманна всім хаотичним системам властивість радикальної зміни динаміки системи у фазовому просторі залежно від зміни початкових умов. Для так званих дисипативних систем їхня динаміка реалізується в обмеженій області фазового простору станів, зазвичай званого дивним аттрактором. При цьому для часових характеристик динамічних змінних аттракторних систем виявляється характерним фактично стохастичний режим. Лоренц [91] спробував стосовно до метеорологічних завдань досліджувати чутливість атмосферної системи до змін початкових умов на прикладі простої нелінійної моделі з урахуванням елементів конвекції. Аттрактор Лоренца розрахований на основі усього трьох ступенів свободи – три звичайних диференціальних рівняння, три константи й три початкові умови. Однак, незважаючи на свою простоту, система Лоренца поводить

псевдовипадковим (хаотичним) чином. Змоделювавши свою систему на комп'ютері, Лоренц виявив причину її хаотичного поведіння – різницю в початкових умовах. Навіть мікроскопічне відхилення двох систем на самому початку в процесі еволюції призводило до експонентного накопичення похибок і відповідно їх стохастичним розбіжностям. Найважливішим висновком подібних досліджень став доказ істотної ролі нелінійні взаємодії й аналіз можливостей (точніше неможливості) прогнозування істотно хаотичних систем. Хоча хаос установлює фундаментальне обмеження на довгостроковий прогноз (це твердження одержало назву парадокса Лоренца), він може використовуватися для короткострокового прогнозу: дані, що виглядають випадковими, можуть містити в собі прості детерміністичні взаємозв'язки, що мають тільки кілька ступенів свободи. Ці обставини багато в чому прояснили, чому добре розроблені лінійні методи, що традиційно широко застосовуються в прикладній математиці й численних додатках в області фізико-математичних, географічних і та інших наук, виявилися вкрай наближеними й неадекватними у вивченні динаміки хаотичних динамічних систем. Враховуючи, що в основному системи гідрометеорології, екології тощо відносяться до хаотичного типу, стає ясным, що їхній адекватний опис повинен базуватися на методах аналізу й моделювання хаотичних систем, що заміняють традиційні лінійні методи. У класичній теорії хаосу довгий час домінуючим був напрямок, що базується на апараті якісних систем звичайних нелінійних диференціальних рівнянь із хаотичним режимом, який реалізується [90–104]. При цьому вкрай корисними виявилися поняття біфуркації й стійких і нестійких різноманіть. Серед додатків теорії, об'єднаних з натурними експериментами, варто особливо виділити дослідження турбулентних потоків типу Куєтта–Тейлора, вивчення феномена хаосу в кліматичних часових рядах [98–100], астрофізичних моделях [101], гідродинаміці [102], економіці [103], медицині [104].

Паралельно з теорією хаосу, спочатку як окремий напрямок, а потім в органічному зв'язку з феноменом хаосу розвивався апарат фрактального й

мультифрактального моделювання. Хоча фактично уявлення про фрактали було уведено ще в кінці 19 століття, тільки в 70-роках ХХ сторіччя Мандельброт [105] явно визначив фрактальні об'єкти як об'єкти із властивостями самоподоби. У теорії хаосу згадані вище дивні аттрактори фактично являють собою мультифрактальні об'єкти з відповідними геометричними структурами у фазовому просторі. Однак спроби опису таких складних систем методами лінійного аналізу виявилися безуспішними. Наприклад, проста скалярна нелінійна система, відома під назвою логістичного відображення, й використана для моделювання біологічних популяцій [106], дає в результаті часовий ряд із такою ж самою автокорреляційною функцією, що і в білого шуму. Аналогічні результати отримані при аналізі ряду екологічних і еволюційних моделей. Тому виникає питання: чим же відрізняються хаотичні й стохастичні системи? Відповісти на нього коротко зовсім непросто (див. [107]), хоча можна прийняти положення про те, що хаотичними є низькорозмірні системи з позитивними значеннями так званих показників Ляпунова.

За останні два десятиліття з'явилася безліч досліджень у різних галузях науки, у яких положення теорії хаосу й фракталів застосовувалися до різних динамічних систем [86–153, 88–90, 92, 93, 103, 107–120, 170, 171]).

В той же час, вивчення хаотичних режимів у часових рядах концентрацій забруднюючих речовин украй нечисленні, а результати цих досліджень не представляються однозначними. У статті Ланфреді й Маччіато [121] наведені результати моделювання часової динаміки трьох складових атмосферного повітря (NO_2 , CO , O_3), однак автори не змогли визначити наявність у відповідних часових рядах елементів низькорозмірного хаосу. У статті Челани [122] наведені результати моделювання часової динаміки концентрацій пилу, що демонструють ефект низькорозмірного хаосу, однак для прогнозу автор використовував метод штучних нейромереж. У наших роботах [170,171,177], а також у роботах Глушкова, Русова, Палуша та ін. [123, 178–183] показано, що застосування нелінійних методів в задачах аналізу й у певному сенсі прогнозування динаміки

флуктуації концентрації різних газів в атмосфері, зокрема, озону, у принципі може забезпечити високий ступінь вірогідності опису і прогнозу.

Одже розглянемо більш детально використаний нами новий кількісний підхід до моделювання динаміки розподілу забруднюючих речовин в атмосфері промислових міст і районів і відповідної оцінки впливу і прогнозування антропогенного навантаження промислового міста на екологічний стан повітряного басейну.

2.3. Новий нелінійно-хаотичний підхід до аналізу екологічного стану повітряного басейну промислового міста

Суть і деталі нового підходу викладено у наших роботах [170,171,177, 184–186,192,196,197,202–204,207,208], тому тут наведемо основні положення і метод.

Виходячи з [184–186, 208] попередньо відзначимо, що дослідження потенційно хаотичних екологічних систем (у нашому випадку динаміки розподілу забруднюючих речовин і шкідливих домішок у повітряному басейні промислових міст і районів) може бути розділене на наступні процедури: первинний аналіз і обробка екологічних даних, формулювання моделі аналізу й підготовка відповідних масивів даних по часових рядах і, у принципі, просторовому розподілу речовин, ідентифікація елементів хаотичного режиму у відповідних рядах екологічних даних, реконструкція фазового простору для системи просторово-часового розподілу концентрації речовин, класифікація часових рядів і, нарешті, побудова ефективної, максимально достовірної моделі прогнозу еволюції концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері промислового міста.

Важливо підкреслити, що екологічна динамічна система є нелінійною, застосування лінійних методів аналізу, перетворення Фур'є й т.п. не завжди може дати задовільний результат, як у випадку лінійної системи. Пов'язано це з тим, що процеси, які призводять до хаотичного режиму, є фундаментально

багатомірними. Саме ці обставини є характерними для динаміки розподілу шкідливих домішок у повітряному басейні промислового міста. Тому очевидно є необхідність розв'язання вкрай складної в математичному аспекті задачі відновлення фазового простору системи.

Зазначені вище чотири процедури дуже важливі, тому що при їхній реалізації хаотичні системи відрізняються від стохастичних, а також визначаються ступінь свободи й комплексність екологічної системи. Грунтуючись на результатах реалізації цих процедур, далі порівняно легко можуть бути реалізовані й ті, що залишилися. У світлі сказаного важливо підкреслити, що наступний нелінійний короткостроковий аналіз і прогноз еволюції концентрацій шкідливих домішок в атмосфері промислового міста, у принципі, можливий, однак, далеко не завжди часові ряди концентрацій інгредієнтів проявляють хаотичний режим, а для деяких з них (стохастичних систем), більш раціонально використовувати класичні методи аналізу.

Почнемо виклад підходу з розгляду основної динамічної характеристики системи розподілу забруднюючих речовин в атмосфері промислового міста, а саме концентрації забруднюючих речовин. Спочатку слід розглядати шукану характеристику як функцію часового аргументу: $s(t)$. Оскільки, як правило, дані натурних спостережень представляються у вигляді масиву даних, дискретизованого по елементарному інтервалу часу (часу зняття показань, спостереження), можна визначати концентрацію як скалярну вимірювану величину $s(t_0 + n\Delta t) = s(n)$, де t_0 – деякий початковий момент часу, Δt – часовий інтервал, через який здійснюється n вимірів, $n = 1, 2, 3, \dots$. Первинний аналіз і обробка екологічних даних, підготовка відповідних масивів даних по часових рядах і, у принципі, просторовому розподілу речовин являють собою добре відпрацьовані в екології процедури. Значно більшої складності є завдання ідентифікації в шуканих часових рядах концентрацій елементів хаосу [184, 186]. Для цього вирішується завдання відновлення на основі даних екологічних вимірів $s(n)$ фазового простору системи, що володіє, у принципі, нескінченним числом

ступенів свободи.

Доречно нагадати, що для динамічних систем прийнятим представленням розвитку процесу в часі є побудова «портрету» у фазовому просторі. Мова, по суті, йде про простір, координатами якого є змінні, у нашому випадку, екологічного стану. Нелінійна динамічна система зазвичай характеризується так званим дивним аттрактором. По визначенню, це множина, що притягує у фазовому просторі, у якому розташовані хаотичні траєкторії. Оскільки в основі фізичних механізмів поширення забруднюючих речовин в атмосфері, згідно загальноприйнятим (у тому числі, гідродинамічним) моделям, лежать дисипативні процеси, то припустимою стартовою гіпотезою є наближення про значно меншу розмірність геометричного аттрактору, на якому розташовуються вимірні значення концентрацій, ніж у розмірності реального простору станів. Це істотне спрощення дозволяє моделювати еволюцію станів динамічної системи безпосередньо на аттракторі, а не в повному оригінальному фазовому просторі, строго кажучи, з нескінченною розмірністю [184–186, 208].

Зрозуміло, що в досліджуваній системі вірогідно реалізується феномен хаосу. Для класу завдань, що цікавить нас, про динаміку змін концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері промислового міста, ця задача завжди має позитивне питання в силу фізичних аспектів зазначеної динаміки. Проте, для одержання точних кількісних результатів, на початковому етапі ми використовуємо процедуру виявлення наявності тесту в системі із шумом, описану в роботах [129, 130], що адаптована нами до задачі про шкідливі домішки в атмосфері [184–186, 208].

Розглядається дискретний часовий ряд значень концентрацій $s(n)$. Для якогось (насправді групи) значення константи k визначається сума:

$$p(n) = \sum_{j=1}^n s(j) \cos(jk), \quad (2.1)$$

а також середньоквадратичне відхилення

$$M(n) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [p(j+n) - p(j)]^2. \quad (2.2)$$

Відповідно до критерію Готтвода-Белбена, у випадку регулярної (або квазіперіодичної) динаміки системи, $M(n)$ є обмеженою функцією від n з ймовірністю рівною 1 [184–186, 208]. Для хаотичної динаміки $M(n) = V(n) + O(1)$ з ймовірністю одиниця для деяких $V > 0$. Знаючи середньоквадратичне відхилення, неважко розрахувати швидкість асимптотичного росту середньоквадратичного відхилення, а саме:

$$K = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\log M(n)}{\log n}. \quad (2.3)$$

З огляду швидкості асимптотичного росту середньоквадратичного відхилення, динаміка регулярна, якщо параметр $K = 0$ (або K досить близько до нуля, і, відповідно, динаміка є хаотичною, якщо $K = 1$ (або K досить близько до одиниці). На практиці тест на хаос реалізується шляхом вибору випадковим чином приблизно сотні значень параметра k і відповідного обчислення швидкості асимптотичного росту середньоквадратичного відхилення й далі вибору, як кінцевий результат, значення медіан всіх розрахованих швидкостей K . Подальші деталі застосування тесту Готтвода-Белбена, а також різні приклади обчислень для різних динамічних систем наведені в [184–186, 129, 130, 208].

2.3.1. Відновлення фазового простору екологічних станів. Вибір часу затримки

Відновлення фазового простору, у нашому випадку, динамічної

характеристики – концентрації шкідливих домішок в атмосфері промислового міста, є фактично центральним завданням усього підходу й від її адекватного рішення залежить точність та якість і аналізу й прогнозу еволюції концентрації забруднюючих речовин у повітряному басейні. Дотримуючись робіт [184–186, 202, 208] відзначимо, що у своїй фундаментальній постановці основне завдання зводиться до процесу апроксимаційної реконструкції прямого вектора екологічних станів деяким адекватним набором *d-мірних* векторів $y(n)$. Останні є апроксимаційною заміною даних отриманих у результаті натурних (емпіричних) вимірів концентрацій. Як фундаментальна основа шуканої апроксимації використовується комбінація динамічних уявлень про нелінійні системи й геометричне виявлення аттрактору в просторі станів на основі їхнього інформаційно-теоретичного змісту. Відповідно до робіт [184–186, 202, 208], для подальшого рішення завдання про відновлення фазового простору станів екологічної системи зручним виявляється формалізм Паккарда й співробітників [132], а також [131,133], пов'язаний з використанням координат з часовою затримкою. Коротко суть процедури зводиться до використання запізнюючих змінних $s(n + \tau)$, де τ – деяке ціле попередньо обумовленого часу затримки. Далі виявляється можливим формування системи координат, у якій захоплена структура орбіт у фазовому просторі концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері. Далі в деякому *d-мірному* просторі створюється вектор, що містить часові затримки:

$$y(n) = [s(n), s(n + \tau), s(n + 2\tau), \dots, s(n + (d-1)\tau)], \quad (2.4)$$

і імітуючий відповідний реальний вектор станів, у фазовому просторі реальної динамічної системи.

Наступний крок полягає в чисельному визначенні часу затримки. Відповідно до відомої теореми Мане-Тейкенса [134, 135] про допустимість будь-якої часової затримки, може виявитися не прийнятним при аналізі динаміки змін концентрації забруднюючих речовин в атмосфері (див. детальний аналіз в [184–186, 202, 208]). Існує кілька підходів до коректного розв'язання цього завдання,

одним з найбільш зручних і ефективних для нашого класу завдань є метод, заснований на концепції середньої взаємної інформації.

Відповідно до робіт [136,137], шукана концепція включає розгляд двох систем A і B з результатами вимірів a_i і b_k . Кількість бітів, яких варто знати відносно виміру a_i по вимірах b_k , визначається параметрами стандартної теорії інформації:

$$I_{AB}(a_i, b_k) = \log_2 \left(\frac{P_{AB}(a_i, b_k)}{P_A(a_i)P_B(b_k)} \right), \quad (2.5)$$

де $P_{AB}(a_i, b_k)$ загальна щільність розподілу ймовірності; $P_A(a_i)$ і $P_B(b_k)$ – граничні щільності розподілу ймовірності для систем A і B , відповідно. Далі, по визначенню, середня взаємна інформація між вимірами будь-яких значень a_i системи A і b_k системи B визначається як середня величина по всіх можливих вимірах від $I_{AB}(a_i, b_k)$:

$$I_{AB}(\tau) = \sum_{a_i, b_k} P_{AB}(a_i, b_k) I_{AB}(a_i, b_k). \quad (2.6)$$

Стосовно нашого класу завдань, будемо вважати, що системі A вимірами відповідає набір значень (вектор) $s(n)$, а системі B – набір значень із часовою затримкою $s(n + \tau)$. Відповідно, можна показати (див. детальний аналіз в [184–186, 202, 208]), що кількість бітів інформації про вектор $s(n + \tau)$, що є під час вимірів $s(n)$, можна визначити як:

$$I(\tau) = \sum_{n=1}^N P(s(n), s(n + \tau)) \log_2 \left(\frac{P(s(n), s(n + \tau))}{P(s(n))P(s(n + \tau))} \right). \quad (2.7)$$

Емпіричний підбір часу затримки τ виявляється найбільш природним і коректним. Очевидно, що у випадку надмірної малості τ , виміри $s(n)$ і $s(n + \tau)$

будуть містити так багато інформації одне про одного, що відповідає необхідність у виконанні обох вимірів. У протилежному випадку занадто більших значень τ , функція $I(\tau) \rightarrow 0$ і значення величин $s(n)$ і $s(n + \tau)$ виявляться не зв'язаними.

Традиційно серед інваріантів динамічної системи виділяють так звані топологічні інваріанти (як приклад варто назвати різні фрактальні розмірності) і динамічні інваріанти. До останнього відносять, зокрема, локальні й глобальні розмірності або показники Ляпунова. Опис нелінійної динамічної системи буде більш повним і адекватним, зрозуміло, при одночасному визначенні й використанні топологічних і динамічних інваріантів.

У випадку моделювання динаміки екологічних систем, використання показників Ляпунова виявляється вкрай ефективним у сенсі розуміння фізики процесу еволюції й прогностичності системи. Зрозуміло, при цьому глобальні й локальні розмірності Ляпунова розраховуються тільки на даних екологічних вимірів.

У теорії хаосу спектр розмірностей Ляпунова зазвичай інтерпретується як міра впливу збурювань початкових умов динамічної системи [184–186, 202–208] відносно геофізичних і екологічних систем.

З показниками розмірностей Ляпунова природно зв'язані й інші фундаментальні інваріанти динамічних систем, а саме: ентропія Колмогорова й розмірність аттрактору. По визначенню, ентропія Колмогорова є середньою швидкістю, при якій інформація про стан не зберігається із часом. Інакше кажучи, можна говорити про ентропію Колмогорова як про своєрідну міру передбачуваності еволюції динамічної системи. Чисельно, ентропія Колмогорова визначається як сума всіх позитивних розмірностей Ляпунова [143].

Нижче при конкретному аналізі й прогнозі часової динаміки поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі промислових міст, ми наведемо результати конкретних чисельних розрахунків шуканих динамічних і топологічних інваріантів для міста Одеси й Гданського регіону.

2. 4. Висновки до розділу 2

Підсумовуючи все вище сказане, можна стверджувати, що, незважаючи на наявність досить великої кількості підходів до моделювання забруднення атмосферного повітря шкідливими домішками, дотепер не створено типової загальноновизнаної моделі для інженерно-екологічних розрахунків структурно-функціональних перебудов систем у відповідь на зміну газового складу атмосфери, її забруднення шкідливими домішками. У цій ситуації із усього різноманіття структурно-функціональних показників екологічних систем доцільно вибрати показники, що задовольняють наступним умовам:

- екологічна істотність;
- економічна важливість;
- наявність моделі «вплив–відгук» для дії газових складових атмосфери;
- забезпеченість цієї моделі емпіричною інформацією.

Проведений аналіз підходів до моделювання впливу різних факторів, у тому числі, антропогенних, на атмосферу промислового міста, дозволяє зробити висновок про актуальність і важливість комплексного дослідження повітряного басейну промислового міста, що має антропогенне навантаження, пошуку принципово нових, які адекватно відображають основні фізичні механізми, підходів до аналізу й прогнозу (у принципі, жодна з існуючих до теперішнього часу моделей не забезпечує досить достовірний прогноз забруднення атмосфери промислових міст і районів) антропогенного впливу на повітряний басейн.

Далі в нашій роботі, наряду із статистичними і стандартними розрахунковими методами, що базуються на рівнянні турбулентної дифузії буде виконаний кількісний аналіз впливу антропогенних факторів на атмосферне повітря промислових міст, а також із застосуванням нелінійних методів аналізу й положень теорії хаосу детально вивчена динаміка часових рядів концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі у двох великих промислових центрах – м. Одесі (Україна) і Гданському регіоні (Польща). Одна з

найважливіших задач – це вибір із всіх можливих вимірів тих рядів концентрацій шкідливих домішок в атмосферу, для яких наявність хаотичного режиму можна довести, а потім уперше побудувати досить надійну й достовірну модель нелінійного короткострокового прогнозу.

3. АНАЛІЗ І ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА НА ПРИКЛАДІ М. ОДЕСИ

3.1 Характеристика вихідного матеріалу

Одеса істотно відрізняється від інших міст України з мільйонним населенням. З одного боку, це місто зі значною кількістю джерел антропогенного навантаження (більше п'ятисот промислових підприємств, безліч дрібних котелень, що працюють на рідкому і твердому паливі, розвинене транспортне господарство – автомобільне, залізничне, морське і авіаційне). З іншого боку, Одеса розташована в зоні з потенційними рекреаційними й бальнеологічними ресурсами. Фізико-географічне положення Одеси, її архітектура, специфіка розміщення на території міста промислових зон, а також особливості розвитку атмосферних процесів не сприяють швидкому розсіюванню забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. При сформованій інфраструктурі та економічному стані держави важко найближчим часом очікувати істотного зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу міста. Отже, проблема охорони повітряного басейну складається із цілого комплексу задач.

Насамперед, необхідно на підставі фактичних даних, використовуючи методи статистичного аналізу, дослідити особливості забруднення атмосфери міста і виявити тенденції в зміні її стану.

Рівень забруднення повітряного басейну залежить від ряду факторів. Насамперед, це число, характер, режим роботи і розміщення джерел шкідливих домішок, основними з яких на території великого міста є промислові підприємства і транспорт у всіх його видах.

З метою здійснення контролю за забрудненням атмосфери Госкомгідрометом у 1976 році в місті Одесі були встановлені і введені в дію 8 контрольно-вимірювальних постів (КВП), яким були привласнені номери 8, 10,

15, 16, 17, 18, 19, 20. На цих постах щодня, крім неділі, чотири рази на день проводяться виміри концентрацій забруднюючих речовин у повітряному басейні міста. Це, у першу чергу, основні домішки – пил, CO, NO₂, SO₂, а також специфічні інгредієнти, характерні для викидів антропогенних джерел.

Одночасно з відбором проб повітря на всіх КВП ведуться спостереження за рядом метеорологічних величин. Результати хімічного аналізу проб і метеорологічних спостережень заносяться в таблиці забруднення атмосфери (ТЗА–1), що представляють собою основні вихідні матеріали.

Для одержання репрезентативних даних про вміст у повітрі шкідливих домішок у рівнинній місцевості досить однієї станції на 10–20 км². Наявна кількість КВП в Одесі загалом задовольняє цим вимогам відносно до центральної частини міста. На рис.3.1 зображена схема розташування КВП у межах міста, яка свідчить про те, що найбільша кількість постів розташована в його центральній частині. Слід зазначити, що основна промислова зона розташовується на північ і на захід від центра міста. У південній і південно-західній частинах міста є порівняно невелике число джерел промислового забруднення атмосфери. Тут переважають неорганізовані й розосереджені викиди, пов'язані, у першу чергу, з автотранспортом, дрібними котельними і опалювальними системами приватного житлового сектору. На основних транспортних магістралях міста спостерігається інтенсивний рух автотранспорту. Таким чином, мережа КВП міста встановлена в основному з урахуванням відзначених особливостей розташування джерел забруднення атмосфери. Однак варто звернути увагу на відсутність контролю стану повітряного басейну в селитебних зонах міста (райони Котовського й Таїрова). На території Гідрометеорологічного центру Чорного й Азовського морів (ГМЦ ЧАМ), що надав дану вихідну інформацію, розташовується КВП №8. Це прибережна курортна зона міста, де крім окремих невеликих котелень і автотранспорту практично відсутні джерела забруднення атмосфери

По даним цього поста з певним ступенем наближення можна судити про фонове забруднення повітряного басейну міста.

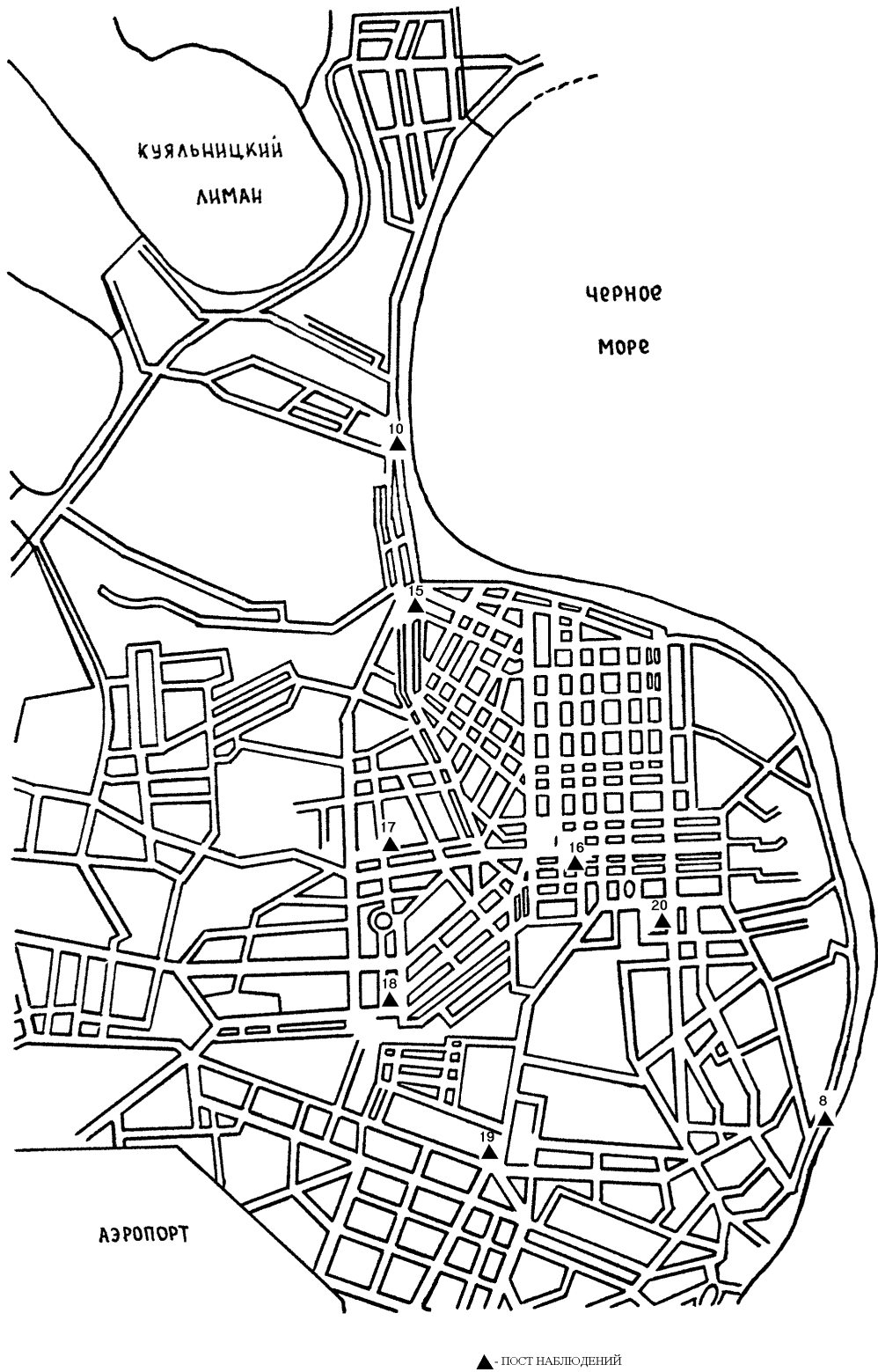


Рисунок 3.1 – Карта-схема розташування постів існуючої мережі моніторингу забруднення атмосфери м. Одеси

Рівень забруднення повітряного басейну в північній частині міста характеризує КВП №10, розташований по вул. Чорноморського козацтва, поблизу великої транспортної артерії. З північної сторони від нього розташований ряд заводів: «Легмаш», залізобетонних виробів, «Продмаш», кабельний завод, а з південної – завод синтетичних виробів, м'ясокомбінат, тарний завод, «Червона гвардія» та інші.

КВП №15 розташований на північ від центру міста (вул. Софіївська), де в північно-східній частині від нього розташовані великі промислові підприємства, що є основними джерелами викидів небезпечних речовин: нафтопереробний, цементний, лакофарбовий заводи та ін.

У центрі міста, на перехресті вул. В. Арнаутська й Александрівського проспекту, які є одними з основних транспортних магістралей, розташовується КВП №16.

На території Автовокзалу розташований КВП №17. До півдня й заходу від нього розташовується велика кількість промислових підприємств: важкого машинобудування, радіально-свердлильних верстатів, будівельно-оздоблювальних машин, залізобетонних виробів, шпалер і фарб, шкірзавод, деревообробний комбінат та інші.

Пост №18 розміщений на захід від центральної частини міста, у його промисловій зоні на вул. Балківській. До півночі й північно-заходу від КВП перебувають заводи будматеріалів, «Будгідравлика», комбінат харчових концентратів і інші.

На 1-ій станції Люстдорфської дороги розташовується КВП №19. Автомагістралі, поблизу яких розташований даний пункт спостережень, з'єднують місто з його південною й південно-західною частиною, і відрізняються великою інтенсивністю транспортних засобів.

Окремо слід зазначити місце розташування КВП №20, який перебуває на перехресті Італійського бульвару й вул. Канатної. Це район, у якому немає промислових підприємств, але на цих вулицях спостерігається великий рух

автотранспорту, особливо в годину пік. Правда, пост розташований на деякій відстані (близько 30 м) від автодоріг і в зеленій зоні. У південно-західному напрямку від нього розташований залізничний вокзал й ряд заводів: канатний, консервний і масложиркомбінат.

Поряд з даними мережі КВП міста, для оцінки впливу антропогенного навантаження на стан повітряного басейну, була створена база даних стаціонарних джерел викидів промислових підприємств міста. Основні характеристики джерел забруднення атмосферного повітря визначені в ході інвентаризації, що проводилася у період з 1998 по 2003 рр. Дана інформація була надана Державним управлінням охорони навколишнього природного середовища в Одеській області, що містить технічні (висоту і діаметр джерел викидів) і технологічні (температуру і витрату газоповітряної суміші, склад викиду і його потужність) характеристики, а також координати розташування джерел викидів.

Для створення зазначеної бази даних був використаний програмний комплекс РС, а також програмні модулі, які розроблені спеціально в процесі роботи [201-268].

3.2 Статистичні методи аналізу екологічного стану повітряного басейну міста

У цьому підрозділі ми викладемо відомі стандартні статистичні методи аналізу, які надалі використовуються для розв'язання ряду задач з оцінки екологічного стану повітряного басейну промислових міст. Як вказувалося вище, концентрація домішки в повітряному басейні міста в певний момент часу залежить від безлічі факторів. Насамперед, від таких, як число, характер, режим роботи й місце розміщення джерел шкідливих домішок, основними з яких на території міста є промислові підприємства й транспорт.

Оскільки джерела домішок розташовуються в межах граничного шару атмосфери, то процеси, що протікають у ньому, впливають на формування полів концентрацій інгредієнтів. Основними механізмами, що призводять до поширення домішки, як зазначено в [51, 209–215], є їхній перенос упорядкованими рухами повітря, а також турбулентними потоками. Відбувається еволюторне детерміноване збільшення або зменшення із часом концентрації домішки, що прийнято називати тенденцією, або трендом. На тренди накладаються періодичні коливання, обумовлені добовим, сезонним або річним ходом метеорологічних значень параметрів у граничному шарі атмосфери, а також іншими періодичними процесами, що відбуваються в ній.

Одночасно із встановленням еволюторної складової, процеси формування полів концентрацій домішок містять і випадкову компоненту, що виникає внаслідок впливу турбулентності атмосфери й нестационарності роботи джерел [56]. Таким чином, концентрація домішок $q(t)$ у деякій точці повітряного басейну території міста може розглядатися як нестационарний випадковий процес виду

$$q(t) = \hat{q}(t) + q_3(t), \quad (3.1)$$

де $\hat{q}(t)$ – детермінована основа процесу, що включає тренди і довгоперіодні коливання;

$q_3(t)$ – стаціонарний випадковий процес.

Насамперед, становить великий інтерес детермінована основа процесу $\hat{q}(t)$. Характер трендів, що мають місце в ній, дає можливість установити чи відбувається поступове збільшення забруднення повітряного середовища міста за рахунок розвитку промислових підприємств, збільшення інтенсивності руху транспорту або ж відбувається зменшення забруднення внаслідок природоохоронних заходів або інших причин. Порівняння детермінованих основ часових рядів концентрацій інгредієнтів, обмірюваних на мережі пунктів вимірів, розташованих у різних частинах міста, дає можливість виділити райони,

повітряне середовище яких є в середньому найбільш або найменш забрудненим, установити періоди часу, протягом яких у тому або іншому районі міста спостерігаються найбільші концентрації в повітрі шкідливих речовин.

Випадкова компонента процесу $q_3(t)$ також має важливе значення для оцінки забруднення атмосфери. Статистичні характеристики випадкової компоненти дають уяву про часові масштаби флуктуацій концентрацій інгредієнтів у тій або іншій точці міста, про величини мінливості концентрацій інгредієнтів тощо. Всі ці характеристики можуть бути отримані за допомогою кореляційного і спектрального аналізу, що може бути використаний для стаціонарного випадкового процесу. Таким чином, постає завдання відділення детермінованої основи від стаціонарної випадкової складової, що у теорії випадкових процесів носить назву задачі фільтрації [216]. Отже, однією з основних задач статистичного аналізу часових рядів концентрацій інгредієнтів, що представляють собою, як зазначено вище, нестаціонарні випадкові послідовності, є виділення детермінованих основ процесів і їхній аналіз.

3. 2. 1 Виявлення схованих періодичностей рядів

Існує ряд методів дослідження схованих періодичностей [162, 163]. На наш погляд найбільш зручним для реалізації на ЕОМ є метод, заснований на інтегральному перетворенні Фур'є. Він дозволяє без будь-яких додаткових досліджень, визначити частоти, амплітуди й початкові фази періодичних компонентів, що втримуються в часовому ряді.

Часовий ряд $q(t)$ концентрації інгредієнта, заданий на відрізьку $t \in [-\tau, \tau]$ можна розглядати як кусочно-гладку функцію часу. Така функція відповідно до теореми Дірихле може бути представлена суперпозицією гармонік

$$q(t) = \sum_{k=1}^N A_k \sin(\omega_k t + \varphi_k), \quad (3.2)$$

де A_k – амплітуда k -ої гармоніки;

ω_k – її частота;

φ_k – початкова фаза.

Як відомо, рівність (3.2) може бути представлена у вигляді

$$q(t) = \sum_{k=1}^N [a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t], \quad (3.3)$$

де $a_k = A_k \sin \varphi_k$ і $b_k = A_k \cos \varphi_k$.

Для кусочно-гладкої функції $q(t)$, заданої на нескінченному інтервалі, справедливе перетворення Фур'є

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} q(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (3.4)$$

Оскільки часовий ряд концентрації інгредієнта заданий на кінцевому інтервалі, його можна апроксимувати в такий спосіб

$$q(t) = \begin{cases} q(t) & \text{при } t \in [-\tau, \tau], \\ 0 & \text{при } |t| > \tau. \end{cases} \quad (3.5)$$

Для такої функції інтеграл Фур'є має вигляд

$$F_{\tau}(j\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} q(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (3.6)$$

Якщо використовувати формулу Ейлера, то інтеграл (3.6) можна представити у вигляді

$$F_{\tau}(j\omega) = u(\omega) - jv(\omega), \quad (3.7)$$

де

$$u(\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} q(t) \cos \omega t dt, \quad (3.8)$$

$$v(\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} q(t) \sin \omega t dt. \quad (3.9)$$

Рівності (3.8) і (3.9) є відповідно косинус - і синус-перетворенням Фур'є функції $q(t)$, апроксимованні вираженням (3.5). Якщо частоти гармонійних компонентів, що містяться в $q(t)$, не занадто близькі, то $u(\omega)$ і $v(\omega)$ являють собою криві з різко вираженими піками в точках $\omega = \omega_k$. Висота піків приблизно дорівнює амплітудам парної a_k і непарної b_k складових періодичного коливання із частотою ω_k , прихованого в процесі $q(t)$ [162]. На тих же частотах ω_k будуть спостерігатися піки амплітуд $A_k = A(\omega_k)$, оскільки $a_k \approx u(\omega_k)$, а $b_k \approx v(\omega_k)$ і

$$A(\omega_k) = \sqrt{u^2(\omega_k) + v^2(\omega_k)}. \quad (3.10)$$

Для поліпшення селективних перетворень (3.8) і (3.9) у них були введені множники Гібса, які зменшують вплив значень $q(t)$, заданих поблизу границь інтервалу визначення функцій. Таким чином, селектуючі перетворення набувають наступного виду

$$u(\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} \frac{\sin \frac{\pi t}{\tau}}{\frac{2t}{\tau}} q(t) \cos \omega t dt, \quad (3.11)$$

$$v(\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} \frac{\sin \frac{\pi t}{\tau}}{\frac{2t}{\tau}} q(t) \sin \omega t dt. \quad (3.12)$$

Інтеграли (3.11) і (3.12) обчислювалися методом прямокутників, для чого відрізок $[-\tau, \tau]$ розбивався на $N = 2m + 1$ точок, у кожній з яких повинно бути

відомо значення досліджуваної функції.

Через обмеженість інтервалу й кінцевого числа точок задання функції наявної інформації виявляється недостатньо для визначення параметрів гармонік з періодом $T > 2\tau$ і $T < \frac{\tau}{m}$.

Отже, мінімально й максимально можливі гармоніки, які можуть бути виявлені, мають частоти, розташовані в інтервалі $\omega_{\min} \div \omega_{\max}$, де

$$\omega_{\min} = \frac{\pi}{\tau}, \quad \omega_{\max} = \frac{m\pi}{\tau}.$$

Інтервал дискретності $\Delta\omega$ при чисельному інтегруванні необхідно вибрати з урахуванням властивостей множників Гібса. При їхньому введенні в селектує перетворення можна гарантувати, що вплив амплітуд сусідніх по частоті гармонік не перевершує 0,05 від амплітуди, якщо $\Delta\omega < \tau < 4,5$ [162]. Звідси витікає, що крок при обчисленні $u(\omega)$ і $v(\omega)$ визначається рівністю

$$\Delta\omega = \frac{4,5}{\tau}. \quad (3.13)$$

Періодичності, що мають місце в часовому ряді $q(t)$, визначаються по піках амплітуд $A(\omega)$ на періодограмі (амплітудно-частотній характеристиці). Останні зазвичай містять ряд малозабезпечених піків, що ускладнюють аналіз. Для їхнього усунення застосовується відомий фільтр Тюки [162]:

$$\tilde{A}(\omega_i) = 0,25A(\omega_{i-1}) + 0,5A(\omega_i) + 0,25A(\omega_{i+1}). \quad (3.14)$$

Для визначення періодичностей, характерних для досліджуваного процесу, будується верхня довірча границя для амплітуди із заданою ймовірністю. Періоди T_k гармонік ω_k , що відповідають пікам амплітуд, що виходять за довірчу границю, ототожнюються з періодом гармонійних коливань, що містяться в процесі $q(t)$. Для кожної з них знаходиться початкова фаза по формулі

$$\varphi_k = \operatorname{arctg} \frac{u_k}{v_k}. \quad (3.15)$$

По початковій фазі можна знайти точку h_k на осі часу, що є початком коливання. Для цього використовується вираз [56]:

$$h_k = \begin{cases} \frac{(\pi + \varphi_k)T_k}{2\pi} & \text{при } \varphi_k \leq 0, \\ \frac{\varphi_k T_k}{2\pi} & \text{при } \varphi_k > 0. \end{cases} \quad (3.16)$$

3. 2. 2. Згладжування часових рядів

Представимо детермінований компонент часового ряду $\hat{q}(t)$ у вигляді трендів $q_1(t)$ і періодичної складової $q_2(t)$, що характеризує залежно від інтервалу дискретності часового ряду віковий, річний або добовий хід досліджуваного процесу. Таким чином, вираження (3.1) перетвориться до виду

$$q(t) = q_1(t) + q_2(t) + q_3(t). \quad (3.17)$$

При правильному виділенні детермінованої основи $\hat{q}(t)$ випадкового процесу випадкові компоненти $q_3(t)$ можуть розглядатися як стаціонарні випадкові збільшення.

Детермінована основа виділяється шляхом фільтрації, або згладжування вихідного часового ряду. Позначимо оператор згладжування через D і застосуємо його до рівності (3.17), тоді будемо мати

$$D[q(t)] = D[q_1(t)] + D[q_2(t)] + D[q_3(t)]. \quad (3.18)$$

Припустимо, що оператор D точно виділяє трендову компоненту, тобто

$$D[q_1(t)] = q_1(t). \quad (3.19)$$

Якщо відняти з рівності (3.17) рівність (3.18), то одержимо з врахуванням (3.19)

$$q(t) = D[q(t)] = q_2(t) - D[q_2(t)] + q_3(t) - D[q_3(t)]. \quad (3.20)$$

Становить інтерес питання про те, наскільки члени $D[q_2(t)]$ і $D[q_3(t)]$ можуть спотворити дійсні коливання кінцевого ряду (3.20) і індукувати помилковий коливальний рух.

Припустимо, що фільтрація здійснюється за допомогою операції експонентного згладжування, що у загальному виді виражається формулою

$$q_1(t) = (1 - \alpha)^{t_0} q_0 + \alpha \sum_{k=0}^{t_0-1} (1 - \alpha)^k q(t_0 - k), \quad (3.21)$$

де α – постійна згладжування.

Оскільки $0 \leq \alpha \leq 1$, поточна оцінка згладжуючої функції у момент t_0 дорівнює лінійній комбінації значень у всіх точках заданого ряду від 0 до t з експоненційно спадаючими від середини відрізка згладжування вагами. Очевидно, постійна згладжування відіграє роль дисконтуючої функції.

Одним з видів експоненційного згладжування є ковзне осереднення, що у загальному виді може бути представлено таким чином:

$$q_1(t_k) = \frac{1}{n} \cdot \frac{k + n/2}{i = k - n/2} \cdot \alpha_i q(t)_i, \quad (3.22)$$

де α_i – ваговий множник;

n – число точок, по якому проводиться згладжування;

$k = 1 + n/2, 2 + n/2, \dots, m + n/2, \dots, N' + n/2$;

$N' = N - (n - 1)$;

N – число членів досліджуваного ряду.

Якщо в рівності (3.22) $\alpha_i = 1 \forall i = \overline{1, n}$, то оператор згладжування визначає просте ковзне осереднення.

Просте ковзне осереднення, по суті, не може бути віднесене до експоненційного згладжування, тому що основна вимога – убуття ваг до кінців відрізка згладжування – не виконується. Проте, воно знаходить широке застосування. Більш коректним є фільтри, що містять тригонометричні

$$\alpha_i = 1 + \cos \frac{2\pi(k-i)}{n} \quad (3.23)$$

або експоненційні

$$\alpha_i = \exp \left[-\frac{|k-i|}{n} \right] \quad (3.24)$$

вагові множники. Незважно бачити, що вони убують за обумовленими рівностями (3.23) і (3.24) законами від середини відрізка згладжування до його країв.

Крім виду вагового множника, результат фільтрації залежить від числа точок, по яких виконується згладжування

$$n = \frac{\tau}{\Delta t}, \quad (3.25)$$

де τ – довжина відрізка згладжування на осі часу;

Δt – інтервал дискретності ряду.

Як витікає з [163], число точок, використовуваних при згладжуванні

випадкового процесу, повинно бути досить великим: $6 < n < 200$. Чим менше n , тим швидша реакція фільтра, але тим гірші його фільтруючі якості, і навпаки. Отже, завдання полягає в правильному виборі періоду осереднення. Однак обґрунтованих рекомендацій з вибору довжини відрізка згладжування не існує. У роботі [164], наприклад, говориться про те, що при дослідженні вікового ходу кліматичних параметрів варто проводити ковзне осереднення з періодом 5 років. П'ятирічні ковзні осереднення розглядаються також при аналізі кліматичної мінливості місячних сум опадів північної півкулі [165]. У монографії [166] містяться 10-, 20- і 30-річні ковзні середні кліматичних характеристик температури повітря й місячних сум опадів в Україні. Ніяких обґрунтувань обраного періоду згладжування в зазначених роботах також не приводиться [7, 56].

Питання про вибір періоду ковзного осереднення часового ряду, однак, не є тривіальним. При занадто великому періоді згладжування з детермінованої основи $\hat{q}(t)$ відфільтровується певна частина періодичних компонентів, які переходять у випадкову компоненту, спотворюючи її. Навпаки, якщо період осереднення малий, то частина випадкової компоненти переходить у складову $\hat{q}(t)$, а випадкова компонента $q_3(t)$ набуває властивостей «білого шуму».

Припустимо, що член $q_2(t)$ має гармонійний характер і його можна представити у вигляді $\sin(\omega t + \varphi)$. Як показано в [167, 168], ковзне осереднення по n послідовних членах часового ряду в цьому випадку призведе до нового синусоїдального ряду з тим же періодом і фазою, що й у первісного ряду.

Амплітуда ж нового ряду буде отримана множенням на $\frac{1}{n} \frac{\sin n\omega/2}{\sin \omega/2}$, тому що

$$\sum \sin(\omega t + \varphi) = \frac{\sin n\omega/2}{\sin \omega/2} \sin \left[\varphi + \frac{1}{2}(n+1)\omega \right]. \quad (3.26)$$

Із цього витікає, що член $D[q_2(t)]$ буде малий або навіть дорівнює нулю, коли $\frac{n\omega}{2} \approx m\pi$, тобто якщо довжина інтервалу згладжування кратна періоду циклічної компоненти, що міститься в досліджуваному процесі. Отже, для виділення з вихідного ряду детермінованої основи необхідно залежно від характеру наявного процесу, вибрати довжину відрізка згладжування, що відповідає б періоду гармонійного коливання, властивому цьому процесу, наприклад, добовому або річному ходу [162].

3.3. Особливості змін концентрацій інгредієнтів у часі в м. Одесі

Як вказувалось вище у параграфі 3.1, з метою здійснення контролю над забрудненням повітряного басейну в місті Одесі з 1976 року функціонують вісім контрольних-вимірних постів (КВП).

Аналізуючи дані вимірів концентрацій інгредієнтів за весь період спостережень можна судити про динаміку зміни рівня забруднення атмосфери міста. У роботі [217] проведено аналіз даної динаміки на підставі виділених детермінованих складових. Дослідження динаміки забруднення повітряного басейну міста проводилося за методикою, викладеною в § 3.2.

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 29 листопада 2001 р. №1598 [218] затверджено перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню, до яких, зокрема, відносяться діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2), оксид вуглецю (CO) та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил).

По вказаних чотирьох основних шкідливих домішках для восьми КВП м. Одеси за даними строкових вимірів за 27-річний період спостережень (з 1976 по 2002 р.) були розраховані середньомісячні концентрації інгредієнтів, які далі

були сформовані в часові ряди середньомісячних значень концентрацій. Ці дані, з метою виділення детермінованої основи, були піддані фільтрації з врахуванням максимальних періодичностей, прихованих у досліджуваних процесах.

Виявлення максимальних періодичностей здійснювалося за допомогою перетворення Фур'є. За значеннями парних і непарних складових розраховувалася амплітуда процесу для всіх досліджуваних часових рядів. За статистично значиму періодичність приймалася періодичність, що відповідає частоті амплітуди, що виходить за верхню границю довірчого інтервалу $(\bar{A} + \sigma_A)$. Максимальна періодичність зазвичай відповідає найбільш низькочастотній амплітуді, що виходить за зазначений довірчий інтервал.

Відомо, що при згладжуванні з недостатнім періодом осереднення на детерміновану основу накладаються корельовані коливання, і характер процесу затушовується ними. На думку ряду дослідників [56, 167], період згладжування ($T_{згл}$) залежить не тільки від довжини часового ряду, але й від внутрішньої структури й повинен відповідати умові $10 < T_{згл} < 600$.

Виходячи з вище викладених положень, в якості постійної згладжування використовувалися максимальні періодичності, якщо вони не менш 10 місяців. У іншому випадку період осереднення був кратний максимальній періодичності процесу.

При фільтрації враховувалася початкова точка коливального процесу TN , обумовлена початковою фазою періодичної компоненти. Таким чином, згладжування здійснювалося не з першого значення вихідного ряду, а зі значення, порядковий номер якого дорівнює $TN+1$.

У табл. 3.1–3.4 представлені характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах концентрацій інгредієнтів.

З табл. 3.1 видно, що для КВП №№ 15, 16, 17, 19 виявлені однакові максимальні періодичності часового ряду діоксиду сірки, що відповідають 32 місяцям. Для КВП №№ 8, 10, 18, 20 максимальні періодичності лежать у межах 10–28 місяців.

Таблиця 3.1 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових
рядах SO₂

N	<i>u</i>	<i>v</i>	A	ω	T	φ	TN
КВП №8							
1	-0,001	-0,003	0,003	0,311	20,2	0,389	1
2	0,003	0,002	0,002	0,485	13,0	0,873	2
3	-0,002	-0,003	0,003	0,688	9,1	0,640	1
4	-0,002	0,003	0,003	0,775	8,1	-0,655	3
5	-0,002	0,003	0,002	1,065	5,9	-0,700	3
6	-0,002	0,002	0,002	1,704	3,7	-0,856	1
КВП №10							
1	-0,001	0,003	0,003	0,601	10,5	-0,460	4
2	-0,004	-0,0001	0,003	0,724	8,7	1,542	2
3	-0,001	-0,002	0,002	1,092	5,8	0,546	1
КВП №15							
1	-0,006	-0,00003	0,005	0,194	32,3	1,566	8
2	-0,001	-0,003	0,004	0,311	20,2	0,225	1
3	0,001	-0,003	0,003	0,514	12,2	-0,306	6
4	-0,002	0,004	0,003	0,775	8,1	-0,575	3
5	-0,002	-0,003	0,003	1,675	3,7	0,629	1
КВП №16							
1	-0,006	-0,0001	0,005	0,194	32,3	1,540	8
2	-0,005	0,0001	0,004	0,340	18,5	-1,550	5
3	0,005	0,0001	0,004	0,485	13,0	1,550	3
4	-0,003	0,003	0,004	0,775	8,1	-0,828	3
5	0,003	-0,00001	0,003	1,530	4,1	-1,568	1
КВП №17							
1	-0,009	0,002	0,007	0,194	32,3	-1,362	9
2	0,001	-0,005	0,005	0,311	20,2	-0,296	9
3	0,005	0,002	0,004	0,485	13,0	1,242	3
4	0,003	-0,003	0,004	0,572	11,0	-0,824	4
5	0,001	-0,004	0,004	0,659	9,5	-0,180	5
6	-0,004	0,004	0,005	0,775	8,1	-0,864	3
7	-0,001	-0,004	0,004	0,891	7,1	0,202	1

Таблиця 3.1 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах SO₂ (продовження)

КВП №18							
1	0,005	0,005	0,007	0,223	28,1	0,723	3
2	0,003	-0,006	0,006	0,311	20,2	-0,463	9
3	0,006	0,0005	0,005	0,485	13,0	1,496	3
4	-0,004	0,003	0,004	0,775	8,1	-0,860	3
КВП №19							
1	-0,007	0,002	0,005	0,194	32,3	-1,277	10
2	0,001	-0,003	0,004	0,311	20,2	-0,196	9
3	0,004	0,004	0,004	0,485	13,0	0,800	2
4	0,003	-0,004	0,003	0,572	11,0	-0,735	4
5	-0,003	0,004	0,004	0,775	8,1	-0,625	3
КВП №20							
1	-0,0004	0,004	0,003	0,480	13,1	-0,087	6
2	-0,003	-0,001	0,003	0,707	8,9	1,146	2
3	-0,004	0,002	0,003	0,821	7,7	-1,102	2
4	-0,001	0,002	0,003	1,047	6,0	-0,442	3
5	-0,001	-0,002	0,002	1,690	3,7	0,719	1

Відзначимо також, що для всіх постів виявлені періодичності, близькі до 12 місяців. Максимальним періодичностям відповідають мінімальні частоти процесу. Для діоксиду азоту максимальні періодичності становлять 58 місяців для КВП №№ 8 і 17 (табл. 3.2). У цілому, для інших КВП діапазон періодичностей досить широкий і коливається в межах від 2 до 32 місяців. Аналогічна картина характерна для часових рядів оксиду вуглецю (табл. 3.3) і пилу (табл. 3.4), що містять періодичності близькі до 12 місяців, а також максимальні періодичності, що досягають 45 місяців (КВП №№ 8 і 19) для СО і 58 місяців (КВП № 15) для пилу. Таким чином, можна зробити висновок про те, що виявлені максимальні періодичності для досліджуваних інгредієнтів відповідають довжині часових рядів. Чим довше ряд, тим більше ймовірність виявлення низькочастотних періодичностей. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень проведених раніше в роботі [7].

Таблиця 3.2 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових
рядах NO₂

N	<i>u</i>	<i>v</i>	A	ω	T	φ	TN
КВП №8							
1	0,004	-0,0004	0,003	0,107	58,5	-1,471	16
2	-0,002	-0,003	0,003	0,223	28,1	0,562	3
3	-0,002	-0,003	0,003	0,311	20,2	0,585	2
4	-0,003	-0,003	0,003	0,543	11,6	0,922	2
КВП №10							
1	-0,003	-0,005	0,006	0,233	27,0	0,528	2
2	-0,005	-0,0002	0,004	1,338	5,0	1,540	2
КВП №15							
1	-0,002	-0,002	0,003	0,194	32,3	0,687	4
2	-0,001	-0,003	0,003	0,311	20,2	0,338	1
3	-0,005	-0,00003	0,003	0,543	11,6	1,564	3
4	-0,002	0,0005	0,002	0,920	6,8	-1,361	2
5	-0,001	-0,002	0,002	1,036	6,1	0,478	1
6	-0,002	0,002	0,002	1,327	4,7	-0,576	2
7	-0,003	0,001	0,002	2,807	2,2	-1,277	1
КВП №16							
1	-0,001	-0,004	0,004	0,223	28,1	0,137	1
2	-0,005	0,0001	0,004	0,543	11,6	-1,549	3
3	-0,002	-0,0003	0,002	0,717	8,8	1,467	2
4	-0,003	0,0001	0,003	0,949	6,6	-1,542	2
5	-0,002	0,003	0,003	1,327	4,7	-0,649	2
КВП №17							
1	0,010	0,006	0,010	0,107	58,5	1,001	9
2	-0,012	-0,002	0,011	0,543	11,6	1,427	3
3	-0,006	-0,007	0,009	0,688	9,1	0,705	1
4	-0,001	0,010	0,009	1,327	4,7	-0,135	2
5	-0,008	0,006	0,009	1,472	4,3	-0,965	1

Таблиця 3.2 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах NO₂ (продовження)

КВП №18							
1	0,0003	-0,004	0,003	0,311	20,2	-0,082	10
2	-0,004	-0,001	0,004	0,543	11,6	1,448	3
3	-0,003	0,001	0,002	0,949	6,6	-1,329	2
4	-0,001	-0,002	0,003	1,036	6,1	0,298	1
5	-0,001	0,003	0,003	1,327	4,7	-0,215	2
6	-0,002	-0,001	0,002	2,517	2,5	1,268	1
КВП №19							
1	-0,003	-0,002	0,004	0,194	32,3	0,917	5
2	-0,002	-0,003	0,003	0,340	18,5	0,648	2
3	-0,004	0,0001	0,003	0,543	11,6	-1,541	3
4	-0,001	-0,003	0,003	1,036	6,1	0,363	1
5	-0,002	-0,0002	0,002	1,443	4,4	1,483	1
6	-0,002	-0,002	0,002	2,517	2,5	0,932	1
КВП №20							
1	-0,004	0,001	0,004	0,215	29,2	-1,329	8
2	-0,003	-0,002	0,004	0,367	17,1	0,831	2
3	-0,004	0,001	0,003	0,518	12,1	-1,388	3
4	-0,003	0,000001	0,003	1,388	4,5	-1,570	1

Таблиця 3.3 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах CO

N	<i>u</i>	<i>v</i>	A	ω	T	ϕ	N
КВП №8							
1	0,095	0,074	0,102	0,140	44,9	0,911	7
2	0,036	0,087	0,091	0,253	24,8	0,388	2
3	-0,102	0,024	0,086	0,556	11,3	-1,341	3
4	-0,119	0,055	0,091	1,161	5,4	-1,139	2
5	-0,069	0,110	0,111	2,484	2,5	-0,557	1
6	-0,150	0,015	0,112	2,598	2,4	-0,557	1

Таблиця 3.3 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах СО (продовження)							
КВП №10							
1	-0,302	0,141	0,219	0,151	41,5	-1,133	13
2	-0,084	0,248	0,213	0,356	17,7	-0,328	8
3	0,067	-0,162	0,169	0,601	10,5	-0,393	5
КВП №15							
1	-0,282	-0,245	0,297	0,329	19,1	0,856	3
2	-0,142	0,085	0,147	1,123	5,6	-1,029	2
3	-0,157	-0,060	0,149	1,388	4,5	1,204	1
4	-0,162	0,074	0,152	1,577	4,0	-1,141	1
КВП №16							
1	-0,171	0,094	0,193	0,215	29,2	-1,071	10
2	0,036	-0,348	0,261	0,329	19,1	-0,108	9
3	-0,052	-0,433	0,261	0,518	12,1	0,120	1
4	-0,289	-0,038	0,224	0,669	9,4	1,441	2
5	-0,058	-0,201	0,190	1,350	4,7	0,282	1
КВП №17							
1	-0,213	-0,221	0,221	0,367	17,1	0,765	2
2	-0,141	0,106	0,144	0,556	11,3	-0,922	4
3	-0,169	0,117	0,159	1,047	6,0	-0,966	2
КВП №18							
1	-0,251	-0,023	0,251	0,405	15,5	1,478	4
2	-0,117	0,170	0,165	0,556	11,3	-0,604	5
3	-0,068	0,194	0,186	0,745	8,4	-0,339	4
КВП №19							
1	0,093	0,254	0,271	0,140	44,9	0,352	3
2	-0,163	-0,018	0,159	0,291	21,6	1,458	5
3	0,028	-0,256	0,167	0,518	12,1	-0,110	6
4	-0,142	0,144	0,202	0,631	10,0	-0,782	4
КВП №20							
1	-0,036	-0,208	0,130	0,198	31,8	0,173	2
2	-0,057	-0,128	0,115	0,786	8,0	0,419	2
3	-0,131	-0,139	0,164	1,501	4,2	0,757	1
4	-0,112	-0,011	0,116	1,754	3,6	1,476	1
5	-0,101	0,034	0,110	2,174	2,9	-1,246	1
6	-0,134	-0,091	0,124	2,595	2,4	0,972	1

Таблиця 3.4 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових
рядах пилю

N	u	v	A	ω	T	φ	N
КВП №8							
1	-0,002	-0,011	0,013	0,565	11,1	0,205	1
2	0,017	0,003	0,013	0,637	9,9	1,409	2
3	-0,006	0,005	0,010	1,069	5,9	-0,938	2
4	-0,003	-0,014	0,011	1,213	5,2	0,187	1
5	-0,015	-0,011	0,014	1,573	4,0	0,915	1
6	-0,013	0,007	0,010	2,797	2,2	-1,056	1
КВП №10							
1	-0,022	0,036	0,030	0,519	12,1	-0,546	5
2	0,031	0,019	0,028	0,724	8,7	1,016	1
3	-0,022	0,027	0,026	1,215	5,2	-0,673	2
4	-0,019	-0,009	0,022	1,542	4,1	1,144	1
5	-0,027	-0,002	0,022	1,910	3,3	1,490	1
КВП №15							
1	-0,046	0,067	0,057	0,107	58,5	-0,606	24
2	0,053	-0,048	0,038	0,194	32,3	-1,485	9
3	0,016	0,023	0,024	0,427	14,7	0,596	1
4	-0,028	-0,027	0,037	0,514	12,2	0,789	2
5	0,017	0,023	0,024	0,688	9,1	0,629	1
КВП №16							
1	0,046	-0,005	0,041	0,194	32,3	-1,460	9
2	-0,040	-0,050	0,046	0,514	12,2	0,677	1
3	-0,016	0,036	0,029	0,601	10,5	-0,418	6
4	-0,034	0,006	0,021	1,501	4,2	-1,391	1
КВП №17							
1	-0,055	0,029	0,054	0,165	38,0	-1,077	12
2	-0,055	-0,071	0,064	0,514	12,2	0,663	1
3	0,048	0,021	0,035	0,688	9,1	1,150	2
КВП №18							
1	-0,066	-0,007	0,054	0,165	38,0	1,461	9

Таблиця 3.4 - Характеристики періодичностей, прихованих у часових рядах пилю (продовження)

2	-0,087	-0,077	0,089	0,514	12,2	0,844	2
3	0,023	-0,038	0,038	0,630	10,0	-0,550	4
4	-0,053	-0,012	0,035	1,211	5,2	1,353	1
КВП №19							
1	0,002	0,030	0,020	0,311	20,2	0,073	1
2	-0,036	-0,050	0,040	0,514	12,2	0,623	1
3	-0,013	0,031	0,029	0,601	10,5	-0,386	5
4	-0,037	-0,007	0,025	1,211	5,2	1,380	1
5	-0,031	-0,015	0,021	2,053	3,1	1,129	1
КВП №20							
1	-0,044	-0,036	0,036	0,518	12,1	0,894	2
2	-0,013	0,006	0,015	0,669	9,4	-1,126	3
3	0,003	0,022	0,017	0,896	7,0	0,119	1
4	-0,022	-0,001	0,016	1,047	6,0	1,543	2

Можна також відзначити, що періодичності, отримані в [7], відповідають меншому періоду дослідження часових рядів домішок (1976–1987 рр.), а збільшення періоду досліджуваних рядів до 27 років, слід вважати, спричиняє збільшення максимальних періодичностей з виявленими низькочастотними амплітудами.

У результаті ковзного осереднення за допомогою оператора, що визначається рівнянням (3.25) з врахуванням (3.26), виділені детерміновані основи часових рядів середньомісячних концентрацій інгредієнтів для всіх КВП міста.

Аналіз тенденцій зміни в часі рівня забруднення атмосфери проводився на основі методу, описаного в параграфі 3.2

У табл. 3.5 приводиться тривалість спостережень за концентраціями інгредієнтів, використаних при дослідженні.

Таблиця 3.5 - Тривалість спостережень (місяці) за концентраціями інгредієнтів, використаних при дослідженні

Інгредієнт	Контрольно-вимірювальний пост							
	8	10	15	16	17	18	19	20
SO_2	324	222	324	324	324	324	324	252
NO_2	324	222	324	324	324	324	324	252
CO	264	222	252	252	252	252	252	228
Пил	264	222	324	324	324	324	324	252

На рис. 3.2 – 3.5 представлені виділені розрахунковим шляхом детерміновані складові часових рядів середньомісячних концентрацій SO_2 , NO_2 , CO і пилу. Детерміновані основи діоксиду сірки зображені на рис. 3.2. На графіках досить добре простежується загальна тенденція зміни вмісту домішки в атмосфері міста із часом. Згладжений часовий ряд можна умовно розділити на три періоди.

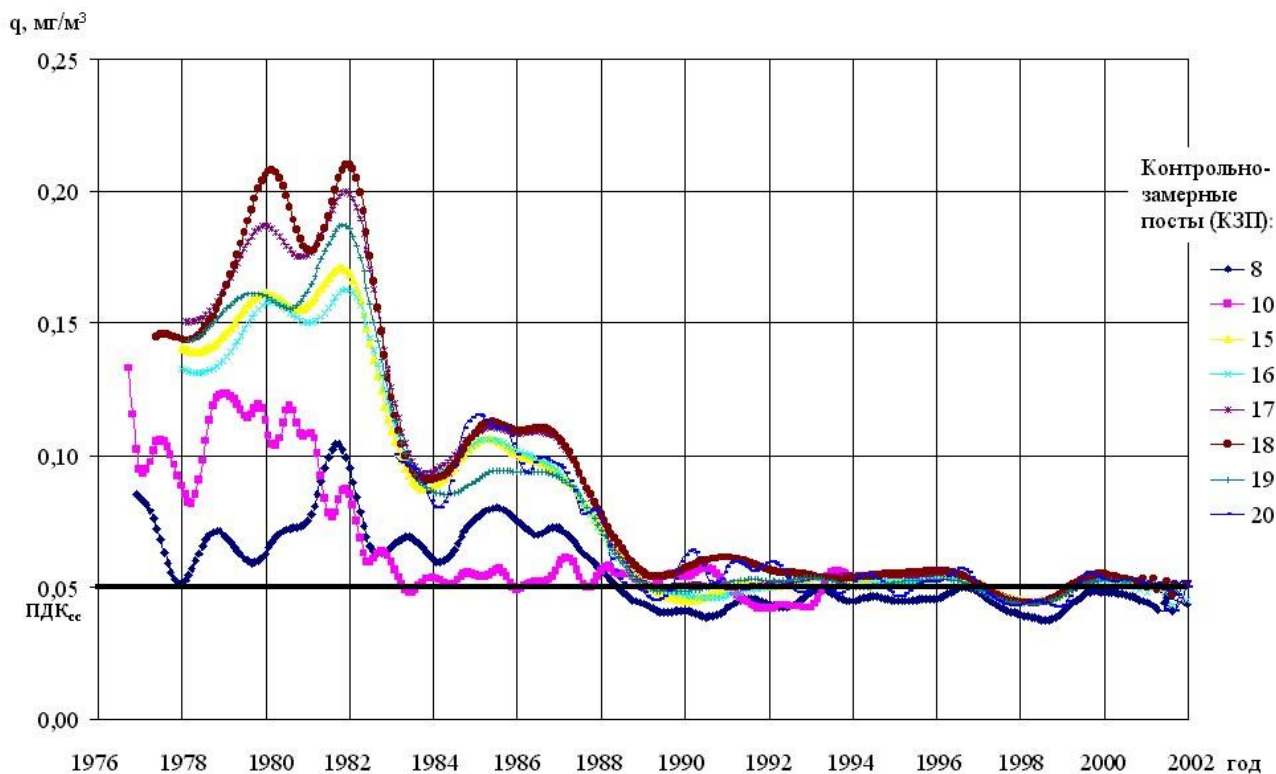


Рисунок 3.2 - Згладжені часові ряди. Діоксид сірки (SO_2)

Перший період (до 1982 р.) характеризується значним збільшенням вмісту SO_2 у повітряному басейні міста у всіх районах. Далі (до 1984 року) відзначається спад рівня забруднення повітряного басейну діоксидом сірки, однак у всіх районах міста концентрації домішки перевищують значення ГДК_{сд} ($0,05 \text{ мг/м}^3$); 2 період відзначається максимумами концентрацій наприкінці 1985 – початку 1986 р. Така тенденція збільшення концентрацій SO_2 простежується у всіх районах міста. Третій період характеризується тенденцією до зменшення вмісту SO_2 в атмосфері міста. Починаючи з 1990 року, концентрація домішки наближається до значення ГДК_{сд} і коливається в цих межах у всіх районах міста дотепер. На трендову компоненту накладаються коливання. Досить чітко проявляється річний хід у детермінованій основі, побудованій за даним КВП №8, що розташований у курортній зоні міста, з максимальними значеннями концентрації домішки взимку й мінімальними влітку. Однак дана тенденція простежується до 1988 року. У наступні роки й по теперішній час однозначного періоду цих коливань не виявляється, що пов'язано, очевидно, з переходом опалювальних систем на газ. На рис. 3.3 представлені складові часові ряди концентрації діоксиду азоту.

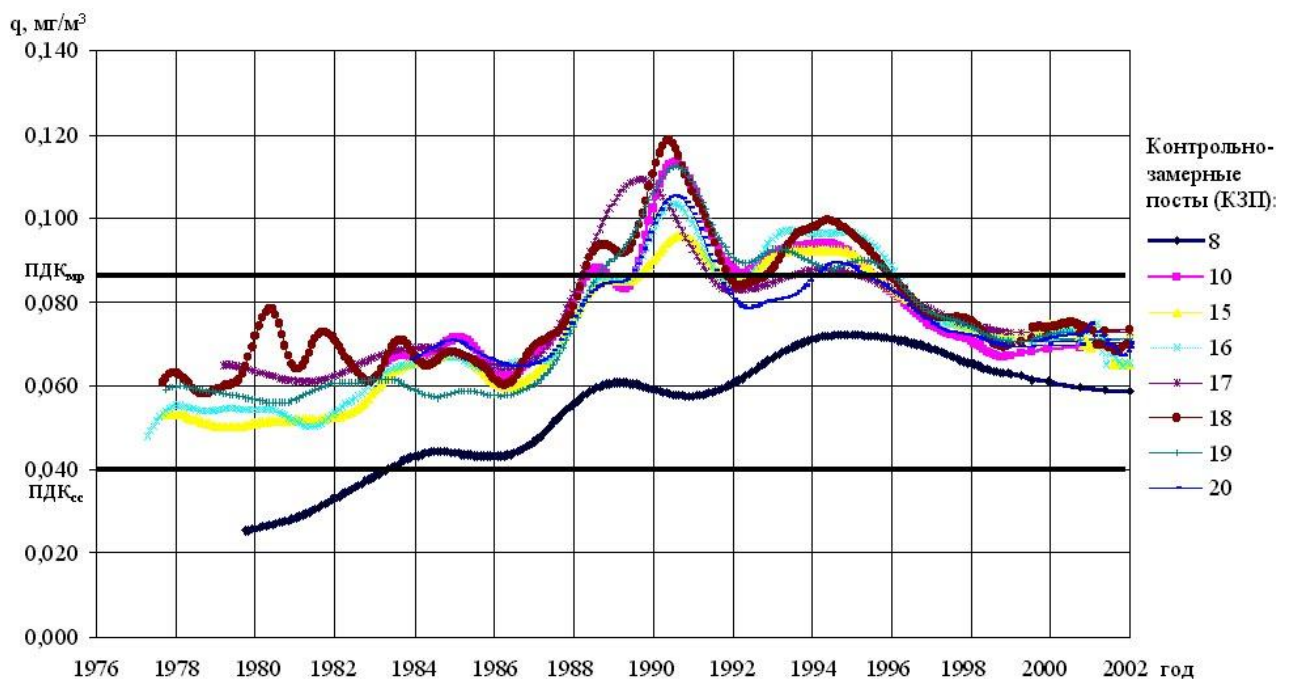


Рисунок 3.3 - Згладжені часові ряди. Діоксид азоту (NO_2)

На графіках чітко простежується тенденція збільшення рівня забруднення повітряного басейну діоксидом азоту у всіх районах міста аж до середини 1990 року. У наступні роки спостерігається деякий спад, а потім знову збільшення вмісту забруднюючої речовини в атмосфері міста. У цілому, слід зазначити, що рівень забруднення повітряного басейну міста залишається досить високим. Навіть у прибережній курортній зоні, що відрізняється більш низьким вмістом забруднюючих речовин у порівнянні з іншою частиною міста, з 1983 року й дотепер спостерігаються концентрації NO_2 , що перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$. Із середини 1988 року по 1996 рік у повітряному басейні міста спостерігалися концентрації, що перевищують $\text{ГДК}_{\text{мр}}$ в 1,1–1,5 рази, як у промисловій, так і в центральній частинах міста.

На трендові компоненти накладаються довгоперіодні коливання з максимумами, що припадають в основному на теплі місяці року, і зимовими мінімумами, що обумовлено, очевидно, зміною інтенсивності руху автотранспорту від сезону до сезону. За останні шість років дослідження картина трохи змінилася – у тенденції зміни рівня забруднення повітряного басейну відсутній чітко виражений річний хід концентрації NO_2 .

Детерміновані складові часових рядів середньомісячних концентрацій оксиду вуглецю представлені на рис. 3.4. Аналіз графіків показує, що рівень забруднення повітря в цілому по місту значно відрізняється від прибережної курортної зони (КВП №8), де вміст CO залишається практично постійним і лише за останні два роки дослідження трохи зріс, однак не перевищує $\text{ГДК}_{\text{сд}}$.

Загалом, вміст оксиду вуглецю в повітряному басейні міста Одеси за останні шість років, як і у випадку з діоксидом азоту, має тенденцію до значного росту, що пов'язано, насамперед, із впливом викидів автотранспорту, чисельність якого стрімко зростає. Якщо раніше концентрація забруднюючої речовини в атмосфері коливалася в межах 0,3–1,27 $\text{ГДК}_{\text{сд}}$, то з 1996 року спостерігаються перевищення $\text{ГДК}_{\text{мр}}$, а в 2001 році концентрація CO в атмосфері міста досягла 1,42 $\text{ГДК}_{\text{мр}}$.

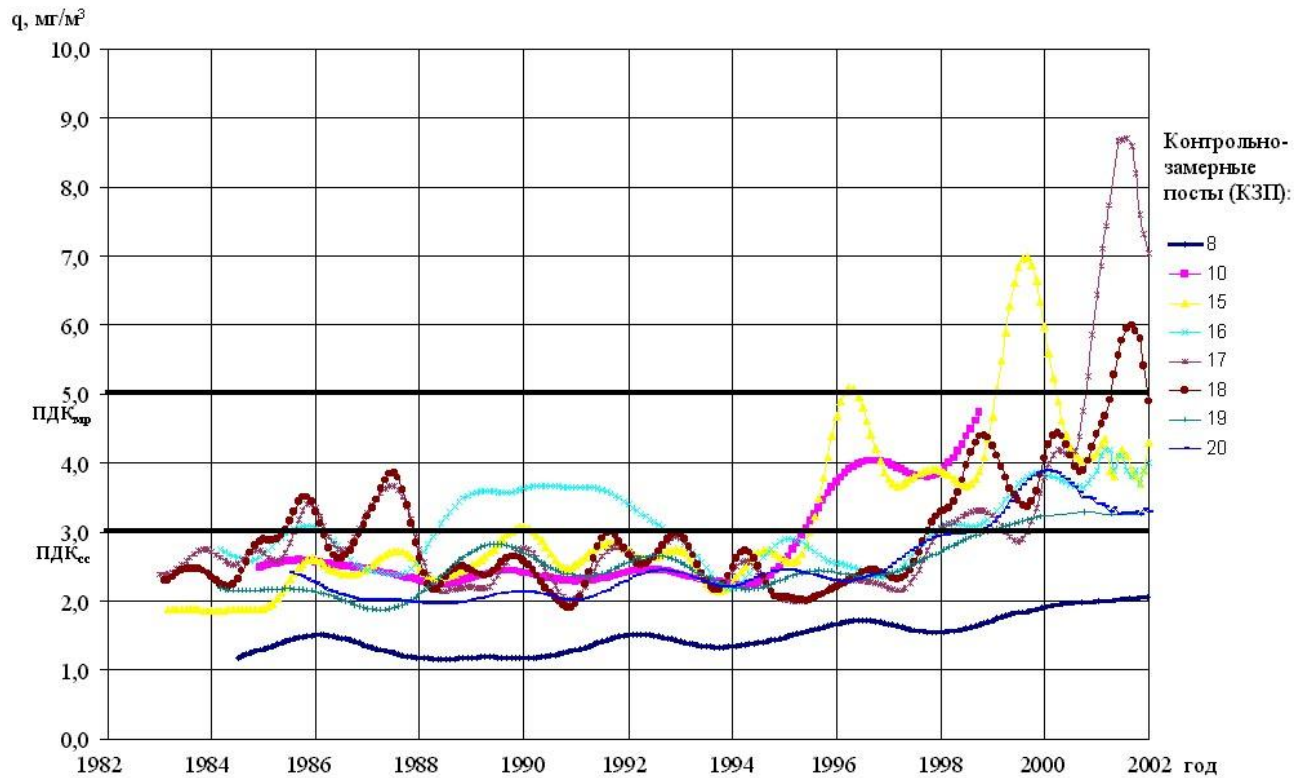


Рисунок 3.4 - Згладжені часові ряди. Оксид вуглецю (CO)

На рис. 3.5 зображені детерміновані основи часових рядів концентрацій пилю.

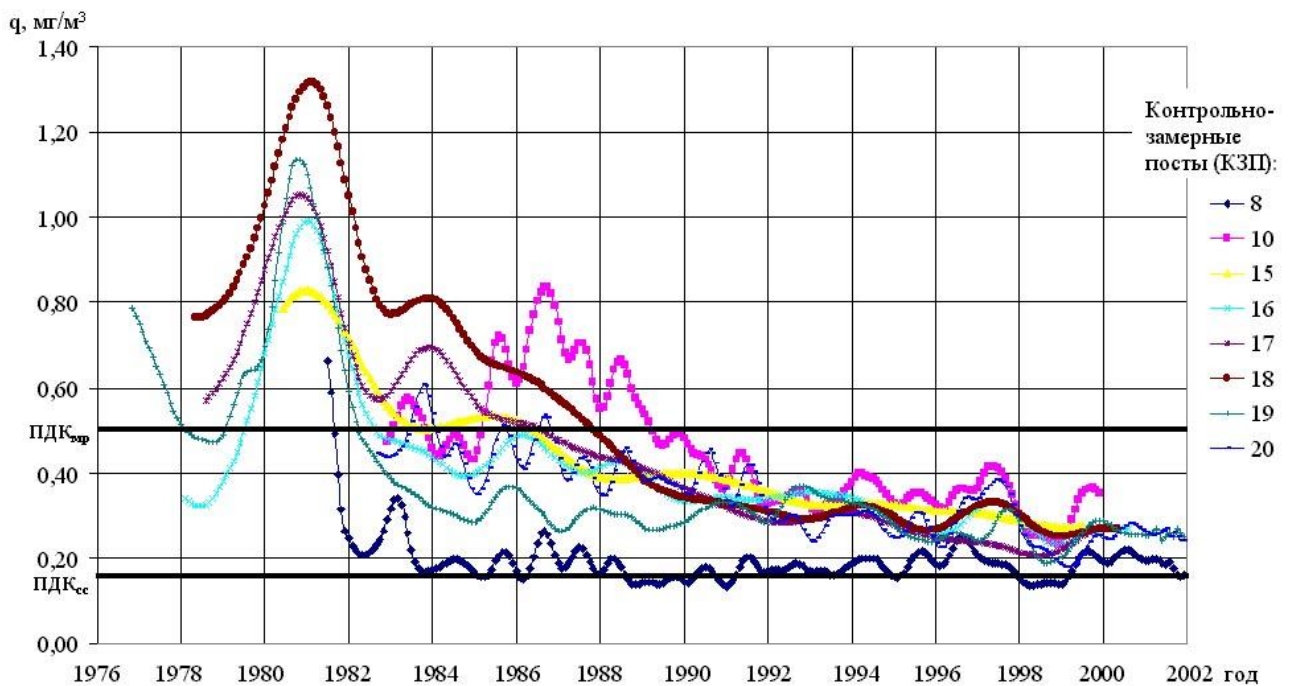


Рисунок 3.5 - Згладжені часові ряди. Пил

Звертає на себе увагу гарна виражена синхронність коливань концентрації пилу у всіх районах міста. Весь період інструментальних вимірів домішки можна розділити на два часових інтервали.

Протягом першого з них, що охопили 1978 – 1981 роки, спостерігався стійкий ріст концентрації пилу в атмосфері міста, який досяг максимумів улітку в 1980 і 1981 роках, і що склали 2,24 ГДК_{мр} і 2,62 ГДК_{мр} на КВП №19 і КВП №18 відповідно. Як і слід було сподіватися, максимумами запиленості припадають на літо, коли повітря забруднюється як промисловим пилом, так і пилом природного походження.

Другий період бере початок в 1981 році і триває по теперішній час. Він характеризується тим, що майже у всіх районах міста відзначається тренд убик зменшення концентрації пилу.

З 1990 року концентрація домішки в повітряному басейні міста досягла значень ГДК_{мр} і поступово продовжує зменшуватися, однак, поряд із зазначеною тенденцією, рівень забруднення повітря пилом продовжує залишатися високим, тому що по всьому місту відзначається перевищення ГДК_{сд}.

Таким чином, аналіз часових рядів показав, що забруднення атмосфери міста за останні роки діоксидом азоту і оксидом вуглецю має тенденцію до збільшення. Забруднення атмосфери пилом і діоксидом сірки має зворотну тенденцію. Однак слід зазначити, що по всіх досліджуваних домішках рівень забруднення повітряного басейну міста перевищує встановлені для населених пунктів санітарно-гігієнічні нормативи – середньодобові ГДК [217, 219].

Дана методика дослідження статистичної структури концентрацій інгредієнтів дає можливість одержання ряду важливих характеристик, які є основою для глибокого аналізу стану повітряного басейну міста, тенденцій забруднення атмосфери промисловими викидами та пересувними джерелами, а також джерелами природнього походження для розробки природоохоронних заходів щодо забезпечення чистоти атмосферного повітря.

3. 4. Просторовий розподіл домішок

Аналіз особливостей зміни концентрацій домішок у часі дав нам можливість припустити, що останні шість років дослідження мають у цілому схожу динаміку рівня забруднення повітряного басейну міста в порівнянні з попередніми роками. Це також підтверджується графічними зображеннями детермінованих складових рядів концентрацій інгредієнтів (рис. 3.2–3.5).

За результатами численних досліджень [218-226], навіть за п'ятирічний період рівень забруднення повітряного басейну може змінитися більш ніж у 2 рази, що пов'язано зі зміною антропогенного навантаження, насамперед – введенням нових виробничих потужностей і збільшенням парку автомобілів. Дані останніх досліджень підтверджують це.

У табл. А.1 Додатку А представлені розраховані середні значення (q) й середньоквадратичні відхилення (σ) середньорічних концентрацій основних інгредієнтів для семи контрольно-вимірjuвальних постів міста за період 1996–2002 рр.

Істотні розходження у величинах оцінок статистичних моментів указують на необхідність проведення перевірки статистичної гіпотези H_0 про однорідність часових рядів концентрацій інгредієнтів.

Виконано оцінку статистичної однорідності часових рядів середньомісячних концентрацій інгредієнтів у повітряному басейні Одеси за період спостережень із 1996 по 2002 рр. за допомогою непараметричного критерію Вілкоксона [220, 221].

Виявилося, що статистично однорідним періодом часу, коли рівень забруднення повітряного басейну істотно не мінявся, для діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю й пилу є 2000–2002 рр.

Аналіз просторової статистичної однорідності часових рядів концентрацій шкідливих домішок, складених за даними вимірів на КВП, розташованих у різних

частинах міста, дозволив виділити райони міста однорідні за рівнем і динамікою зміни рівня забруднення атмосфери.

Результати аналізу представлені в табл. 3.6. На території міста виділяються два райони з однаковим рівнем забруднення атмосфери для NO_2 і SO_2 , чотири для CO і три райони для пилу.

Таблиця 3.6 - Результати перевірки статистичної гіпотези про просторову однорідність рядів концентрацій інгредієнтів

Інгредієнт	Групи КВП із однорідними рядами			
	1	2	3	4
Діоксид сірки (SO_2)	8	15, 16, 17, 18, 19, 20	-	-
Діоксид азоту (NO_2)	8	15, 16, 17, 18, 19, 20	-	-
Оксид вуглецю (CO)	8	19, 20	15, 16, 18	17
Пил	8	16, 17, 18, 19, 20	15	-

Статистично однорідні часові ряди середньомісячних концентрацій шкідливих домішок дали можливість сформувати вибірки даних для кожного з районів, що дозволило в ряді випадків істотно збільшити їхні об'єми. По цих сукупностях були розраховані основні статистичні характеристики – середні концентрації q , середньоквадратичні відхилення S_q , дисперсії σ^2 , коефіцієнти асиметрії A і ексцесу E , а також їх середньоквадратичні похибки (S_σ , S_A , і S_E), які зведені в табл. 3.7.

З табл. 3.7 видно, що для всіх досліджуваних домішок у перший район віднесений КВП №8, розташований у прибережній курортній частині міста. Для нього характерний найменший вміст забруднюючих речовин у атмосфері в порівнянні з іншими виділеними районами, що, очевидно, пов'язане з відсутністю промислових об'єктів, незначною інтенсивністю автотранспортних засобів, а також поглинаючими властивостями морської поверхні. У міру віддалення від берега концентрація забруднюючих речовин над містом збільшується. Така тенденція характерна для всіх розглянутих домішок.

Однак слід зазначити, що в даному районі для діоксиду азоту відзначається перевищення середньомісячною концентрацією значення ГДК_{сд} в 1,5 рази, а для пилу в 1,27 рази, що свідчить про невідповідність нормативам якості атмосферного повітря. Другий виділений район, що охоплює іншу частину міста, характеризується більш високим рівнем забруднення діоксидом сірки й діоксидом азоту й становить 1,02 ГДК_{сд} і 1,75 ГДК_{сд} відповідно.

Таблиця 3.7 - Статистичні параметри середньомісячних концентрацій шкідливих домішок повітряного басейну м. Одеси

Район	N	q	S_q	σ^2	S_σ	A	S_A	E	S_E
Діоксид сірки (ГДК _{сд} =0,05 мг/м ³)									
1	36	0,044	0,0041	0,00005	0,0005	-0,67	0,41	0,66	0,81
2	216	0,051	0,0046	0,00002	0,0002	-0,72	0,16	1,89	0,33
Діоксид азоту (ГДК _{сд} =0,04 мг/м ³)									
1	36	0,060	0,0095	0,00009	0,0011	0,084	0,41	-0,92	0,81
2	216	0,070	0,0094	0,00009	0,0004	0,156	0,17	-0,28	0,33
Оксид вуглецю (ГДК _{сд} =3 мг/м ³)									
1	36	1,87	0,51	0,26	0,060	0,10	0,41	-0,22	0,82
2	72	3,33	0,55	0,30	0,046	1,68	0,29	6,33	0,58
3	108	4,02	0,88	0,77	0,060	2,31	0,24	10,5	0,47
4	36	5,40	2,58	6,64	0,306	1,11	0,41	0,33	0,82
Пил (ГДК _{сд} =0,15 мг/м ³)									
1	36	0,19	0,044	0,0019	0,0052	-0,21	0,41	-0,21	0,82
2	180	0,24	0,042	0,0017	0,0022	0,054	0,18	-0,27	0,36
3	36	0,27	0,041	0,0016	0,0048	-0,075	0,41	-0,84	0,81

Що стосується оксиду вуглецю й пилу, то рівень забруднення також є підвищеним, про що свідчать перевищення ГДК_{сд} в 1,11 рази для СО і 1,6 рази для пилу в другому виділеному районі. Як відзначалося вище, для пилу було виділено три райони, однорідних за рівнем і динамікою забруднення. У третій район, що характеризується як найбільш забруднений відносно інших районів, увійшов КВП №15, розташований на північ від центра міста (вул. Софіївська), а на північний схід від нього розташовані великі промислові підприємства: Одеський судноремонтний завод (СРЗ), заводи «Червона гвардія», синтетичних виробів, сільськогосподарського машинобудування (ЗОР),ін. Тут спостерігаються середні значення концентрації забруднюючої речовини, що перевищують санітарно-гігієнічні нормативи якості повітря в 1,8 рази.

Щодо характеру просторового розподілу оксиду вуглецю в місті слід зазначити неоднорідну структуру забруднення повітряного басейну даним інгредієнтом. Як було зазначено вище, для СО виділено чотири райони. У третій район були включені КВП, що характеризують рівень забруднення атмосфери в центральній і північно-західній частині міста, зі значною кількістю антропогенних джерел викидів. Тут середнє значення концентрації оксиду вуглецю досягає 1,34 ГДК_{сд}.

У четвертий район увійшов КВП №17, розташований у районі автовокзалу. Тут відзначається найбільше середнє значення концентрації інгредієнта в повітряному басейні міста, що перевищує санітарно-гігієнічні критерії якості повітря. Так, перевищення ГДК_{сд} склало 1,8 рази, ГДК_{мр} – 1,08 рази. З погляду оцінки екологічного стану повітряного басейну великого міста становлять інтерес перевищення певних меж концентрацій інгредієнтів.

У зв'язку із цим були розраховані емпіричні частоти розподілу середньодобових концентрацій інгредієнтів по районах, а потім їх імовірності.

На рис. 3.6 – 3.16 представлені гістограми розподілу концентрацій досліджуваних домішок.

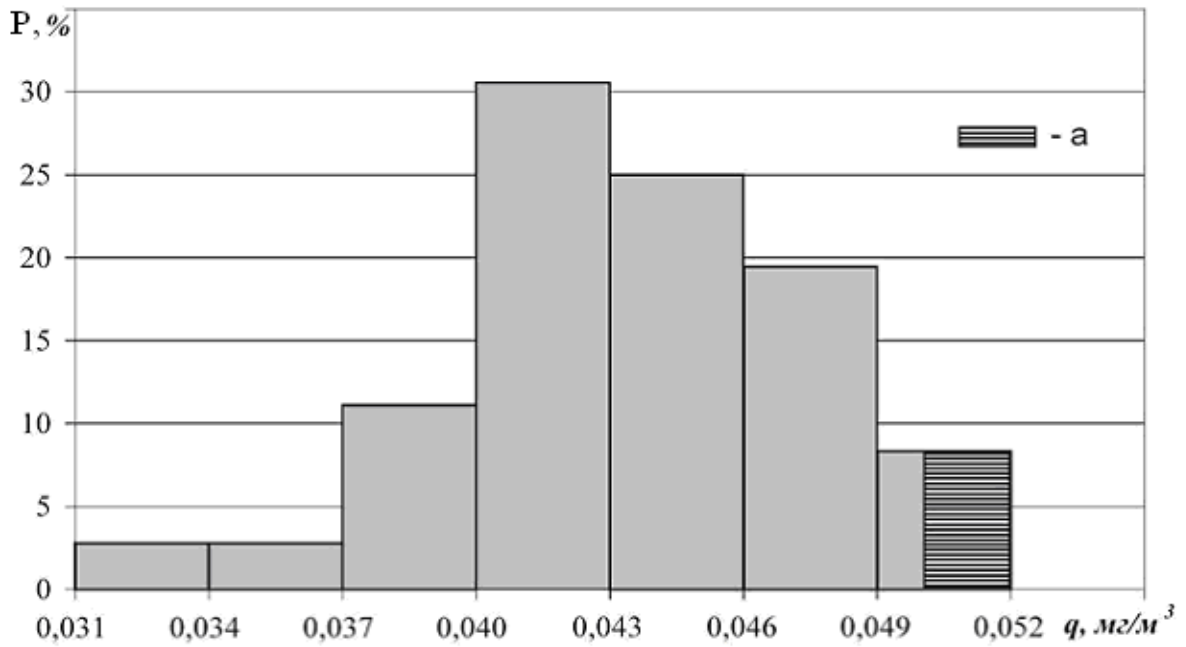


Рисунок 3.6 - Гістограма розподілу діоксиду сірки. 1-ий район (а – область перевищення значень ГДК_{сд})

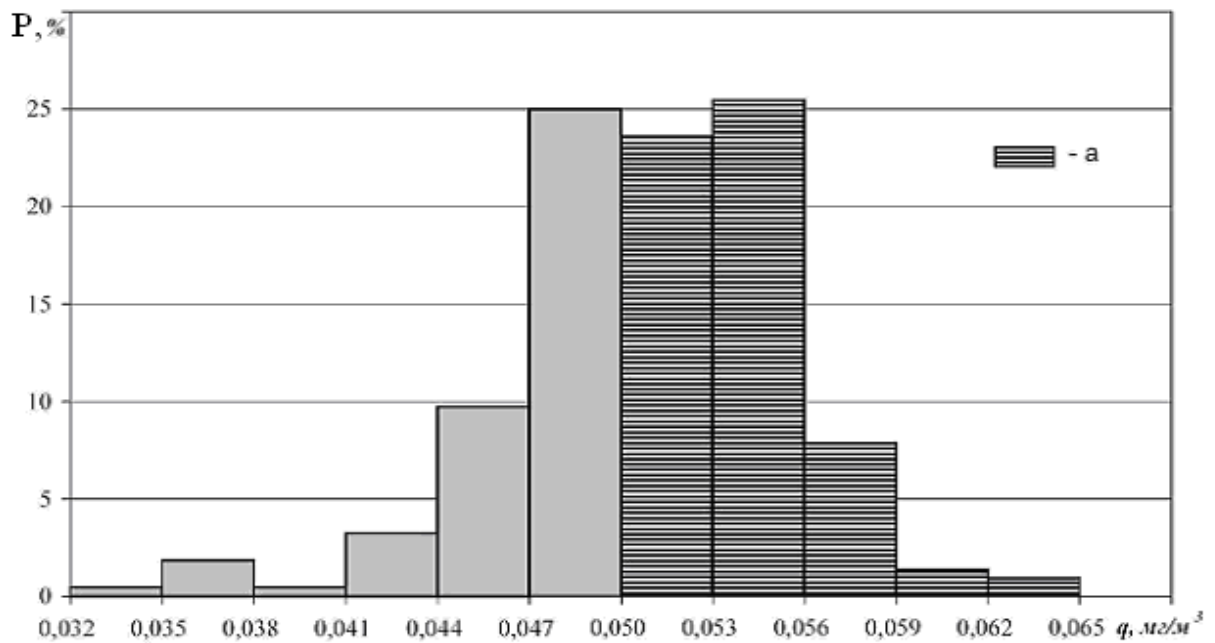


Рисунок 3.7 - Гістограма розподілу діоксиду сірки. 2-ий район.
а – область перевищення значень ГДК_{сд}

Аналіз гістограм розподілу діоксиду сірки показує, що найбільша ймовірність попадання концентрацій інгредієнта припадає на діапазон 0,040 – 0,043 мг/м³ і становить 30,5 % для 1-го району (рис.3.6), і 0,047 – 0,056 мг/м³ і

становить близько 74 % – для 2-го району (рис.3.7). Отримані дані свідчать про досить високу ймовірність перевищення ГДК_{сд} у другому виділеному районі, що охоплює більшу частину міста.

Також слід зазначити, що перевищення середньодобовими концентраціями SO₂ значень ГДК_{сд} становить 51,5 % для другого району, а для першого району – 8,3 %.

Для діоксиду азоту характерна 100 % - ва ймовірність перевищення рівня ГДК_{сд} середньодобовими значеннями концентрацій для кожного з виділених районів (рис. 3.8, 3.9). Максимум імовірності припадає на діапазон значень 0,06–0,07 мг/м³ для першого виділеного району й становить 38,9 %. Також відзначається діапазон 0,04–0,05 мг/м³ з імовірністю 36,1 % (рис. 3.8). У другому виділеному районі (рис. 3.9) максимум імовірності припадає на діапазон 0,063 – 0,076 мг/м³ і становить 38,4 %. Слід також зазначити, що для даного виділеного району, що охоплює більшу частину міста, також відзначаються перевищення ГДК_{мр}, що становлять 13,8 %.

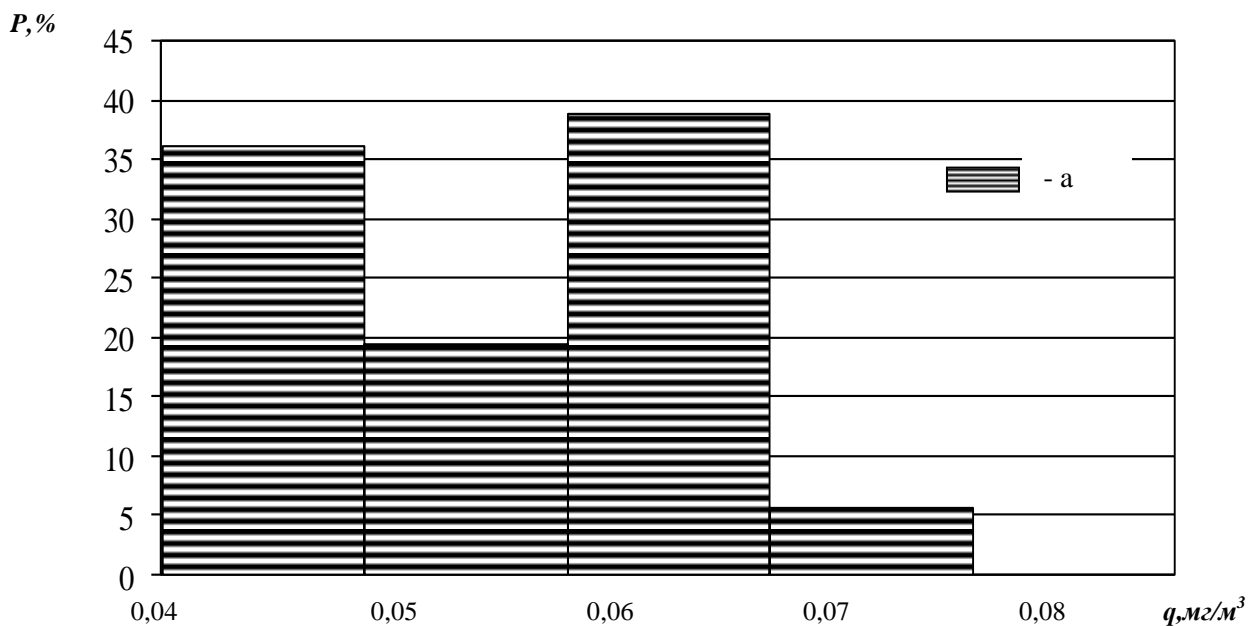


Рисунок 3.8 - Гістограма розподілу діоксиду азоту. 1-ий район.

а – область перевищення ГДК_{сд}



Рисунок 3.9 - Гістограма розподілу діоксиду азоту. 2-ий район.

a – область перевищення значень ГДК_{сд}; b- область перевищення значень ГДК_{мр}

Що стосується оксиду вуглецю, то для даного інгредієнта, як вказувалося вище, було виділено чотири райони. Для першого з них, що характеризує рівень забруднення повітряного басейну в прибережній курортній частині міста, перевищень значення ГДК_{сд} не спостерігається (рис. 3.10). Максимум імовірності припадає на діапазон 1,5 – 2,0 мг/м³. Для другого, третього й четвертого районів міста характерне перевищення нормативів якості атмосферного повітря. Так, для другого району ймовірність перевищення значення ГДК_{сд} склала – 71,5 % (рис. 3.11), для 3 – 91,7 % (рис. 3.12) і 85 % – для 4 (рис. 3.13). У 2, 3 й 4 районах також відзначаються перевищення ГДК_{мр} (2,3 %, 6,9 %, 46,7% відповідно).

Максимуми ймовірностей припадають на діапазони значень середньодобових концентрацій 2,8 – 3,6 мг/м³ (рис. 3.11); 3,4 – 4,8 мг/м³ (рис. 3.12) і 2,0 – 4,5 мг/м³ (рис. 3.13) відповідно.

Для пилу в третьому виділеному районі, що характеризується найбільш високим рівнем забруднення атмосфери даним інгредієнтом у порівнянні з іншими районами міста, відзначається 100%-ва ймовірність перевищення ГДК_{сд} (рис. 3.16).

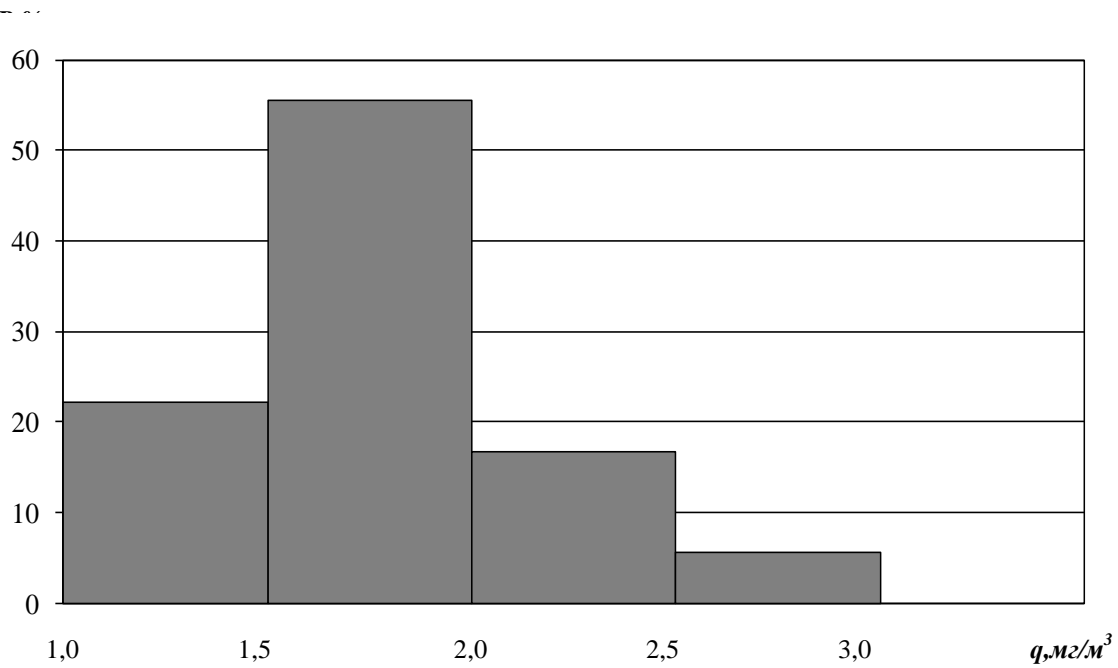


Рисунок 3.10 - Гістограма розподілу оксиду вуглецю. 1-ий район.

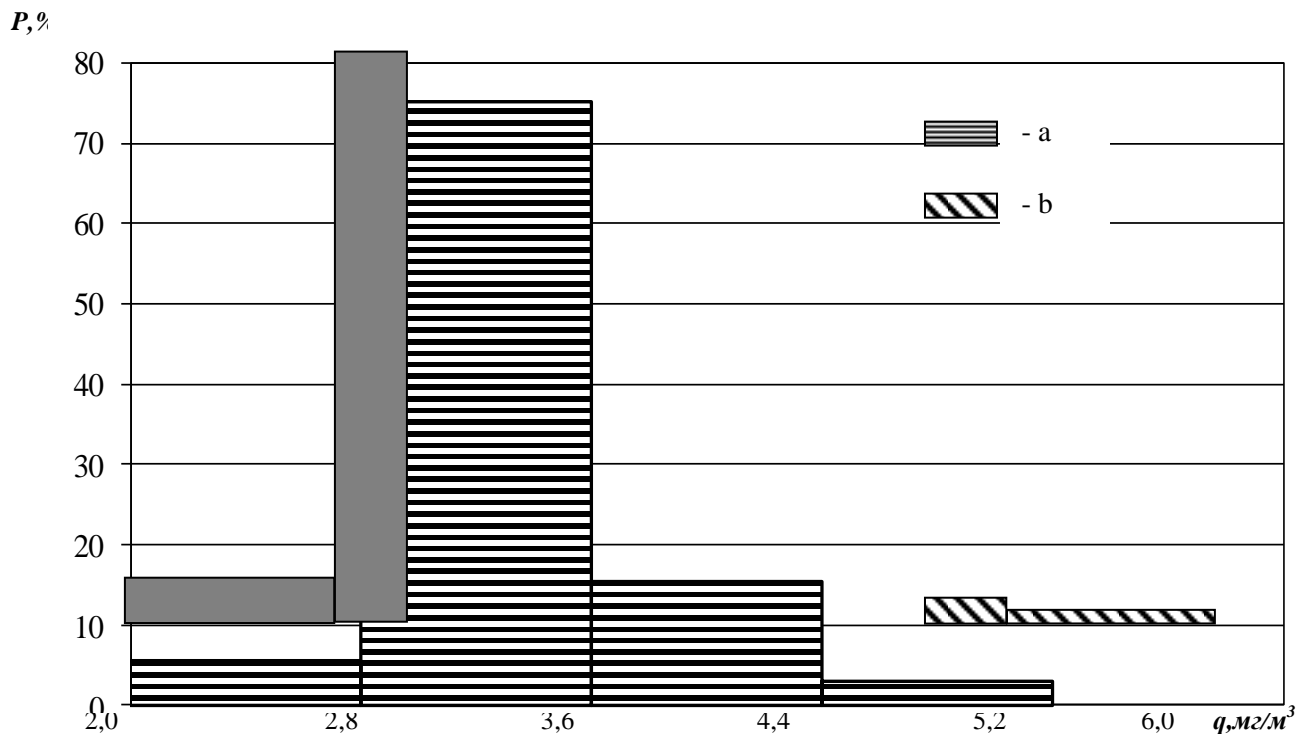


Рисунок 3.11 - Гістограма розподілу оксиду вуглецю. 2-ий район.

a – область перевищення значень ГДК_{сд}; b– область перевищення значень ГДК_{мр}

Це характерно також для першого й другого районів (рис. 3.14, 3.15). Максимум імовірності припадає на діапазон $0,15 - 0,20 \text{ мг/м}^3$ і становить $55,6 \%$ – для першого району (рис. 3.12); $0,24 - 0,31 \text{ мг/м}^3$ і становить $51,7 \%$ – для другого району (рис. 3.15); $0,28 - 0,32 \text{ мг/м}^3$ і становить $38,9\%$ – для третього району (рис. 3.16).

Перевищення середньодобовими концентраціями інгредієнта значень $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ склали $80,2 \%$ (рис. 3.12) і $98,9 \%$ (рис. 3.13) для першого й другого районів відповідно.

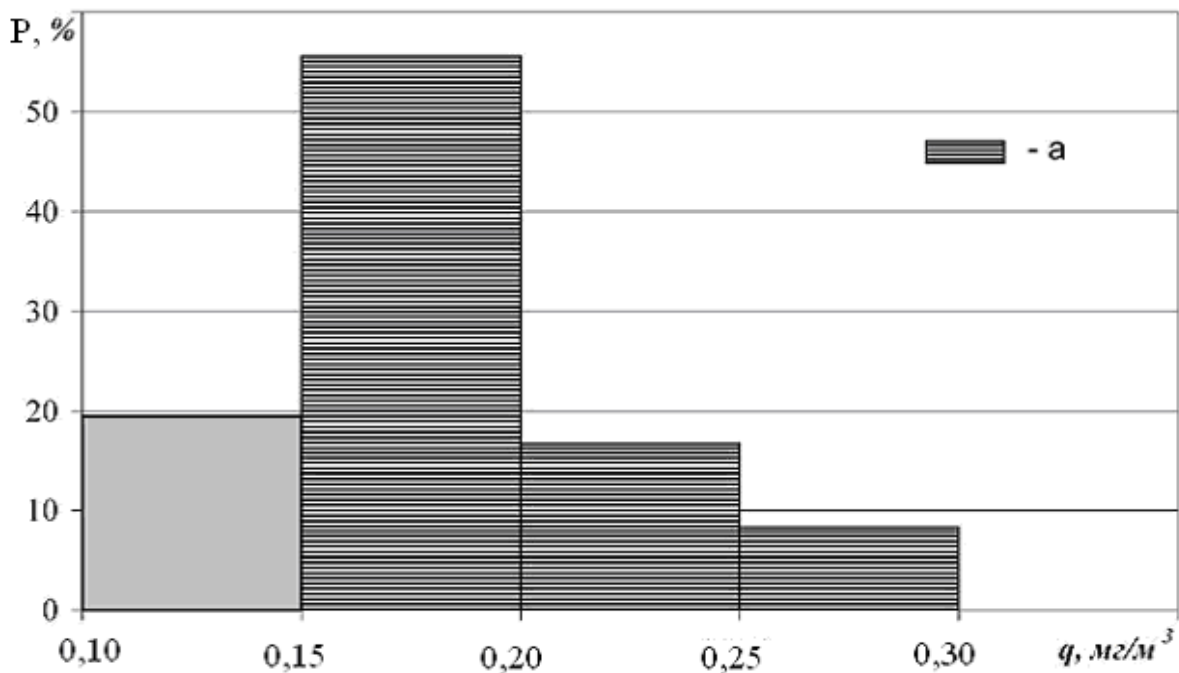


Рисунок 3.12 - Гістограма розподілу пилу. 1-ий район; а – область перевищення значень $\text{ГДК}_{\text{сд}}$

3. 5. Висновки до розділу 3

Таким чином, статистичні дослідження й аналіз їх результатів показали, що середній рівень забруднення повітряного басейну в місті Одесі за останні три роки досліджуваного періоду спостережень є досить високим, про що свідчить перевищення санітарно-гігієнічних норм якості атмосферного повітря в окремих

районах міста для кожної досліджуваної домішки [222, 223].

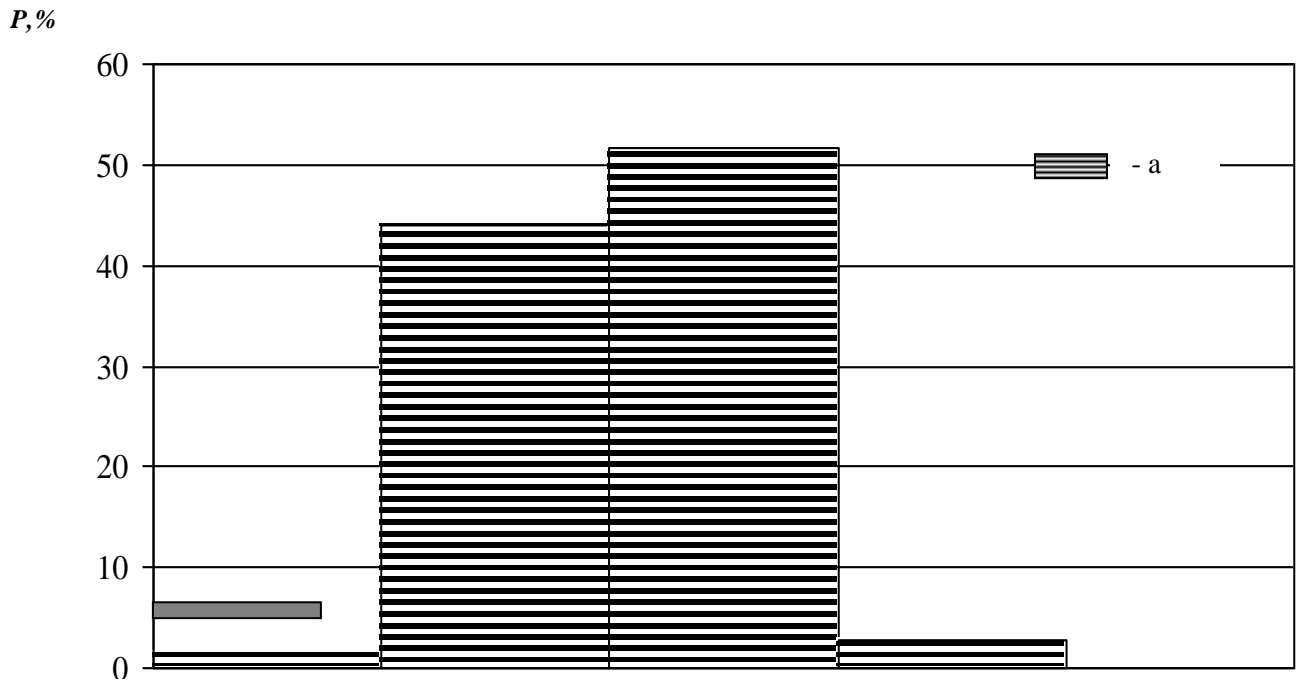


Рисунок 3.13 - Гістограма розподілу пилу. 2-ий район.

a – область перевищення значень ГДК_{сд}

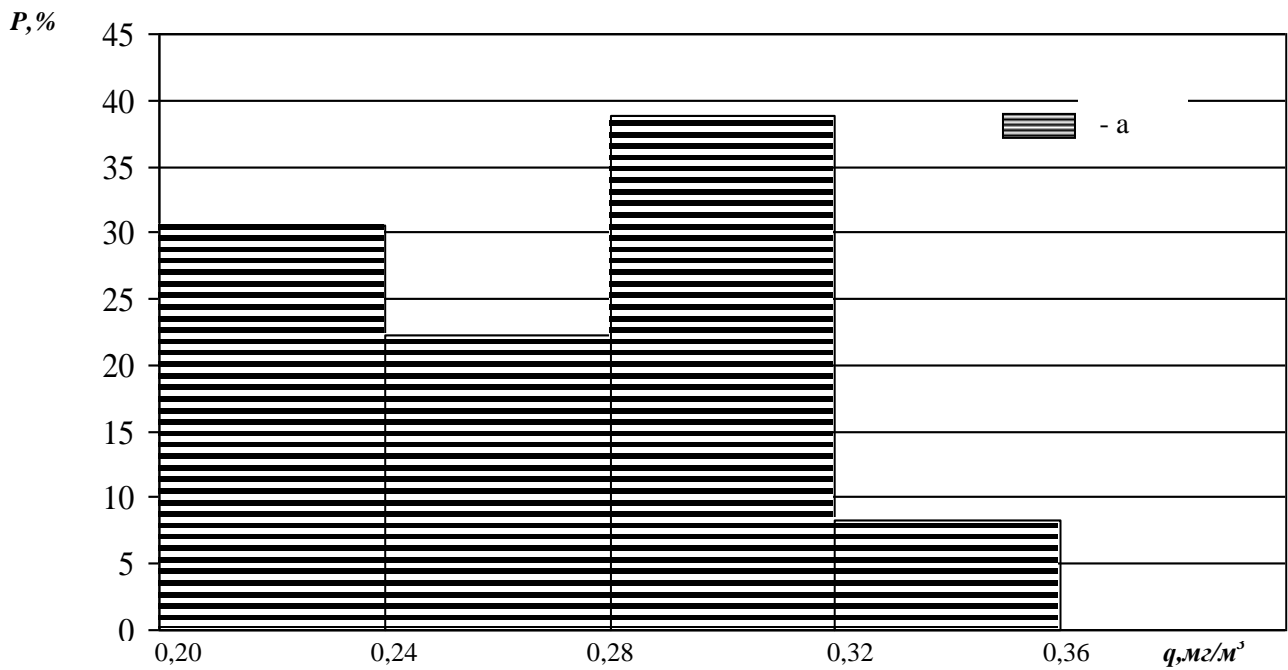


Рисунок 3.14 - Гістограма розподілу пилу. 3-ий район.

a – область перевищення значень ГДК_{сд}

Отримані дані свідчать про те, що швидкість накопичення шкідливих речовин в атмосфері міста в ряді випадків набагато перевищує можливості самоочищення повітря, що вимагає невідкладних заходів щодо прийняття управлінських науково обґрунтованих рішень, спрямованих на зниження антропогенного навантаження на повітряний басейн міста.

Основою для розробки об'єктивної оцінки стану забруднення повітряного басейну й можливих заходів щодо забезпечення чистоти атмосфери можуть служити дослідження, які пов'язані, насамперед, із проведенням комплексним вивченням закономірностей просторово-часового розподілу домішок. Очевидно, що й рішення питань про нормування шкідливих речовин безпосередньо залежить від врахування розсіювання їх від антропогенних джерел. Необхідна розробка принципів взаємного розміщення промислових об'єктів і житлових масивів, потрібен прогноз метеорологічних умов, що є одними з основних факторів, що формують рівень забруднення атмосфери.

4. ПОЛЯ ФОНОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПОВІТРЯНОМУ БАСЕЙНІ МІСТА ОДЕСИ

4.1 Методика визначення фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Фонова концентрація характеризує сумарну концентрацію речовини, яка створюється викидами всіх джерел, розташованих на даній території. Вона є характеристикою забруднення атмосфери й визначається як значення концентрації, яке перевищується не більш ніж в 5% випадків від загальної кількості спостережень. Фонова концентрація, що визначається розрахунковим шляхом – це значення, яке обчислюється множенням максимальної розрахункової концентрації C_m на коефіцієнт 0,4 [50, 187].

Проведення розрахунків фонових концентрацій домішок продиктовано необхідністю одержання достовірної інформації про існуючий стан забруднення атмосфери міста, з метою використання її в практичній природоохоронній діяльності, прийнятті управлінських рішень.

Для кожного джерела викидів забруднюючих речовин (або групи джерел) величина фонові концентрації характеризує сумарну концентрацію цієї речовини, яка створюється всіма іншими джерелами забруднення підприємств і об'єктів населеного пункту за винятком того (тих), що розглядається. Величина фонові концентрації визначається за даними фактичних спостережень на мережі КВП міста і розрахунковим методом [187].

Значення фонових концентрацій використовуються при вирішенні питань розміщення нових промислових об'єктів, здійсненні реконструкцій, технічному переобладнанні або розширенні існуючих промислових об'єктів тощо [188].

У зонах впливу нових підприємств і інших об'єктів, будівництво яких планується, за величини фонових концентрацій беруться значення фактичних фонових концентрацій, що визначені шляхом спостережень або розрахунків (за даними фактичних викидів). У зонах впливу діючих промислових об'єктів, які здійснюють реконструкцію, технічне переобладнання, або існуючих об'єктів, реконструкція або розширення яких не передбачається, за величини фонових концентрацій беруться лише розрахункові їхні значення відповідно до [50].

Визначення величин фонових концентрацій розрахунковим методом здійснюється у випадку, якщо спостереження за концентраціями забруднюючої речовини не проводяться або проводяться в обсязі, недостатньому для визначення їх за експериментальними даними.

Таке визначення величин фонових концентрацій складається з розрахунків сумарного поля концентрацій від джерел викидів забруднюючої речовини й речовин, які разом з нею мають властивість сукупності шкідливого впливу. Другим розрахунковим способом є заміна фонові концентрації, визначеної за експериментальними даними, фонові концентрацією, що розрахована для сукупності джерел міста (промислового району) за параметрами, отриманими при загальноміській інвентаризації викидів. Другий спосіб, як правило, використовується при визначенні фонові концентрації для міст [187].

Розрахунковому визначенню величин фонових концентрацій повинен передувати контроль вірогідності (повноти) вихідних даних щодо параметрів викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря.

При перевірці вірогідності (повноти) даних інвентаризації викидів особливу увагу слід звернути на врахування вентиляційних і неорганізованих викидів, які для багатьох речовин у таких галузях, як хімічна, металургійна та інших, становлять кілька десятків відсотків від загальних валових викидів підприємства. У зв'язку з тим, що ці викиди здійснюються поблизу земної поверхні, вони до відстані в кілька кілометрів від підприємства відіграють вирішальну роль.

Для діючих підприємств, які здійснюють реконструкцію, технічне переобладнання, величина фонові концентрації визначається без урахування внеску викидів даного підприємства. При цьому за фонову концентрацію приймається максимальна розрахункова концентрація C кожного розрахункового прямокутника території міста в границях зони впливу підприємства:

$$C'_\phi = \frac{C_\phi}{1 - 0,4 \frac{C}{C_\phi}}, \text{ при } C \leq 2C_\phi; \quad (4.1)$$

$$C'_\phi = 0,2C_\phi, \text{ при } C > 2C_\phi; \quad (4.2)$$

де C'_ϕ – значення фонові концентрації забруднюючої речовини, яка отримана без урахування внеску підприємства, яке розглядається;

C – найбільше значення концентрації (розрахункове), яке створюється підприємством;

C_ϕ – значення фонові концентрації забруднюючої речовини, що визначене з урахуванням внеску підприємства.

Розрахунки величин фонових концентрацій проводиться при заданих напрямках вітру для кожного розрахункового прямокутника. Розрахункові прямокутники (центри квадратів) визначаються при побудові на карті-схемі міста розрахункової рівномірної мережі точок, які покривають його територію та знаходяться у центрах квадратів, сторона яких дорівнює 0,5–2,0 км (залежно від площі населеного пункту). Кожній точці (розрахунковому прямокутнику) привласнюється номер, відповідний до числа кроків уздовж осі X і Y. Для кожної розрахункової точки (центру квадрату) обчислення повинні проводитися з урахуванням викидів усіх джерел при заданому напрямку вітру (для кожного з восьми румбів). Для кожної точки береться найбільша виявлена концентрація. При цьому величина фонові концентрації визначається множенням

концентрації C на коефіцієнт 0,4 з подальшим осередненням по території і напрямку вітру [187].

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини C_m (мг/м³), при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела із круглим устям досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані x_m і визначається по формулі [50, 189]:

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (4.3)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери. При несприятливих метеорологічних умовах, що забезпечують максимальні значення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, цей коефіцієнт має наступні значення на території України: північніше 50° п.ш. $A = 160$; для джерел у зоні від 50° до 52° п.ш. $A = 180$; південніше 50° п.ш. – $A = 200$;

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

F – коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі. Значення коефіцієнта F :

– для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість осідання яких близька до нуля, $F=1$;

– для інших дрібнодисперсних аерозолів при ступені очищення газів у пиловловлювачі $\eta > 0,9$ $F=2$; при $0,75 < \eta < 0,9$ $F=2,5$; при $\eta < 0,75$ $F=3$;

m, n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м. Для наземних джерел приймається $H = 2$ м;

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (у випадку рівнинної або слабопересеченій місцевості з перепадом висот, що не перевищують 50 м на 1 км, $\eta = 1$);

V_I – об'ємна витрата газоповітряної суміші, м³/с;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається (T_2) і температурою навколишнього повітря (T_n), °С.

Значення коефіцієнтів m і n визначаються залежно від параметрів f , V_m , V_m' і f_e : $f = 1000 w_0^2 D / H^2 \Delta T$; $V_m = 0,65 \sqrt[3]{V \Delta T / H}$; $V_m' = 1,3 w_0 D / H$; $f_e = 800 (V_m')^3$,

де D – діаметр устя димової труби, м;

w_0 – швидкість виходу газоповітряної суміші з димової труби, м/с.

Коефіцієнт m визначається залежно від f по формулах:

$$\text{при } f < 100 \quad m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}} ; \quad (4.4)$$

$$\text{при } f \geq 100 \quad m = 1.47 / \sqrt[3]{f} . \quad (4.5)$$

Для $f_e < f < 100$ значення коефіцієнта m обчислюється при $f = f_e$.

Коефіцієнт n при $f \leq 100$ визначається залежно від V_m :

$$\begin{aligned} n &= 1 && \text{при } V_m \geq 2; \\ n &= 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 && \text{при } 0,5 \leq V_m < 2; \\ n &= 4,4 V_m && \text{при } V_m \leq 0,5. \end{aligned} \quad (4.6)$$

При $f \geq 100$ (або $\Delta T \approx 0$) і $V_m' \geq 0,5$ (холодні викиди) для розрахунків C_m замість формули (4.3) застосовується:

$$C_m = \frac{AMF n \eta}{H^{4/3}} K , \quad (4.7)$$

де

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7.1\sqrt{w_0V_1}},$$

причому n визначається по формулах (4.6) з підстановкою замість V_m значення V_m' .

Аналогічно при $f < 100$ і $V_m < 0,5$ або $f \geq 100$ і $V_m' < 0,5$ (випадки гранично малих небезпечних швидкостей вітру) розрахунок C_m замість формули (4.3) виконується по формулі:

$$C_m = \frac{AMF m' \eta}{H^{7/3}}, \quad (4.8)$$

де $m' = 2,86m$ при $f < 100, V_m < 0,5$; $m' = 0,9$ при $f \geq 100, V_m' < 0,5$.

Значення небезпечної швидкості вітру U_m (м/с), при якій досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин, залежить від типу джерела викиду й визначається:

– для перегрітих викидів при $f < 100$:

$$\begin{aligned} \text{при } V_m \leq 0,5 & \quad U_m = 0,5; \\ \text{при } 0,5 < V_m \leq 2 & \quad U_m = V_m; \\ \text{при } V_m > 2 & \quad U_m = V_m \left(1 + 0,12 \sqrt{1000 \frac{w_0^2 D}{H^2 \Delta T}}\right). \end{aligned} \quad (4.9)$$

– для холодних викидів при $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$:

$$\begin{aligned} \text{при } V_m' \leq 0,5 & \quad U_m = 0,5; \\ \text{при } 0,5 < V_m' \leq 2 & \quad U_m = V_m'; \\ \text{при } V_m' > 2 & \quad U_m = 2,2V_m'. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Для джерела із прямокутним устям розрахунки C_m проводяться по вищенаведених формулах з використанням значень середньої швидкості w_0 (м/с), ефективного діаметра D_e , (м) і ефективної витрати $V_{I\vartheta}$, (м³/с) [189], які визначаються в такий спосіб:

$$w_0 = V_1/L\vartheta,$$

де L – довжина устя, м; ϑ – ширина устя, м;

$$D = \frac{2L\vartheta}{L + \vartheta}; V_{I\vartheta} = \frac{\pi D_e^2}{4} w_0.$$

Приземна концентрація шкідливих речовин C (мг/м³) у будь-якій точці місцевості при наявності N джерел визначається як сума концентрацій речовин від окремих джерел при заданих напрямках й швидкості вітру

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_N, \quad (4.11)$$

де C_1, C_2, \dots, C_N – концентрації шкідливої речовини відповідно від першого, другого, N -го джерел, розташованих з навітряної сторони при розглянутому напрямку вітру [50].

У необхідних випадках, коли відомо, що є невраховані (фонові) джерела викиду тієї ж шкідливої речовини або речовин, що володіють із нею ефектом сумачії (інші підприємства міста, промрайони, транспорт, опалення тощо), у правій частині вираження додається доданок C_f , який характеризує фонове забруднення від неврахованих джерел.

Для джерел викиду, що мають різні параметри, розрахунок приземних концентрацій починається з визначення для всіх джерел по кожній речовині максимальних приземних концентрацій C_m ($C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mN}$) і небезпечних швидкостей вітру U_m ($U_{m1}, U_{m2}, \dots, U_{mN}$). Якщо по якій-небудь речовині сума максимальних приземних концентрацій C_m від усіх джерел виявиться меншою або рівною ГДК ($C_{m1} + C_{m2} \dots + C_{mN} \leq \text{ГДК}$), то (при відсутності необхідності

врахування сумарної дії декількох шкідливих речовин і фонового забруднення атмосфери) розрахунки приземної концентрації цієї речовини проводяться на вимогу органів Міністерства охорони навколишнього природного середовища і Міністерства охорони здоров'я. Такі розрахунки виконуються також при оцінці фактичного рівня забруднення повітря.

Методика розрахунків фонових концентрацій забруднюючих речовин від стаціонарних джерел викидів базується на використанні дифузійної моделі розсіювання домішки в атмосфері, побудованій на розв'язанні рівняння турбулентної дифузії [50]. Розрахунки приземних концентрацій при викидах від великої кількості джерел, розосереджених на майданчику великих розмірів, проводиться з використанням ЕОМ. Кроки розрахункової сітки вибираються залежно від розмірів області, для якої проводяться розрахунки. При цьому загальна кількість вузлів сітки не повинна перевищувати 1500 – 2000. Розміри зазначеної області повинні відповідати розмірам зони впливу розглянутої сукупності джерел [189].

Достоїнством даного методу є те, що він дозволяє розрахувати поле максимальних концентрацій домішки, що сформувалося під впливом усієї сукупності джерел викидів існуючих у цей момент на території міста. З його допомогою, таким чином, можна визначити яка концентрація забруднюючої речовини спостерігається в конкретній точці міста і яке підприємство вносить найбільший внесок у її формування. Крім того, даний метод враховує метеорологічні фактори, які, як відомо, впливають на формування полів концентрацій у приземному шарі атмосфери [46].

Розрахунок полів концентрацій домішок здійснювався для чотирьох напрямків вітру (північ, схід, південь, захід).

Важливим етапом при підготовці вихідної інформації є зведення усіх промислових площадок, прийнятих для розрахунків, у єдину міську систему координат. Розмір розрахункового майданчика міста склав по X 34000 м, а по Y 18000 м, при цьому вісь абсцис спрямована на північ, а ординат – на захід.

Розрахунок проводився із кроком 2000 м, кожному вузлу сітки в межах координат по осі X від 0 до 34000 м і по осі Y від 0 до 18000 м привласнений відповідний порядковий номер. Таким чином, кількість розрахункових точок склала 180 для кожного із чотирьох напрямків вітру.

Розрахунок величин фонових концентрацій інгредієнтів проводився по програмі РС. Алгоритм визначення фонових концентрацій по даній програмі наступний:

1. Для кожного напрямку вітру розраховувалося поле максимальних концентрацій C_{mi} досліджуваної домішки на підставі даних джерел викидів.

2. Розраховувалося середнє значення концентрації домішки $\overline{C_{ii}}$ при заданому напрямку вітру.

3. Кожне значення концентрації у вузлі розрахункової сітки порівнювалось із $\overline{C_{ii}}$. Якщо значення C_{mi} відрізнялося від $\overline{C_{ii}}$ менш ніж на $0,25 \overline{C_{ii}}$, то в цьому випадку C_{mi} замінювалось на $\overline{C_{ii}}$.

4. Після проведення даної процедури кожне значення C_{mi} у вузлі розрахункової сітки множилося на коефіцієнт 0,4. Отримане значення і являє собою фонову концентрацію у вузлі розрахункової сітки, тобто в певній точці міста, що, в остаточному підсумку, дозволяє одержати поле фонових концентрацій для повітряного басейну міста.

4. 2. Аналіз полів фонових концентрацій інгредієнтів

Як вказувалось вище, основними джерелами забруднення повітряного басейну міста є продукти згоряння викопного палива, використовуваного для виробництва електроенергії й опалення, транспортні засоби, різні промислові процеси виробництва й переробки продукції. Діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю й пил відносяться, як відомо, до числа найпоширеніших забруднюючих речовин [218], тому дослідження вмісту їх в атмосферному повітрі є актуальним

завданням.

Для оцінки впливу антропогенного навантаження на стан забруднення повітряного басейну була створена база даних стаціонарних джерел викидів промислових підприємств міста Одеси, що містить технічні (висота й діаметр джерел викидів) і технологічні характеристики (температура й потужність викиду, об'ємна витрата газоповітряної суміші), а також координати розташування джерел викидів у міській системі координат.

За даними інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, проведеної за період з 1998 по 2003 роки, наданих Державним управлінням охорони навколишнього природного середовища в Одеській області, на території міста налічується більш 700 дрібних і великих промислових і переробних підприємств.

З них було виявлено 249 підприємств, у викидах яких міститься діоксид азоту (NO_2), 213 підприємств, у викидах яких міститься діоксид сірки (SO_2), 367 і 322 підприємств, у викидах яких містяться оксид вуглецю (CO) і пил відповідно.

Першим кроком визначення фонові концентрації C_f був розрахунок максимальної приземної концентрації C_m у 2-х метровому приземному шарі, що формується при несприятливих метеорологічних умовах (НМУ), у кожній точці розрахункової сітки, створюваної всіма джерелами викидів.

У Додатку Б наведено таблиці, що містять найбільші максимальні приземні концентрації, які формуються при різних напрямках повітряного переносу із вказівкою величини внеску й номера джерела.

Нижче приводяться результати розрахунків фонових концентрацій основних інгредієнтів, що забруднюють повітряний басейн міста.

4. 2. 1. Діоксид сірки

Аналізуючи отримані результати розрахунків приземних максимальних концентрацій C_m діоксида сірки, можна сказати, що найбільше значення C_m

спостерігається при східному напрямку вітру й становить 1,171 ГДК_{мр} (0,586 мг/м³) у точці з координатами X=20000 м, Y=14000 м (табл. Б.2 Додатку Б).

Менші значення концентрації домішки спостерігаються при північному й західному напрямках вітру та становлять 0,708 ГДК_{мр} (0,354 мг/м³) і 0,753 ГДК_{мр} (0,376 мг/м³) відповідно (табл. Б.1, Б.4 Додатку Б). При південному напрямку повітряного переносу максимальні приземні концентрації досягають 0,338 мг/м³ (табл. Б.3 Додатку Б). Слід зазначити, що при всіх заданих напрямках вітру в точках з найбільшими значеннями C_m спостерігаються значні перевищення ГДК_{сд} (від 6,77 до 11,72 рази), а при східному напрямку також відзначені перевищення ГДК_{мр} до 1,17 разів.

На рис. 4.1 – 4.4 представлені поля концентрацій діоксиду сірки при чотирьох напрямках повітряного переносу.

На рис. 4.1 зображене поле концентрацій SO₂, що формується під впливом північного напрямку вітру. Тут можна виділити дві області підвищених концентрацій, витягнутих уздовж міста, паралельно береговій смузі, що охоплюють практично всю центральну й південну частини міста. Максимуми концентрацій спостерігаються в точках з координатами X=18000 м, Y=12000 м і X=20000 м, Y=8000 м і становлять 0,14 і 0,10 мг/м³ відповідно. Найбільший внесок у формування поля фонових концентрацій діоксиду сірки вносять такі підприємства, як Одеський морський торговельний порт, Одеський нафтопереробний завод – Лукойл, а також Пересипський промисловий вузол міста, де зосереджені основні забруднювачі повітряного басейну міста діоксидом сірки, зокрема, Одеська ТЕЦ-1.

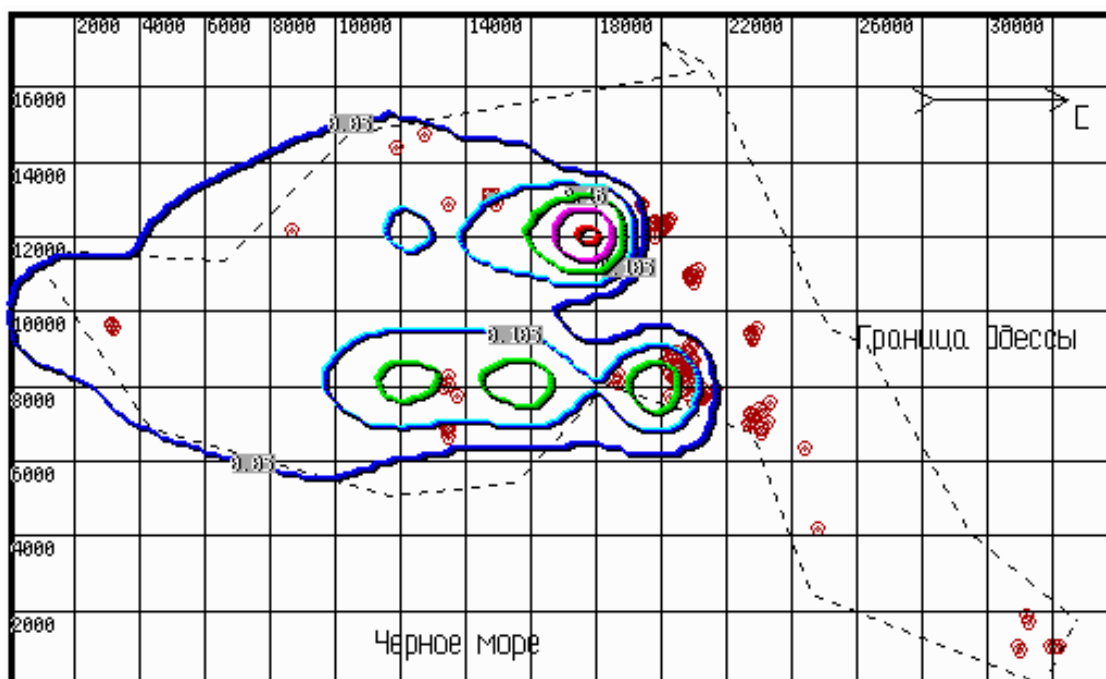


Рисунок 4.1 - Поле концентрацій діоксиду сірки.
Північний напрямок вітру

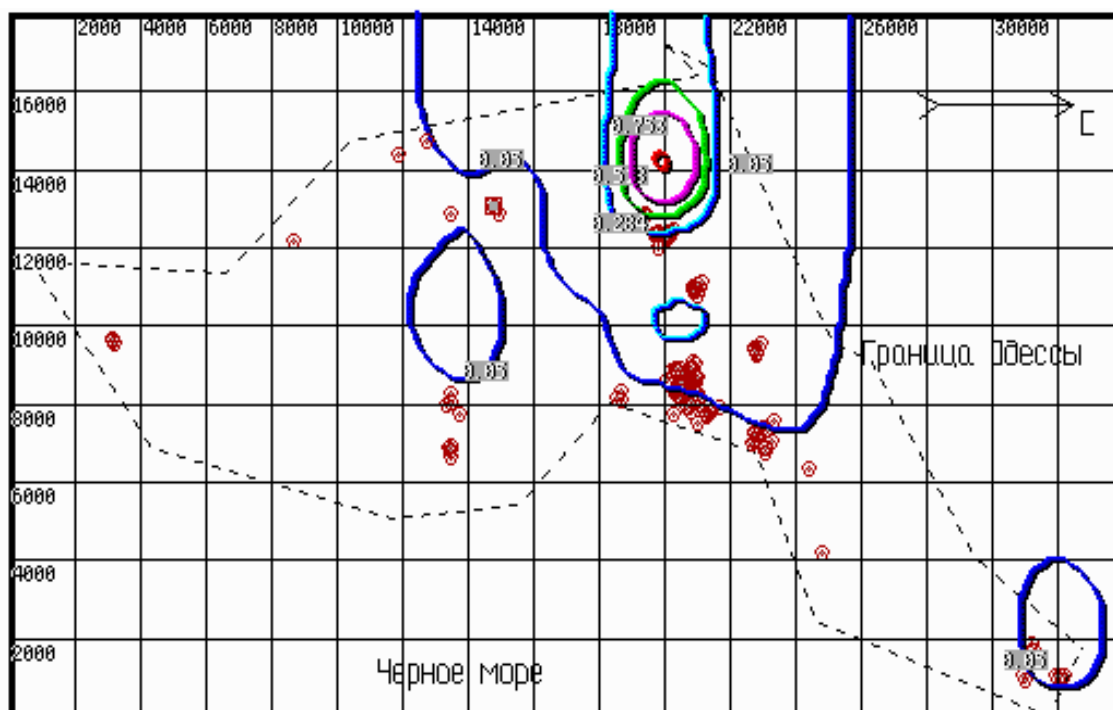


Рисунок 4.2 - Поле концентрацій діоксиду сірки. Східний напрямок вітру

При східному напрямку вітру (рис. 4.2) ізолінії концентрацій найбільше густо формуються в зоні, центр якої перебуває в точці з координатами $X=20000$ м, $Y=14000$ м, розташований на північний захід від центру міста. Формуються найбільші значення фонових концентрацій, що досягають $0,23$ $\text{мг}/\text{м}^3$.

Основними вкладниками у формування забруднення міста тут є Пересипський промисловий вузол і Одеський морський торговельний порт, де розташована значна кількість джерел викиду SO_2 .

При західному напрямку вітру (рис. 4.3) ізолінії концентруються в районі розташування основних антропогенних джерел надходження даної домішки в повітряний басейн міста із центром зони підвищених концентрацій у точці з координатами $X=20000$ м, $Y=10000$ м, що досягає $0,15$ $\text{мг}/\text{м}^3$ и перевищує ГДК_{сд} в 3,01 рази.

Характер розташування ізоліній визначається, головним чином, напрямком повітряного переносу.

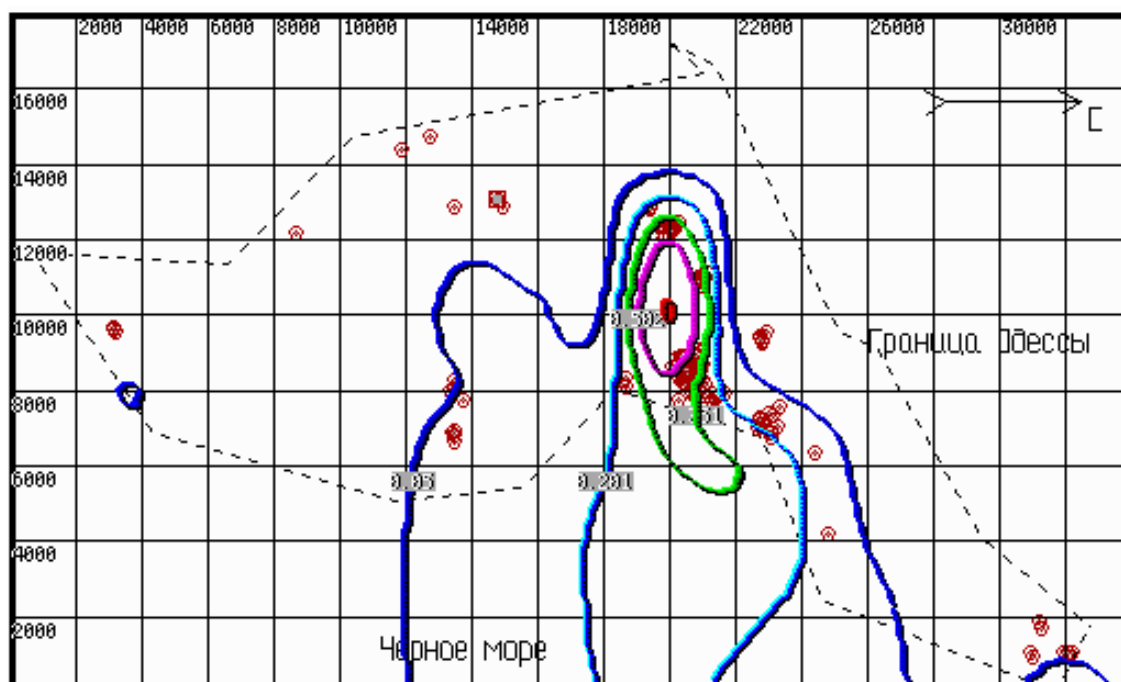


Рисунок 4.3 - Поле концентрацій діоксиду сірки. Західний напрямок вітру

Характеризуючи поле концентрацій, яке формуються під впливом південного напрямку вітру (рис. 4.4), можна виділити дві зони максимальних концентрацій, де їх розташування залишається незмінним у порівнянні з північним напрямком (мал. 4.1), однак центри їх зміщені на 4 км убік, відповідну до напрямку повітряного переносу.

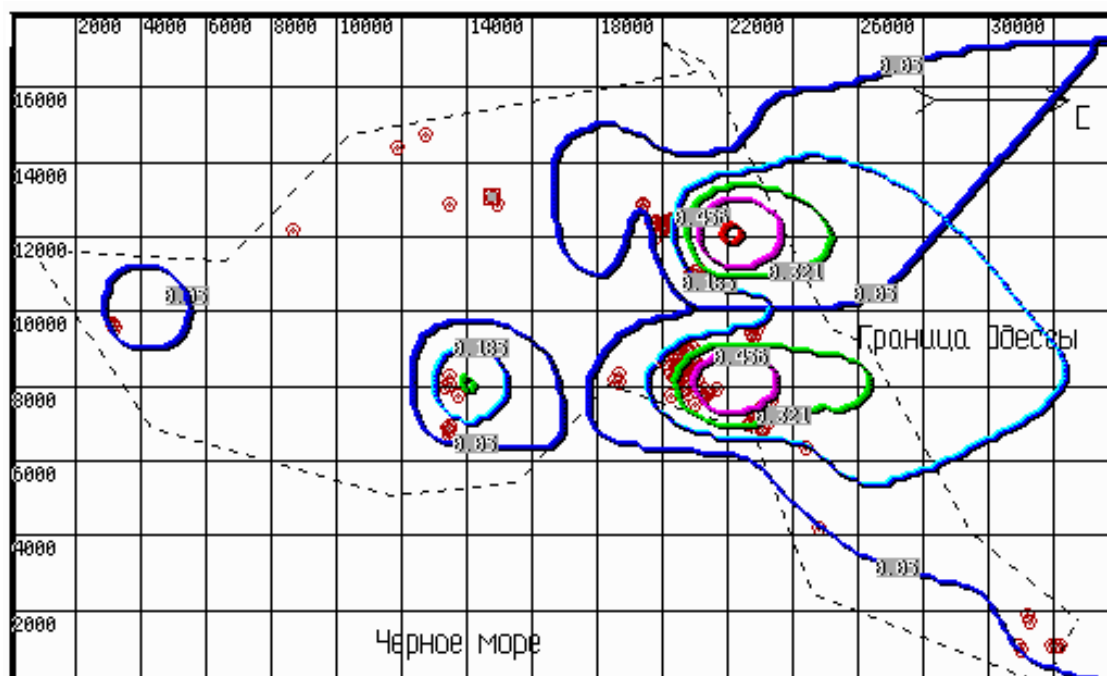


Рисунок 4.4 - Поле концентрацій діоксиду сірки. Південний напрямок вітру

Також як і при вище розглянутих випадках, при південному напрямку вітру відзначаються перевищення фоновими концентраціями значення ГДК_{сд} до 2,7 разів у точці з координатами $X=22000$ м, $Y=12000$ м і в точці з координатами $X=22000$ м, $Y=8000$ м до 2,54 разів. Основними вкладниками є практично ті ж підприємства – Одеська ТЕЦ-1, Одеський нафтопереробний завод, завод Пресмаш, що розташовані в Пересипському промисловому вузлі, а також Одеський морський торговельний порт.

Найбільш несприятливим напрямком вітру виявився східний, з формуванням областей з підвищеними значеннями концентрацій, обумовленими як специфікою розміщення основних антропогенних джерел викидів діоксиду сірки на території міста, так і накладенням їх зон впливу в напрямку переважаючого повітряного переносу. Однак дана область значень підвищених

концентрації домішки спостерігається практично за межами житлових масивів міста.

Таким чином, поля концентрацій діоксиду сірки в повітряному басейні міста формуються, головним чином, під впливом основних вкладників – підприємств-забруднювачів, розташованих у північно-західній і північно-східній частинах міста, що обумовлює формування в цих районах зон з підвищеним вмістом даного інгредієнту в приземному шарі атмосфери. Це підтверджується також графічним зображенням полів концентрацій, де відзначається висока щільність ізоліній у даній області, і максимумами в точках з координатами:

$X=18000$ м, $Y=12000$ м ($0,14$ мг/м³) – при північному напрямку вітру; $X=20000$ м,

$Y=14000$ м ($0,23$ мг/м³) – при східному напрямку вітру;

$X=22000$ м, $Y=12000$ м ($0,14$ мг/м³) – при південному напрямку вітру; $X=20000$ м,

$Y=10000$ м ($0,15$ мг/м³) – при західному напрямку вітру.

Слід зазначити, що в даних точках спостерігаються перевищення значення середньодобової гранично-допустимої концентрації (ГДК_{сд}) SO₂ і становлять 2,8 ГДК_{сд}; 4,6 ГДК_{сд}; 2,8 ГДК_{сд} і 3,0 ГДК_{сд} відповідно. Однак перевищень ГДК_{мр} при жодному з розглянутих напрямків повітряного переносу не спостерігалось [224].

4. 2. 2. Діоксид азоту

Намі проаналізовані дані й виявлені точки найбільших максимальних приземних концентрацій C_m діоксиду азоту при північному напрямку вітру із вказівкою номерів джерел, що дають найбільший внесок. Отримані результати розрахунків свідчать про формування зони максимальних приземних концентрацій у районі Одеського морського торговельного порту зі значеннями C_m , що досягають 6,4 ГДК_{мр} ($X=20000$ м, $Y=80000$ м). Також виділена друга зона в точці з координатами $X=8000$ м, $Y=10000$ м, що складає 1,6 ГДК_{мр}.

На рис. 4.5 представлено поле концентрацій діоксиду азоту при північному напрямку вітру.

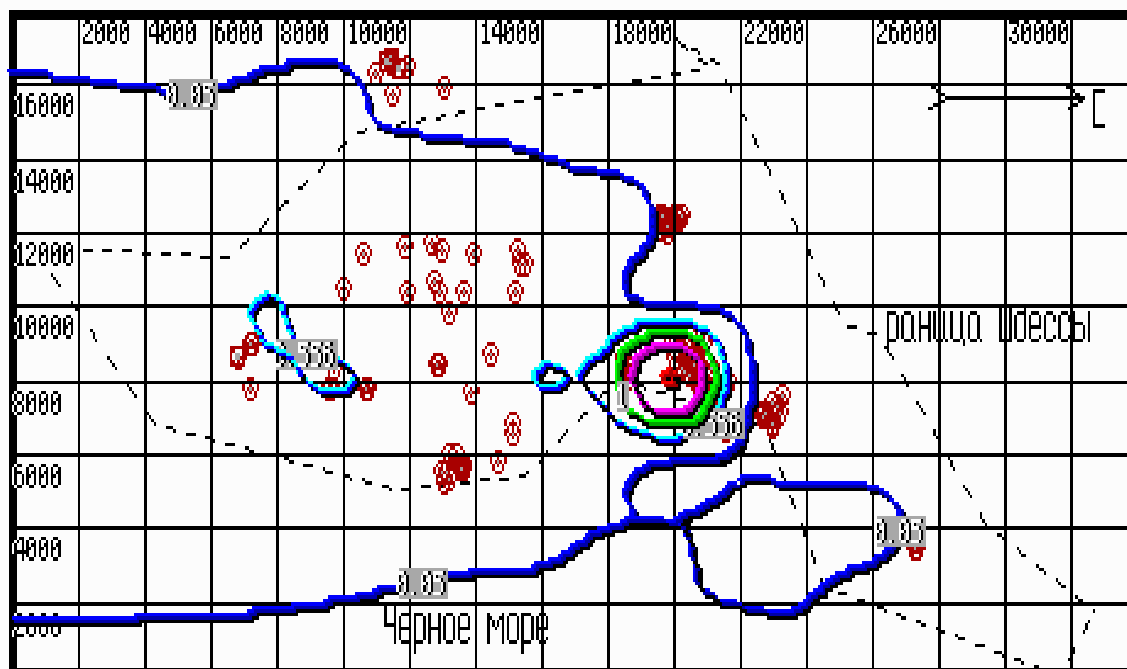


Рисунок 4.5 - Поле концентрацій діоксиду азоту. Північний напрямок вітру

З рисунка видно, що характер розташування й витягнутості ізоліній визначається напрямком повітряного переносу. Виділяються дві зони з підвищеними значеннями концентрацій. Найбільші з максимальних фонових концентрацій спостерігаються в точках з координатами $X=8000$ м, $Y=10000$ м, і $X=20000$ м, $Y=8000$ м і становлять $0,054$ $\text{мг}/\text{м}^3$ ($0,64$ ГДК_{мр}) і $0,217$ $\text{мг}/\text{м}^3$ ($2,55$ ГДК_{мр}) відповідно. Слід також зазначити, що над усією територією міста спостерігається перевищення ГДК_{сд} (яка дорівнює $0,04$ $\text{мг}/\text{м}^3$).

При східному напрямку вітру виділяється кілька зон з підвищеним вмістом діоксиду азоту в приземному шарі атмосфери. Найбільш забрудненим є західний район міста. Максимум концентрації спостерігається в точці з координатами $X=10000$ м, $Y=12000$ м і становить $0,24$ $\text{мг}/\text{м}^3$ ($2,85$ ГДК_{мр}) (табл. Б.6 Додатку Б). Тут основний внесок у забруднення повітряного басейну міста вносять підприємства Південь-Транс, Одеські авіалінії, а також Одеські теплові мережі та Теплокомуненерго. У точці $X=20000$ м, $Y=14000$ м також відзначається підвищений рівень забруднення, що досягає $1,6$ ГДК_{мр}, де, очевидно, основними вкладниками в забруднення повітря виступають підприємства Пересипського

промислового вузла, а також Одеський морський торговельний порт. Поле концентрацій NO_2 при східному напрямку вітру презентовано на рис. 4.6.

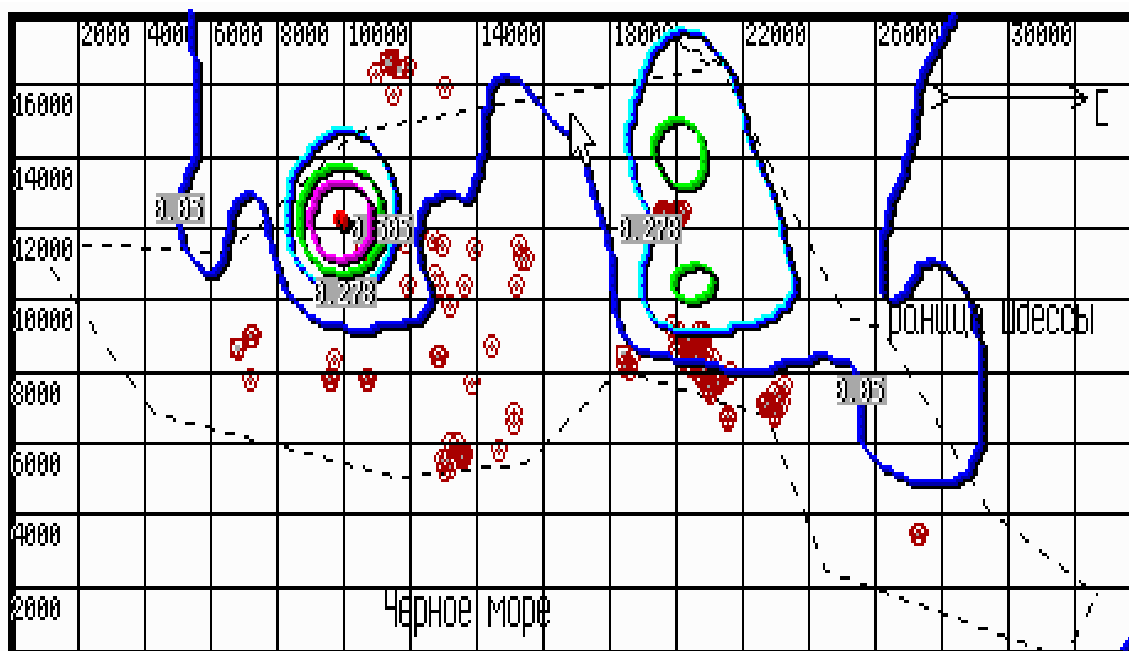


Рисунок 4.6 - Поле концентрацій діоксиду азоту. Східний напрямок вітру

Аналогічним чином формуються поля концентрацій NO_2 при південному (рис.4.7) і західному (рис.4.8) напрямках повітряного переносу. Конфігурація ізоліній має витягнуту форму по напрямку вітру, який, як правило, зміщує центри зон максимальних значень концентрацій на 2 км. Попередньо нами визначені значення найбільших максимальних приземних концентрацій при південному й західному напрямках повітряного переносу.

При західному напрямку вітру фонові концентрації досягають 2,16 ГДК_{мр} ($0,184 \text{ мг/м}^3$) у точці з координатами $X=10000 \text{ м}$, $Y=10000 \text{ м}$, при південному – у точці з координатами $X=22000 \text{ м}$, $Y=8000 \text{ м}$ – 2,50 ГДК_{мр} ($0,212 \text{ мг/м}^3$). Для всіх напрямків вітру також суттєвим є внесок безлічі дрібних джерел викиду діоксиду азоту.

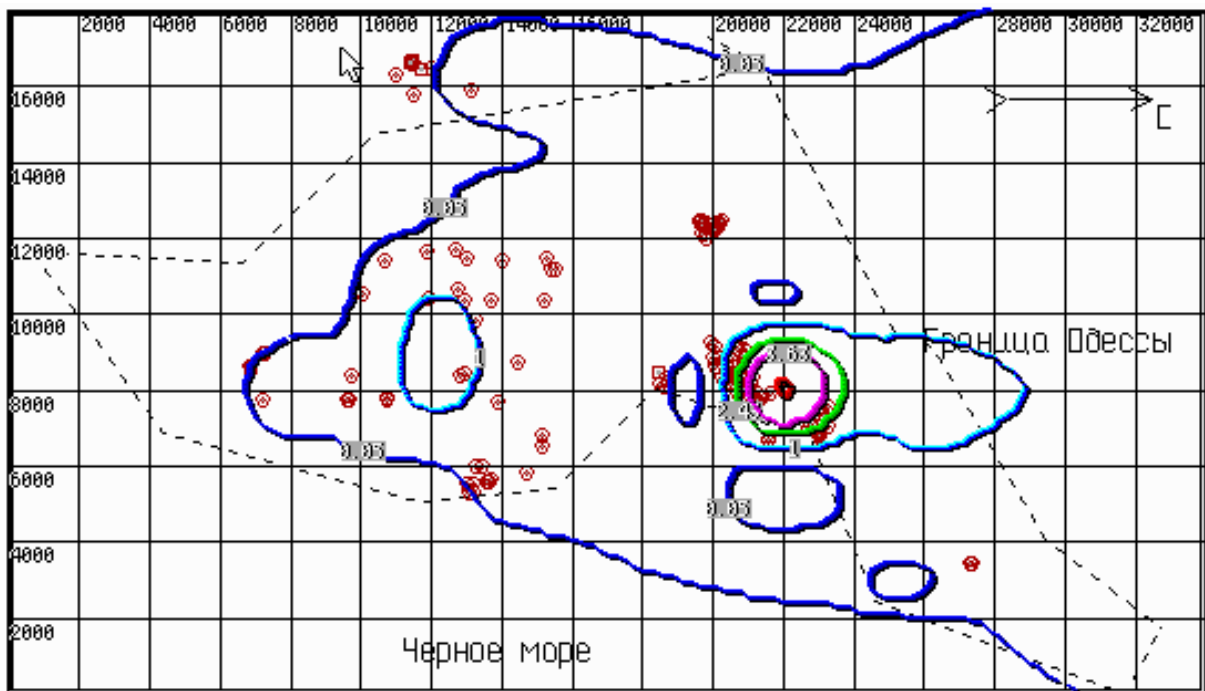


Рисунок 4.7 - Поле концентрацій діоксиду азоту. Південний напрямок вітру

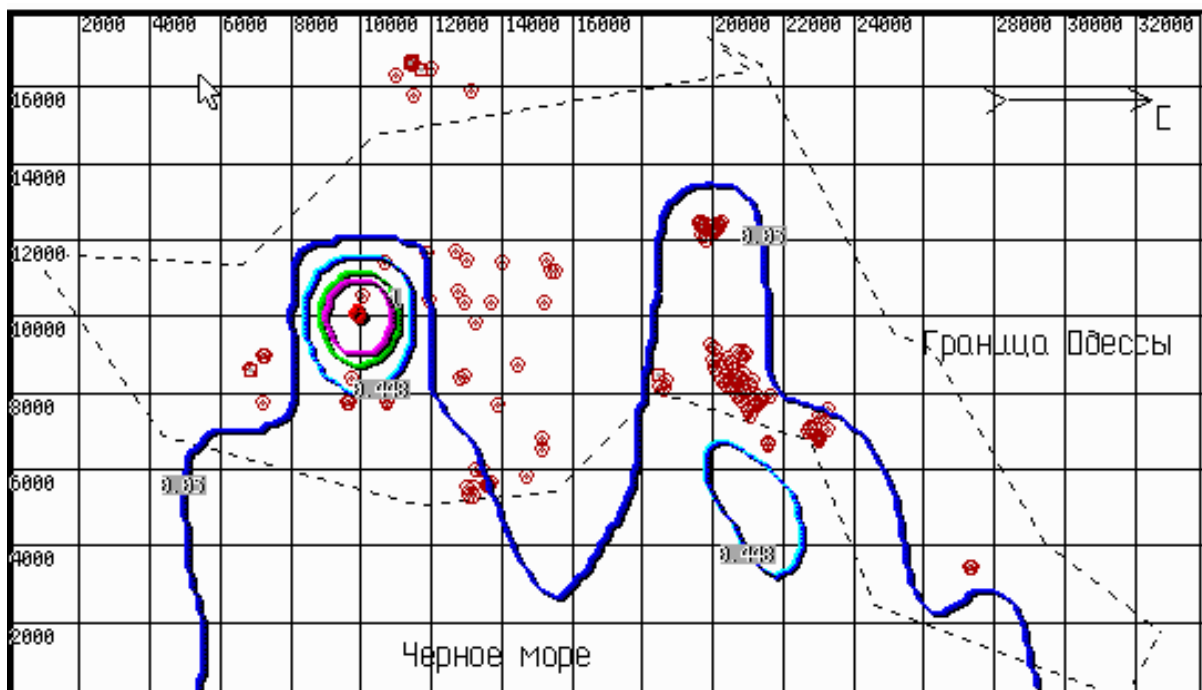


Рисунок 4.8 - Поле концентрацій діоксиду азоту. Західний напрямок вітру

Таким чином, на підставі аналізу отриманих результатів досліджень, можна зробити наступні висновки. Над територією міста при розглянутих напрямках вітру спостерігаються підвищені рівні забруднення атмосфери діоксидом азоту. Конфігурації ізоліній концентрацій домішки визначаються напрямком вітру. У всіх випадках спостерігаються перевищення санітарно-гігієнічних норм (ГДК_{сд}) якості атмосферного повітря.

Найбільш забрудненим є південно-західний район міста, у якому при різних напрямках вітру відзначаються перевищення ГДК_{сд} в 1,22 – 2,43 рази. Основними вкладниками у формуванні полів концентрацій NO₂ є підприємства: Одеська ТЕЦ-1, Одеські теплові мережі, Теплокомуненерго, Одеський морський торговельний порт, Одеські авіалінії [225].

4. 2. 3. Оксид вуглецю

Аналізуючи отримані результати розрахунків приземних максимальних концентрацій оксиду вуглецю, можна сказати, що найбільші значення C_m на території міста Одеси спостерігаються при північному і південному напрямках вітру та становлять 0,131 ГДК_{мр} (0,66 мг/м³) і 0,184 ГДК_{мр} (0,92 мг/м³) відповідно. При східному і західному напрямках вітру концентрація домішки складала 0,088 ГДК_{мр} (0,44 мг/м³) і 0,064 ГДК_{мр} (0,32 мг/м³) відповідно.

Характеризуючи поля концентрацій оксиду вуглецю, які формуються під дією північного й південного повітряних переносів (рис.4.9, 4.11), можна відзначити, що розташування зон максимальних концентрацій розташовується аналогічним чином на обох малюнках, але центр їх зміщується убік, що відповідає напрямку повітряного переносу.

Область найбільших значень концентрації домішки спостерігається в районі Пересипського промислового вузла при південному напрямку вітру в точці X=22000 м, Y=8000 м і становить 0,37 мг/м³.

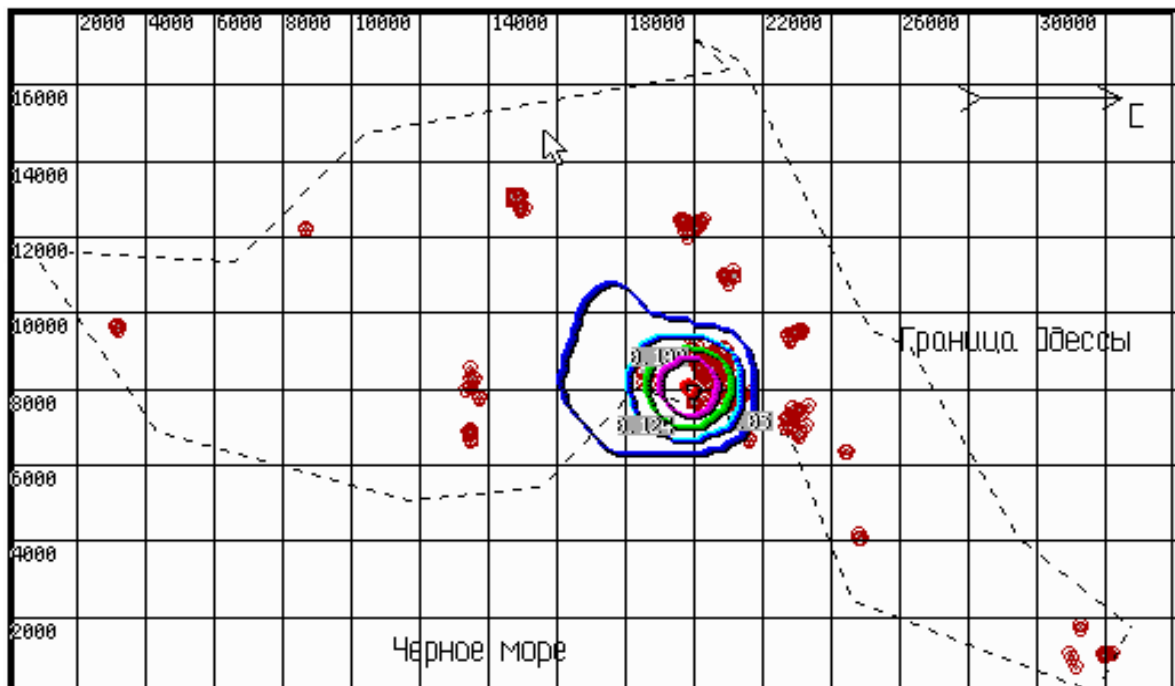


Рисунок 4.9 - Поле концентрацій оксиду вуглецю.

Північний напрямок вітру

При північному напрямку вітру зона підвищених концентрацій оксиду вуглецю охоплює район Одеського морського торговельного порту, а також район Пересипи. Максимум концентрації спостерігається в точці з координатами $X=20000$ м, $Y=8000$ м і становить $0,26$ мг/м³.

При східному й західному напрямках вітру максимальні приземні концентрації CO спостерігаються в районі Пересипського промислового вузла в точках з координатами $X=20000$ м, $Y=10000$ м і $X=20000$ м, $Y=6000$ м відповідно.

Характер ізоліній полів концентрацій формується, головним чином, під впливом повітряного переносу. Максимальні концентрації домішки досягають $0,18$ і $0,13$ мг/м³ для східного (рис. 4.10) і західного (рис. 4.12) напрямків потоків відповідно.

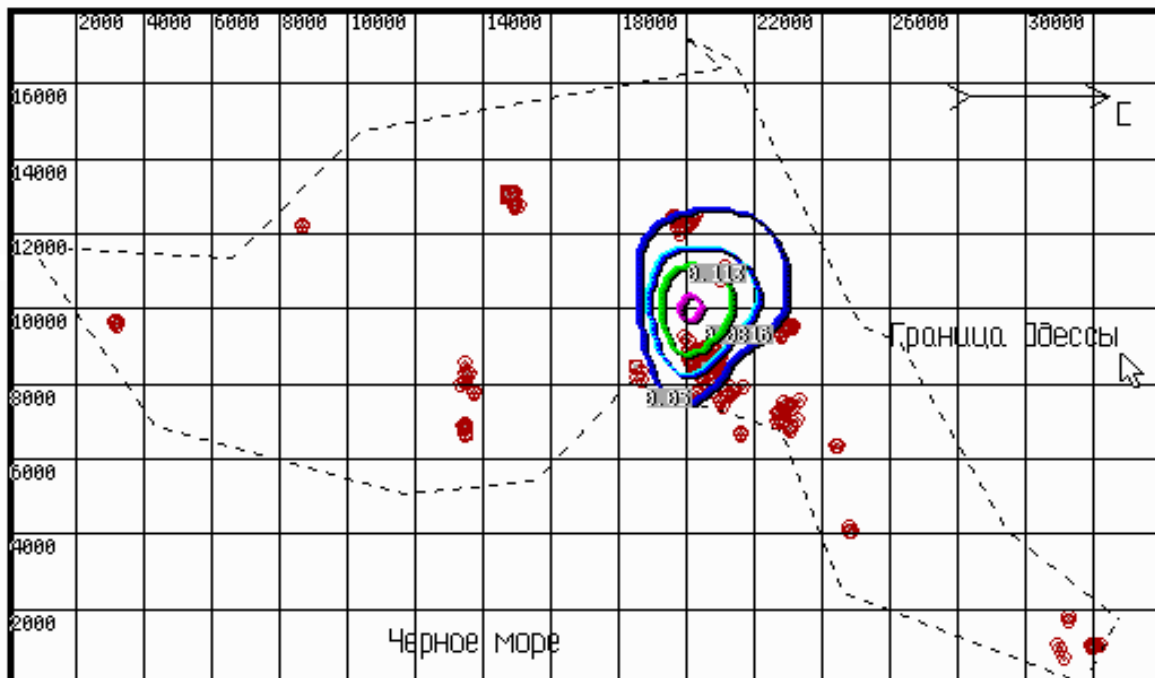


Рисунок 4.10 - Поле концентрацій оксиду вуглецю. Східний напрямок вітру

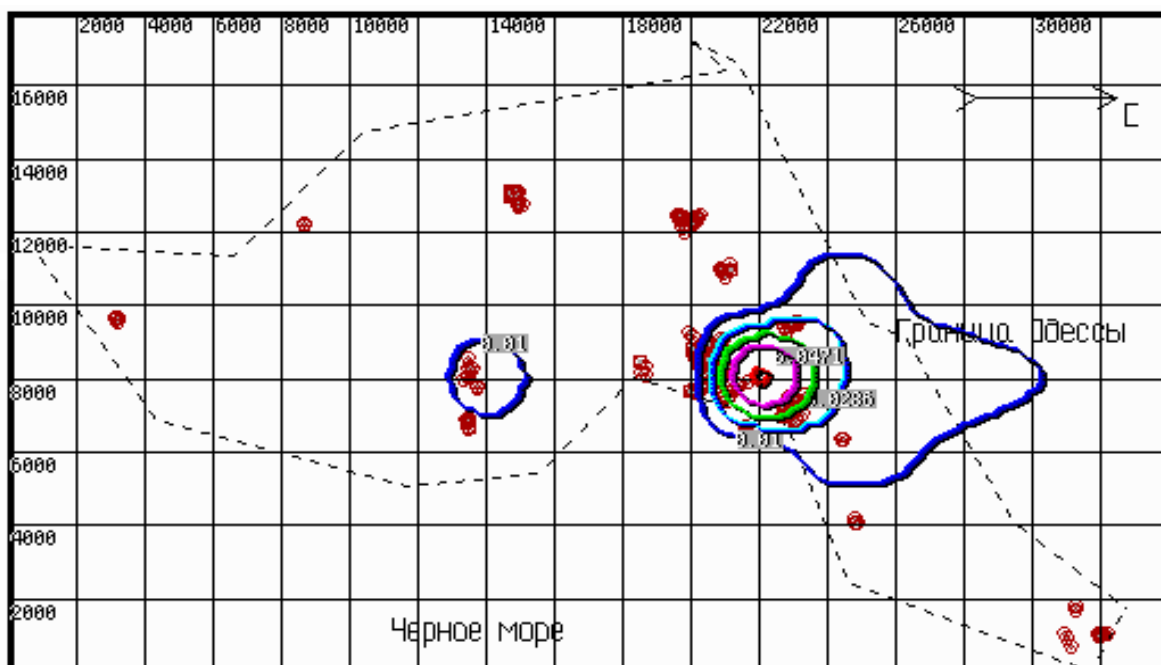


Рисунок 4.11 - Поле концентрацій оксиду вуглецю. Південний напрямок вітру

Таким чином, аналіз фонових і максимальних приземних концентрацій показав, що при жодному з розглянутих напрямків вітру рівень забруднення атмосфери CO не перевищує ГДК_{мр}. Для всіх чотирьох напрямків вітру

характерні області підвищеної концентрації СО у районах Одеського морського торговельного порту й Пересипського промислового вузла [226].

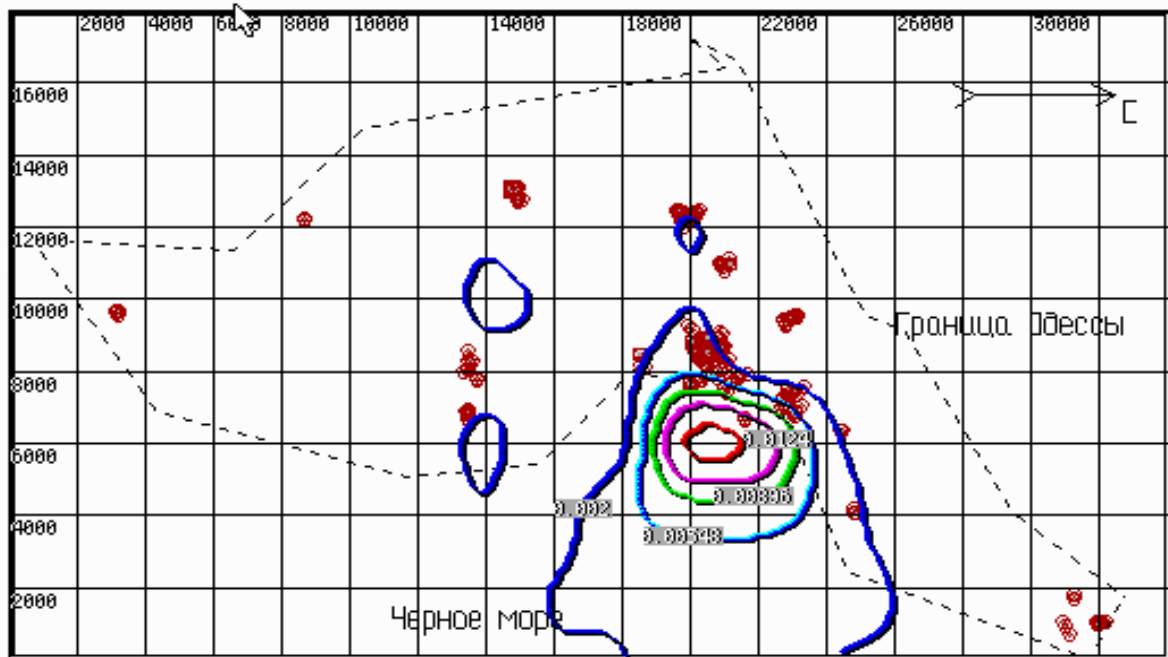


Рисунок 4.12 - Поле концентрацій оксиду вуглецю. Західний напрямок вітру

Слід зазначити, що концентрації оксиду вуглецю, отримані в результаті розрахунків, у кожному з розглянутих випадків значно менше $ГДК_{мр}$. Цей факт пояснюється тим, що в даній методиці розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин враховані викиди тільки стаціонарних джерел.

4. 2. 4. Пил

При одночасній спільній присутності в атмосферному повітрі декількох речовин, що володіють сумациєю шкідливої дії, для кожної групи зазначених речовин односпрямованої шкідливої дії розраховується безрозмірна сумарна концентрація q , яка визначається за формулою:

$$q = \frac{c_1}{ГДК_1} + \frac{c_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ГДК_n},$$

де c_1, c_2, \dots, c_n (мг/м³) – розрахункові концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі в одній і тій же точці місцевості;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ (мг/м³) – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

У зв'язку з вище сказаним у розрахунки доцільно було включити групу сумачії забруднюючих речовин, у яку ввійшли:

- пил неорганічний, що містить оксид кремнію SiO₂ менш 20 %, 20–70 % і більш 70 % відповідно;
- пил абразивно-металевий;
- пил зерновий;
- пил борошна;
- зола сланцева.

У результаті були розраховані максимальні сумарні концентрації q_m шкідливих речовин, що володіють сумацією шкідливої дії для чотирьох напрямків вітру. Їхній аналіз показує, що практично при всіх напрямках повітряного переносу в приземному шарі атмосфери створюються підвищені рівні забруднення даною сумацією, що досягають порядку 23,04 при західному напрямку вітру. Поля фонових безрозмірних концентрацій представлені на рис. 4.13 – 4.16.

Графічне зображення полів показує, що характер і розташування ізоліній формується, головним чином, під впливом напрямку повітряного переносу, з локальними областями підвищених концентрацій у районі Застави – 1 (північний, східний, південний напрямки вітру) і Пересипи (західний, південний, північний напрямки вітру). Це основні промислові вузли міста, де зосереджена значна кількість джерел викидів даних забруднюючих речовин.

Так, при північному напрямку вітру (рис. 4.13) зони максимальних приземних концентрацій спостерігаються в точках з координатами $X = 14000$ м, $Y = 12000$ м і становлять порядку 8,90 і в $X = 22000$ м, $Y = 8000$ м ~ 4,05.

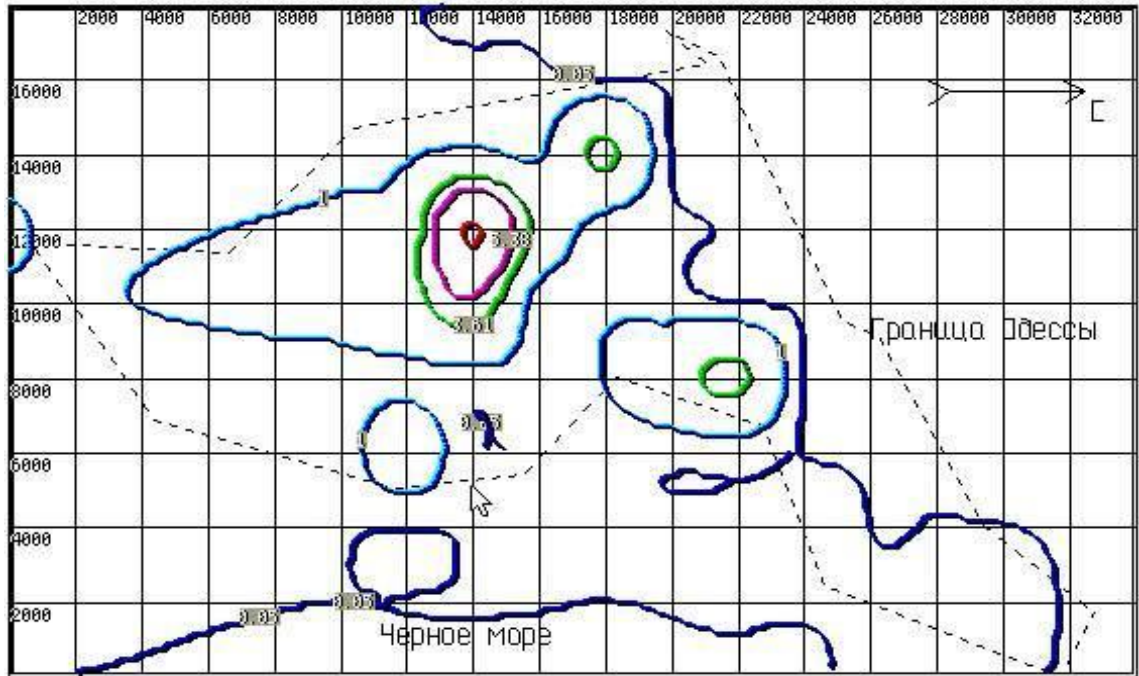


Рисунок 4.13 - Поле концентрацій пилу. Північний напрямок вітру

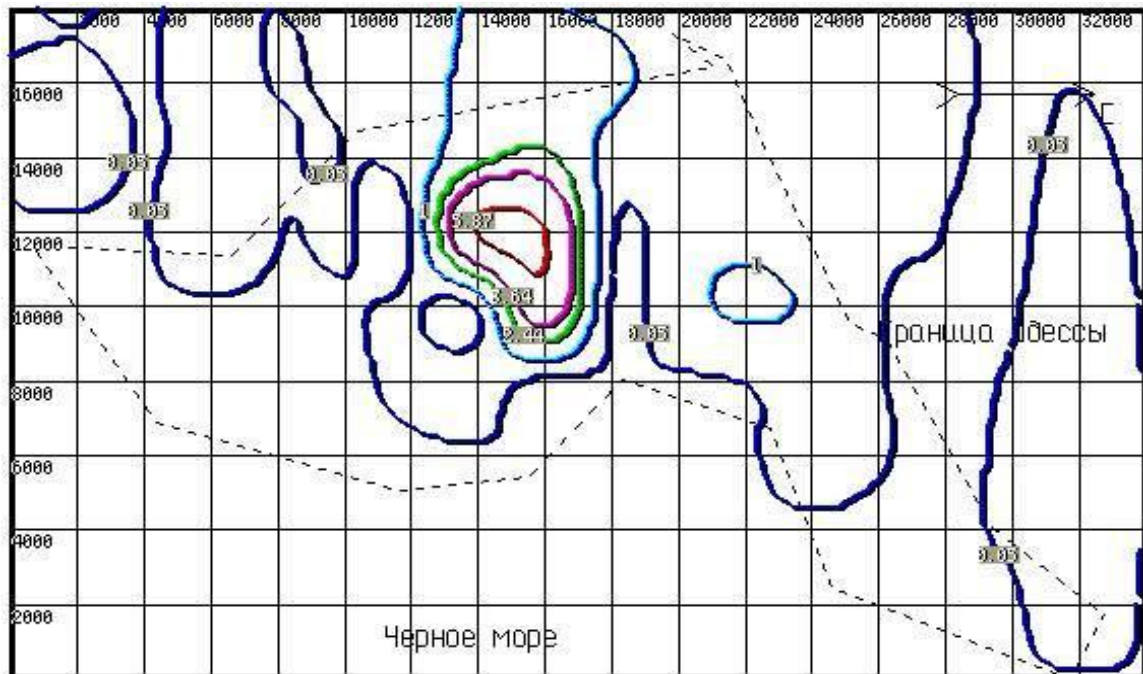


Рисунок 4.14 - Поле концентрацій пилу.
Східний напрямок вітру

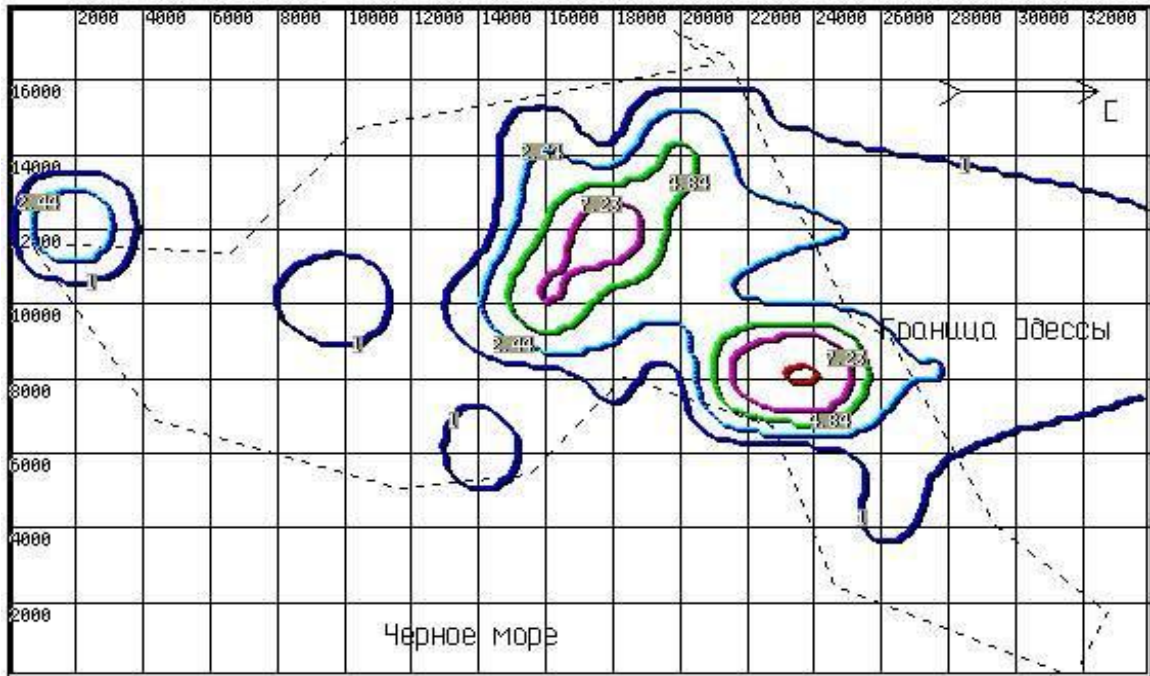


Рисунок 4.15 - Поле концентрацій пилу.

Південний напрямок вітру

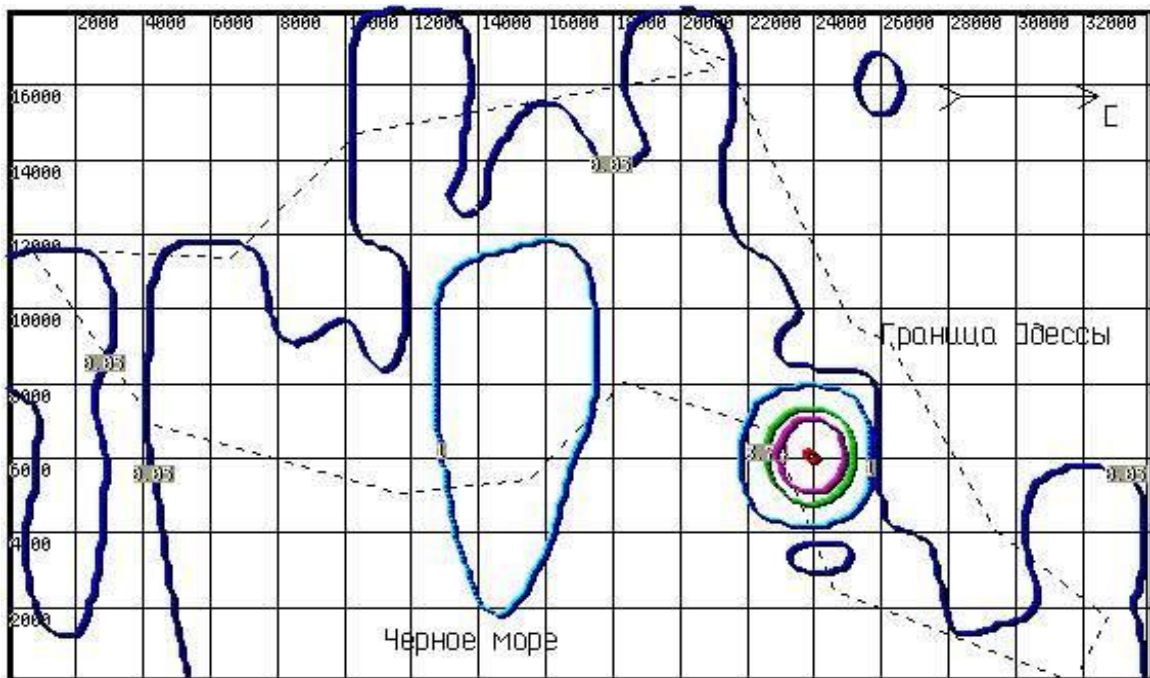


Рисунок 4.16 - Поле концентрацій пилу. Західний напрямок вітру

При східному напрямку повітряного переносу (рис. 4.14) зони максимальних приземних концентрацій спостерігаються в точці з координатами $X = 14000$ м, $Y = 12000$ м $\sim 6,0$. При південному напрямку вітру (рис. 4.15) у точках з координатами $X = 18000$ м, $Y = 12000$ м і $X = 24000$ м, $Y = 8000$ м – 3,6 і 4,8 відповідно. При західному напрямку вітру (рис. 4.16) у точці з координатами $X = 24000$ м, $Y = 6000$ м $\sim 9,2$.

4. 3. Висновки до розділу 4

Таким чином, отримана картина забруднення повітряного басейну міста Одеси досліджуваними домішками свідчить про перевищення санітарно-гігієнічних норм, встановлених відповідно до якості атмосферного повітря.

Поля концентрацій інгредієнтів в повітряному басейні міста формуються, головним чином, під впливом основних вкладників – підприємств-забруднювачів, розташованих у північно-західній і північно-східній частинах міста, що обумовлює формування в цих районах зон з підвищеним вмістом забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери і накладенням їх зон впливу в напрямку переважаючого повітряного переносу. Це підтверджується також графічним зображенням полів концентрацій, де відзначається висока щільність ізоліній в промислових районах міста.

Найбільший внесок у формування полів концентрацій домішок в повітряному басейні міста вносять такі підприємства, як Одеський морський торговельний порт, Одеський нафтопереробний завод – Лукойл, а також Пересипський промисловий вузол міста, де зосереджені основні забруднювачі повітряного басейну міста, зокрема, Одеська ТЕЦ-1. Також суттєвий внесок в забруднення повітря вносять підприємства Одеські теплові мережі, Теплокомуненерго та Одеські авіалінії.

Слід зазначити, що концентрації оксиду вуглецю, отримані в результаті розрахунків, у кожному з розглянутих випадків значно менше $ГДК_{\text{мр}}$. Цей факт

пояснюється тим, що в даній методиці розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин враховані викиди тільки стаціонарних джерел.

Застосування даної методики розрахунків розсіювання домішок дає можливість визначити раціональний і економічно найбільш вигідний комплекс заходів щодо захисту повітряного басейну, до яких належать: організація санітарно-захисних зон, архітектурно-планувальні рішення, інженерно-організаційні заходи, технічні засоби й технології очищення викидів, а також впровадження новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

5. ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

5.1. Вступні зауваження.

За визначенням національна безпека передбачає не тільки запобігання, а й виявлення та нейтралізацію реальних та потенційних загроз національним інтересам, у тому числі екологічного характеру [1]. З поняттям екологічної безпеки пов'язане поняття екологічного ризику, який розглядається у науці як складний феномен та різновид ширшої категорії ризику [2]. Загальна категорія ризику розглядається як імовірність настання небажаних подій та наслідків [3]. Очевидно, що поняття ризику у цьому контексті обов'язково пов'язують з настанням негативних наслідків та непередбачуваних подій, що має суб'єктивне значення для необмеженого кола осіб.

Головною проблемою наукового визначення поняття "ризик" є його комплексний характер, що вимагає залучення широкого кола вчених - представників багатьох дисциплін. Саме тут вимагається застосування методів системного аналізу, врахування всіх факторів, що сприяють виникненню критичних ситуацій, і аналізу всіх наслідків, до яких вони можуть призвести.

Відповідно до Директиви Ради Європейського Союзу від 9 грудня 1996 року № 96/82-ЄС про стримування великих аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами, ризик означає імовірність настання певної події за певних обставин та у певний час.

Експлуатуючи джерело підвищеної екологічної небезпеки, суб'єкт свідомо припускає вірогідність (ризик) настання шкоди, а це, в свою чергу, підвищує ефективність пошуку і запровадження найбільш оптимальних технологій екологічно обґрунтованих рішень, стимулюючи володільця джерела небезпеки до "екологізації" процесу експлуатації небезпечних властивостей такого джерела. Саме в цьому виявляється екологічний ризик як мотивація позитивної поведінки, а ризик, як властивість небезпечних речовин, стає юридичним фактом, підставою

виникнення позитивного зобов'язання суб'єктів екологічно небезпечної діяльності [1].

На сьогодні серед існуючих методик немає єдиного підходу для надання прогностичної оцінки екологічного ризику. Більше того, в літературі відсутні ґрунтовні дослідження цього конкретного питання. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», які затверджені наказом МОЗ України від 13 квітня 2007 року № 184 і введені в 2010 році в процес проектування Мінрегіонбуду України від 20 листопада 2009 року № 524, відповідають тим випадкам, коли виникає не ризик появи впливу забруднення на людину (ризик перевищення нормативних максимальних разових гранично допустимих концентрацій, ГДК_{МР}), а при значно вищих рівнях забруднення, коли з'являється ризик для здоров'я населення.

Для оцінювання ризику загрози здоров'я і життю людей потрібно встановити співвідношення, яке пов'язує певну кількість шкідливої речовини (токсиканта, канцерогену) з мірою викликаних ними негативних наслідків. Цей зв'язок, який часто називають співвідношення «доза-відповідь», повинен бути кількісним, для виявлення його характеристик необхідні спеціальні дослідження, що охоплюють експерименти з тваринами і статистичну обробку спостережень над людьми. На базі таких досліджень можна створювати конкретні математичні моделі. Подібне математичне моделювання дозволяє прогнозувати результати дії токсикантів (канцерогенів) на людей, в цьому полягають основні завдання кількісного оцінювання ризику, обумовленого забруднювачами навколишнього середовища. Шляхи вирішення цих завдань залежать від того, чи є дані шкідливі речовини пороговими або безпороговими. Крім того, підхід до цих завдань залежить від виду контингенту ризику, який може охоплювати всіх жителів місцевості, що піддалася забрудненню, або тільки персонал, що має справу з забруднювачем [4].

Згідно з рекомендаціями МОЗ України схема оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря включає такі основні етапи:

ідентифікація небезпеки, оцінка експозиції, характеристика небезпеки, характеристика ризику.

До найбільш відомих вітчизняних методик аналізу екологічної небезпеки та оцінки ризиків, які затверджені нормативно-правовими актами України, слід віднести: “Методику прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об’єктах і транспорті” та “Методику оцінки збитків від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру”, яку нижче проаналізовано.

Для України суттєвим є ризик виникнення надзвичайних ситуацій, пов’язаних з аваріями на хімічно небезпечних об’єктах та трубопроводному транспорті, у результаті яких відбувається викид небезпечних хімічних речовин (НХР) у навколишнє середовище. При аварії на хімічному підприємстві відбувається залповий вплив на навколишнє середовище вкрай інтенсивного несприятливого фактора. Хмара, що сформувалася після руйнування ємності з небезпечними хімічними речовинами, поширюється за напрямком вітру, поступово розсіюючись при віддаленні від епіцентру аварії. Відстань від епіцентру аварії до зазначеної точки називають глибиною зони забруднення. Число людей, уражених хмарою НХР, залежить від щільності населення на прилягаючій до підприємства території, глибини й площі зони забруднення, а також метеорологічних умов і часу, протягом якого забруднена хмара «нависає» над територією [5]. Дана методика призначена для прогнозування масштабів забруднення при аваріях з НХР на промислових об’єктах, автомобільному, річковому, залізничному і трубопроводному транспорті. Методика застосовується тільки для НХР, які зберігаються у газоподібному або рідкому стані та які у момент виливу, викиду переходять у газоподібний стан і створюють первинну або/і вторинну хмару НХР. Вона передбачає проведення розрахунків тільки на висотах до 10 м над поверхнею землі (приземному шарі повітря). Методика подається у вигляді таблиць готових розрахованих параметрів зон забруднення, що дає змогу оперативно здійснювати прогнозування масштабів забруднення.

На основі моделювання і прогнозування атмосферного переміщення хімічних речовин методика дозволяє побудувати зону можливого хімічного забруднення та зону фактичного хімічного забруднення.

Аварійне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії за даними розвідки для визначення можливих наслідків аварії і порядку дій в зоні можливого забруднення. Для аварійного прогнозування використовуються такі дані: загальна кількість НХР на момент аварії в ємності (трубопроводі), на якій виникла аварія; характер розливу НХР на підстилаючої поверхні («вільно» або «у піддон»); висота обвалування (піддону); реальні метеорологічні умови: температура повітря (в град. С), швидкість (м/с) і напрямок вітру у приземному шарі, ступінь вертикальної стійкості повітря (інверсія, конвекція, ізотермія); середня щільність населення для місцевості, над якою розповсюджується хмара НХР; площа зони можливого хімічного забруднення; площа прогнозованої зони хімічного забруднення; прогнозування здійснюється на термін не більше ніж на 4 години, після чого прогноз має бути уточнений [6].

Для переходу до кількісної оцінки ризику ураження населення небезпечною хімічною речовиною необхідно враховувати той факт, що кількість уражених, відповідно до методики залежить від площі зони забруднення і часу впливу отруйної хмари на людей.

Проте методика має певні недоліки. Вона дозволяє коректно враховувати атмосферні характеристики лише за умов їх стабільності протягом періоду розповсюдження забруднення. Незначна зміна атмосферних параметрів, наприклад різкі пориви вітру, початок дощу, суттєво впливають на динаміку розповсюдження хімічного забруднення в атмосфері. У зв'язку з цим навіть побудовані для оперативного реагування зони можливого та фактичного хімічного забруднення не будуть достатньо повно відповідати дійсності.

У російському науково-технічному центрі «Промышленная безопасность» розроблена «Методика прогнозирования зон токсического заражения и последствий аварий с выбросом опасных веществ» - «Токси». Методика «Токси 2.2» дає

можливість врахувати: тривалість викиду і кількість НХР, яка потрапила в атмосферу при різних сценаріях аварії; просторово-часове поле концентрації НХР в атмосфері; розміри зон хімічного забруднення, що відповідають різному ступеню ураження людей, обумовленого інгаляційною токсодозою, у тому числі і урахуванням часу накопичення токсодози [7].

Методика «Токси 2.2» дозволяє розглянути широкий спектр можливих аварійних ситуацій (часткове або повне руйнування устаткування, витікання газової, рідкої речовини або двофазного середовища) з урахуванням конструктивних особливостей конкретної установки, на якій відбулася аварія (наявність трубопроводів і ємностей, спрацьовування відсічної арматури, зупинка компресорів або насосів).

У загальному випадку вхідними даними (параметрами задачі) є: фізико-хімічні і токсикологічні характеристики НХР; кількість і технологічні параметри НХР; параметри устаткування, в якому зберігається НХР; ймовірний сценарій викиду НХР в атмосферу, а для викиду рідкої фази додатково — характер розливу на поверхні, що підстилає; топографічні характеристики території поблизу аварійного об'єкта; метео умови на момент аварії; час експозиції.

При викиді НХР із частково зруйнованого (розгерметизованого) устаткування або витікання НХР із трубопровідної системи до набору вхідних даних додаються параметри витікання НХР, у тому числі дані про розмір і місце розташування отвору розгерметизації.

Ще одна група вхідних параметрів належить до параметрів розрахунку. Ці параметри визначають розміри границь і точність розрахунку, а також координати так званих псевдодатчиків, у яких фіксуються параметри токсичної хмари в різні моменти часу, а також контрольну точку за часом, для якої розраховуються просторові поля концентрацій і токсодоз.

У цьому програмному комплексі, як параметри аварії, необхідно ввести таке: сценарій аварії, обумовлений ступенем ушкодження устаткування з НХР й агрегатним станом цієї речовини; назву НХР, кількість небезпечної хімічної

речовини в аварійному устаткуванні (може бути введена через масу або через обсяг); погодні умови; характер розливу.

Залежно від агрегатного стану НХР в устаткуванні і характеру руйнування устаткування методика дозволяє провести розрахунки для таких сценаріїв аварій. Для НХР, що знаходяться в технологічному устаткуванні в газоподібному стані:

Сценарій 1. Повне руйнування устаткування, що містить НХР у газоподібному стані.

Сценарій 2. Порушення герметичності (часткове руйнування) устаткування, що містить НХР у газоподібному стані.

Для НХР, що знаходяться в технологічному устаткуванні в рідкому стані:

Сценарій 3. Повне руйнування устаткування, що містить НХР у рідкому стані.

Сценарій 4. Порушення герметичності (часткове руйнування) устаткування, що містить НХР у рідкому стані.

За сценаріями 1 і 3 НХР миттєво надходить у навколишнє середовище; за сценаріями 2 і 4 НХР надходить у навколишнє середовище через отвори площею S протягом визначеного часу. Сценарії 1 і 3 застосовуються тільки до ємнісного устаткування, сценарії 2 і 4 — як до ємнісного устаткування, так і до трубопроводів [7].

Наведений перелік сценаріїв викиду не охоплює всю розмаїтість можливих ситуацій, тому при виборі сценарію для випадків, не врахованих у методиці, варто керуватися міркуваннями фізичної подібності процесів.

У випадку розрахунку за сценаріями з частковим ушкодженням устаткування необхідно додатково ввести параметри витікання НХР з ушкодженого устаткування. Характер витікання визначається площею отворів розгерметизації, а також параметрами, що визначають напір НХР і його зміну по мірі витікання НХР.

Таким чином, «Токси 2.2» дозволяє здійснювати прогнозування масштабів зон забруднення при руйнуванні хімічно небезпечних об'єктів, при аваріях на технологічних ємностях, при транспортуванні трубопровідним та іншими видами транспорту. Методика може використовуватись на об'єктах підвищеної небезпеки

для визначення можливих наслідків аварії, вжиття запобіжних заходів і планування дій в зоні можливого ураження населення.

Далі розглянемо систему Meras — американська аббревіатура повної назви «Система комплексної оцінки забруднення навколишнього середовища». Це система, що застосовується при обґрунтуванні і прийнятті управлінських рішень щодо зменшення ризиків для здоров'я людей та поліпшення стану довкілля при виникненні аварій з токсичними і радіоактивними речовинами. Система розроблена у США Тихоокеанською північно-західною національною лабораторією «Бателл» на замовлення Міністерства енергетики США під керівництвом Д. Білана та Д. Дроппо. Оціночні модулі системи Meras базуються в основному на стандартах Агентства з навколишнього середовища США [8].

За функціональним призначенням система Meras застосовується на об'єктах, що є джерелами потенційної небезпеки. При цьому використовується тільки наявна (фактична) інформація про потужність викидів (скидів), сховищ, плям забруднень та інших показників розповсюдження небезпечних речовин. Система Meras побудована на відносно стандартних підходах до розрахунків переносу забруднювачів хімічних та радіоактивних речовин в різних системах навколишнього середовища.

Розрахунки інтегрального ризику для здоров'я людей у системі Meras базуються на фізично обумовлених фізико-хімічних моделях джерел викиду забруднень у навколишнє природне середовище, шляхів їх переносу та впливу забруднення на людину чи популяцію.

У системі Meras об'єкти, що аналізуються, описуються системою географічних координат, які визначають деяку площину — географічний простір (частину території району, один з районів області чи область в цілому з їхніми внутрішніми та зовнішніми природно-ландшафтними умовами).

Meras передбачає декілька підходів до розв'язання рівнянь переносу речовин-забруднювачів у просторі та часі. Одним з найбільш типових підходів є метод розв'язання системи диференціальних рівнянь у частинних похідних, що за рахунок формалізованих обмежень зводяться до систем звичайних диференціальних рівнянь.

Процеси, які аналізуються у Мерас, змінюються з часом та у просторі (мають динамічний характер). Вони описуються системами диференціальних рівнянь математичної фізики в частинних похідних. Розв'язання цих рівнянь передбачає їх апроксимацію звичайними диференціальними рівняннями відносно похідної по часу. Система з n лінійних диференціальних рівнянь першого порядку визначає повністю свій розвиток лише у тому випадку, коли задані всі її коефіцієнти та визначені n початкових умов. Початкові умови утворюють n -вимірний вектор, який повністю описує стан об'єкта в початковий момент часу $t(0)$. Далі повинна виконуватися умова, що вхідні та збуджуючі впливи відомі з моменту $t(0)$ та надалі.

Отримане векторне диференціальне рівняння є рівнянням стану складного динамічного об'єкта:

$$X^*(t) = AX(t) + ZF(t) + BU(t), \quad (5.1.1)$$

де $X = \{x(t,i)\}$ і $X^* = \{x(t,i)\}$ – вектор стану об'єкта розмірністю n та його похідна, а $x(t,i)$ – змінні стану;

A, Z, B – коефіцієнти матриці розмірністю $n \times n$, $n \times 1$ та $n \times m$ відповідно; $U = \{u(t,m)\}$, $F = \{f(t,l)\}$ – вектори вхідних (управляючих та збуджуючих) впливів на об'єкт.

Вихідні параметри даних щодо розповсюдження концентрацій забруднювачів у межах території об'єкта у такому випадку можуть визначатися функцією вектора стану:

$$Y(t) = CX(t), \quad (5.1.2)$$

де $Y = \{y(t,i)\}$ – вектор вихідних сигналів об'єкта розмірністю $\gamma \leq n$;

C – матриця коефіцієнтів розмірністю $\gamma \times n$ [8].

Подібний підхід використовується в моделях, що застосовуються у вітчизняній практиці. Різниця між цими моделями полягає в тому, що:

- система Meras описує всі підсистеми навколишнього середовища, які об'єднані між собою єдиною понятійною та методологічною базою (на відміну від вітчизняної практики, що склалася в Україні, коли розрахунки базуються на застосуванні моделей переносу забруднювачів, як правило, по окремих підсистемах навколишнього середовища);

- в Meras при недостатності даних про параметри фізичних процесів використовуються емпіричні рівняння, що отримані по матеріалах світового досвіду про розповсюдження забруднень для типових схем міграції хімічних та радіоактивних речовин при аваріях.

Методи кількісного аналізу ризику характеризуються розрахунком показників ризику. Проведення аналізу ризику за допомогою Meras вимагає великого обсягу інформації по аварійності, надійності обладнання, врахування особливостей навколишньої місцевості, метеоумов, часу перебування людей на території та поблизу об'єкта, щільності населення та інших факторів. Складні розрахунки часто дають значення ризику, точність якого невелика. Для небезпечних виробничих об'єктів точність розрахунків ризику, навіть у разі наявності всієї необхідної інформації, не вище одного порядку.

При цьому проведення оцінки ризику з урахування різних варіантів руйнування устаткування (повне або часткове), характер розливу, агрегатного стану, погодні умови, кількість небезпечної хімічної речовини в аварійному устаткуванні дає більш точні результати. Методика «Токси 2.2» враховує всі ці показники, які є пріоритетними в нашому випадку. Тому розрахунок будемо проводити за допомогою вищезгаданої методики.

Досвід показує, що найбільший обсяг рекомендацій щодо забезпечення безпеки виробляється із застосуванням методів аналізу ризику, що використовують менший обсяг інформації та витрат праці.

Однак деякі методи оцінки ризику завжди дуже корисні, а в деяких ситуаціях - єдино допустимі для порівняння небезпек різної природи і при експертизі небезпечних виробничих об'єктів.

В Росії з екологічних ризиків вже написано достатня велика кількість робіт, які допомагають у розгляді проблеми. Особливе серед всіх робіт, пов'язаних з екологічним ризиком займає праця Івана Олександровича Швириєва [9]. В роботі детально розглянуті питання оцінки ризику від систематичного та аварійного забруднення атмосфери в місті Усть-Каменогорську. Приводиться математичне забезпечення, в основу якого покладені відомі підходи до моделювання розподілення домішок забруднюючих речовин в атмосфері. В роботі представлена послідовність процедури оцінки екологічного ризику в результаті систематичного забруднення атмосфери, але процедура оцінки ризику від аварійного забруднення докладно не описана.

Відомо, що в процесі оцінки ризику для здоров'я, викликаного впливом токсичних речовин, повинні брати участь екологи, медичні працівники (токсикологи, епідеміологи), працівники регулюючих органів, виробники і споживачі хімічної продукції. Це питання є недостатньо вивченим через нерозуміння математичних основ оцінки ризику. В основі оцінки ризику лежать базові знання з епідеміології, статистики, математики та ін. Для оцінки екологічного ризику для здоров'я людей не обов'язково використання складних комп'ютерних програм, достатньо кишенькового калькулятора, який здатен виконувати прості статистичні операції.

В статті «Методичні засади визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування» [11] розрахований ризик здоров'ю населення при рекреаційному використанні річки Сіверський Донецьк у межах Донецької області. Оцінку ризику проведено за допомогою міжнародного підходу US EPA. Кінцевими характеристиками оцінки ризику є коефіцієнти та індекси безпеки. Однак розрахунок індексів безпеки проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу забруднюючих речовин, за впливу компонентів суміші речовини на одні й ті ж самі органи найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є сумація. На думку міжнародних експертів, такий підхід може перевищувати небезпеку для здоров'я. Крім того,

при оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря не рекомендується орієнтуватися на систему критеріїв безпеки HQ [12].

В Україні розроблено метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз, що можуть проявитися у вигляді аварій на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) та небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП). Для оцінювання техногенного ризику життєдіяльності в умовах можливих аварій на ХНО застосовують співвідношення:

$$R(H) = P(H) \times V(H) \times K(H) \times N, \quad (5.1.3)$$

де $R(H)$ – колективний ризик втрати здоров'я чи загибелі населення на даній території при можливій аварії на ХНО;

$P(H)$ – річна ймовірність виникнення аварій на ХНО;

$V(H)$ – уразливість території від можливої аварії на ХНО;

$K(H)$ – просторова ураженість населення;

N – чисельність населення на території дослідження.

Оцінювання ризиків життєдіяльності базується в даному методі на результатах моделювання наслідків аварійного викиду, метеорологічних умов та геометричних параметрів зони хімічного зараження. Методика комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах аварій на ХНО і активізації НЕГП надає можливість досліджувати динаміку ризиків природно-техногенного характеру. Однак причиною виникнення аварій на ХНО в Україні є в основному техногенні фактори – застосування застарілих систем протиаварійного захисту, недосконалих технологій та зношеного обладнання [13].

Підсумовуючи аналіз існуючих методик, моделей і методик оцінки ризиків для довкілля та здоров'я населення, зазначимо, що в Україні є декілька методик (табл. 1.1), які можна використовувати для отримання оцінок екологічних ризиків.

Таблиця 5.1– Основні вітчизняні та закордонні методики й комп'ютерні системи оцінки ризиків

Методики оцінювання екологічного ризику	
<i>Вітчизняні</i>	<i>Закордонні</i>
Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) НХР при аваріях на промислових об'єктах і транспорті	Комп'ютерна система прогнозування зон токсикологічного зараження та збитків при аваріях на ПНО «ТОКСИ» (Росія)
Методика оцінки збитків від наслідків НС техногенного та природного характеру	Комп'ютерна система. для оцінки ризиків для здоров'я населення RISK ASSISTANT
Методика оцінки екологічних ризиків, що виникають за впливу джерел забруднень на водні об'єкти	Комп'ютерна система для аналізу розповсюдження викидів (скидів) токсичних та радіоактивних забруднювачів у НПС «MEPAS»
Методика оцінки ризику впливу планової діяльності на навколишнє природне середовище	Комп'ютерна система оцінки впливу радіологічних наслідків аварій на НПС та населення COSYMA
Методика прогнозування поширення антропогенних нафтових забруднень у П/З частині Чорного моря	RBCA - методика оцінки ризиків забруднення ґрунтів, ґрунтових вод, поверхневих вод, атмосферного повітря
Методика розрахунку оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря	Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений (РФ)
Методичні розробки визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки ОПН	Комп'ютерна система SAPHIRE, SAFETI для ймовірнісного аналізу ризику техногенних аварій і НС
Методика комплексної оцінки ризиків життєдіяльності населення, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз	Комп'ютерна система FLONET/TRANS – Моделі переносу забруднення ґрунтовими водами

Але вони не підходять (в основному по вихідним даним) для оцінки найбільш небезпечного для м. Одеси випадку. Крім того на відміну від закордонних методів і підходів, у вітчизняних поки що відсутні комп'ютерні системи оцінювання ризиків для об'єктів навколишнього середовища.

За основу алгоритму оцінки ризиків при аварії на ОПЗ обрано російську методику "Токси 2.2". Вона враховує найбільшу кількість відомих вихідних параметрів (руйнування устаткування (повне або часткове), характер розливу, агрегатного стану, погодні умови, кількість небезпечної хімічної речовини в аварійному устаткуванні, поведінку забруднюючої речовини в атмосфері та ін.) і дає найбільш достовірні результати.

5.2 Основні моменти методики і характеристика вихідних даних

Розповсюдження викидів небезпечних речовин в атмосфері, їх дія на людей та навколишнє середовище – важливі фактори, які визначають тяжкість наслідків аварій на промислових об'єктах та впливають на величину ризику ураження людей та негативної дії на природне середовище.

В даний час склалися три основні підходи для кількісного опису процесу розсіювання викиду газоподібних речовин в атмосфері:

- гаусовского моделі розсіювання;
- моделі розсіювання, що базуються на інтегральних законах збереження або в хмарі в цілому (залповий викид), або в поперечному перерізі хмари (тривалий викид) . Іноді їх називають моделями з зосередженими параметрами (один з різновидів - модель розсіювання важкого газу) ;
- моделі, побудовані на чисельному рішенні системи рівнянь збереження в їх оригінальному вигляді, іменовані часто моделями або методами прямого чисельного моделювання.

Гаусові моделі, які використані в методиці “Токси 2.2”, свою назву отримали від відомого розподілу Гауса, яке лежить в основі математичного опису просторово – часової зміни концентрації газу. Для вирішення рівнянь гаусовських моделей використовуються емпіричні коефіцієнти, що описують атмосферну турбулентність. Гаусові моделі враховують тільки два процеси, що відбуваються з викидом в атмосфері: переміщення в поле вітру і розсіювання за рахунок атмосферної турбулентності. Природно, що і прийнятну точність вони дають у тих зонах, де домінують зазначені процеси: або на великому видаленні від місця викиду, або у всьому діапазоні відстаней, але при слабкому викиді.

Як зазначено вище для розрахунку характеристики викиду обрано методику “Токси 2.2”. Ця методика призначена для оцінки масштабів ураження при промислових аваріях з викидом небезпечних хімічних речовин (НХР). Методика дозволяє визначити:

- кількість НХР, які надійшли в атмосферу при різних сценаріях аварії;
- просторово-часове поле концентрацій НХР в атмосфері;
- розміри зон хімічного зараження, відповідні до різного ступеня ураження людей, який визначається за інгаляційної токсодози.

Методика рекомендується для використання:

- при розробці декларації безпеки небезпечних виробничих об'єктів, на яких виробляються, використовуються, транспортуються або зберігаються НХР;
- при розробці заходів щодо захисту персоналу та населення;
- при розробці планів локалізації та ліквідації наслідків аварій, супроводжуваних викидом НХР.

Основними елементами розрахунку за справжньою методиці є визначення кількості викинутого НХР або продуктивності джерела надходження НХР в атмосферу для конкретного сценарію аварії і часу надходження НХР в атмосферу; визначення просторово-часового розподілу концентрації НХР; визначення просторового розподілу токсодози.

Вихідними даними для розрахунку є:

- фізико-хімічні та токсикологічні характеристики НХР;
- кількість і технологічні параметри НХР;
- параметри обладнання, в якому звертається НХР;
- вірогідний сценарій викиду НХР в атмосферу, для викиду рідкої фази характер розливу на підстильній поверхні і характеристики;
- топографічні характеристики території поблизу аварійного об'єкта;
- метеоумови на момент аварії;
- час експозиції.

В попередньому розділі описані сценарії, за якими проводяться розрахунки в “Токси 2.2”. В даному випадку для вибраного 3-го сценарію розраховуються такі параметри викидів:

- загальна маса НХР, яка утворює первинну хмару, кг:

$$Q_1 = \frac{\mu}{R} \frac{V_1 \cdot P_1}{T_1 + 273,15}, \quad (2.1)$$

де μ – молярна маса НХР, кг/моль;

R – універсальна газова стала, яка дорівнює 8,31 Дж/кг/моль;

V_1 – об'єм обладнання, м³;

P_1 – тиск в обладнанні, Па;

T_1 – температура в обладнанні, °С;

- густина НХР в первинній хмарі, кг/м³:

$$\rho_1^{\text{вик}} = \rho_1 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (2.2)$$

де ρ_1 – густина газової фази НХР в обладнанні, кг/м³;

P_0 – тиск в навколишньому середовищі, Па;

γ – показник адіабати газоподібної НХР;

- розмір первинної хмари, м:

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{3 Q_1}{\pi 4 \rho_1^{\text{ВНК}}}}, \quad (2.3)$$

- величини дисперсії, м:

$$\sigma_x = \frac{C_3 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0001 \cdot x}} \quad (2.4)$$

де x – просторова змінна (координат вздовж вітру), м;

$$\sigma_y = \begin{cases} \sigma_x = \frac{220,2 \cdot 60 + \frac{x}{U}}{220,2 \cdot 60 + 600}, \frac{x}{U} \geq 600, \\ \sigma_x, x/U < 600, \end{cases} \quad (2.5)$$

де U – швидкість вітру, м/с;

$$\sigma_z = f(z_0, x)g(x) \quad (2.6)$$

де

$$g(x) = \frac{A_1 x^{B_1}}{1 + A_2 x^{B_2}}, \quad (2.7)$$

$$f(z_0, x) = \begin{cases} \ln[C_1 x^{D_1} \cdot (1 + C_2 x^{D_2})], z_0 < 0,1 \text{ м}, \\ \ln \left[\frac{C_1 x^{D_1}}{(1 + C_2 x^{D_2})} \right], z_0 \geq 0,1 \text{ м}, \end{cases} \quad (2.8)$$

де z_0 – величина шорсткості поверхні, м.

- концентрація при проходженні первинної хмари, кг/м³:

$$c_i(x, y, z, t) = \frac{Q_i}{\frac{8}{3}\pi R_i^3 + (2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} G_3(x, y, z, t), \quad (2.9)$$

де t – час, с

y – просторова змінна (координата перпендикулярна напрямку вітру), м;

z – просторова змінна (координата висоти), м;

h – висота джерела викиду, м.

У випадку розрахунку за сценаріями з частковим ушкодженням устаткування необхідно додатково ввести параметри витікання НХР з ушкодженого устаткування. Характер витікання визначається площею отворів розгерметизації, а також параметрами, що визначають напір НХР і його зміну по мірі витікання НХР.

5.3. Обробка і аналіз вихідних даних

Рівень небезпеки підприємства, яке функціонує у звичайному режимі, набагато нижче рівня небезпеки підприємства, на якому сталася аварія. Відповідно, і оцінка аварійного ризику аварійної ситуації має більше значення, ніж оцінка ризику підприємства яке функціонує у штатному режимі. Різниця оцінок наскільки велика, що саме оцінку аварійного ризику приймають за міру рівня небезпеки, викликаного техногенним об'єктом.

В загальному випадку оцінка ризику аварійного викиду (R) може бути представлена у вигляді формули:

$$R = P_P \cdot P_N, \quad (5.3.1)$$

де P_N - ймовірність настання аварійної ситуації на об'єкті;

P_P - ймовірність ураження об'єктів природного середовища.

Найбільше число аварій в світі відбувається на підприємствах, що виробляють або зберігають хлор, аміак, мінеральні добрива, гербіциди, продукти

органічного та нафтоорганічного синтезу [14]. Щорічно в Україні відбувається близько 140-150 техногенних аварій і катастроф регіонального і державного рівня. Орієнтовна структура надзвичайних ситуацій техногенного характеру має такий вигляд: аварії з викидами СДОР — 4%, пожежі й вибухи — 19,5%, транспортні аварії — 17,7%, аварії на системах життєзабезпечення — 17,3%, аварії на радіаційних об'єктах — 8,4%, аварії на комунальних системах та очисних спорудах — 17,3%, надзвичайні ситуації на об'єктах інших видів — 15,8%. Причому 25% аварій сталося через експлуатації обладнання понад нормативного терміну, корозії устаткування і непрацездатності контрольно-вимірювальної апаратури.

Зрозуміло, що абсолютно необхідно розробити і впровадити в практику нові підходи та принципи забезпечення безпеки хімічних виробництв. Головні вимоги - це виняток особливо небезпечних аварій, здатних призвести до загибелі, ураження людей, до значного матеріального збитку, зробити істотний вплив на навколишнє середовище; забезпечення аналізованого, що розраховується і контрольованого рівня безпеки. У разі виникнення хімічних аварій найбільш небезпечні АХОВ, які при аварійних ситуаціях порівняно легко переходять з одного агрегатного стану в інший, найчастіше з рідкого в газоподібний, з твердого в аерозольний і наносять масові ураження людям, тваринам і рослинам.

На основі аналізу схем розташування екологічно небезпечних об'єктів м. Одеси (додаток В) і можливих наслідків від аварій на них було прийнято рішення проводити розрахунок ризику саме для ОПЗ. «Одеський припортовий завод» є підприємством хімічної галузі України. Підприємства хімічної галузі характеризуються величиною ризику виникнення аварій P_N від 10^{-9} до 10^{-4} [15]. Показники ризику аварій розраховувались за даними незалежних спеціалістів, у тому числі з TNO (Голландія) і DNV (Великобританія). Для сховищ аміаку вірогідності аварій, за різними джерелами, відрізнялися на 3 порядки. Для розриву трубопроводу вірогідність аварій в інтервалі від 2×10^{-8} до 4×10^{-4} , повного руйнування цистерни - від $1,5 \times 10^{-9}$ до $2,3 \times 10^{-7}$. Крім того треба було

враховувати ще ступіть зносу обладнання. Для врахування всіх факторів (зносу обладнання, його застарілість та ін.) було взято максимальне значення ризику. ОПЗ спеціалізується на виробництві аміаку, карбаміду, рідкого азоту, двоокису вуглецю, рідкого кисню, сірчаноокислого натрію. Також займається перевантаженням хімічної продукції, що надходить з країн СНД на експорт (є монополістом на вітчизняному ринку послуг з прийому, охолодження і перевантаження аміаку). На рис.5.1 представлено розміщення ОПЗ відносно центральної частини міста Одеси.

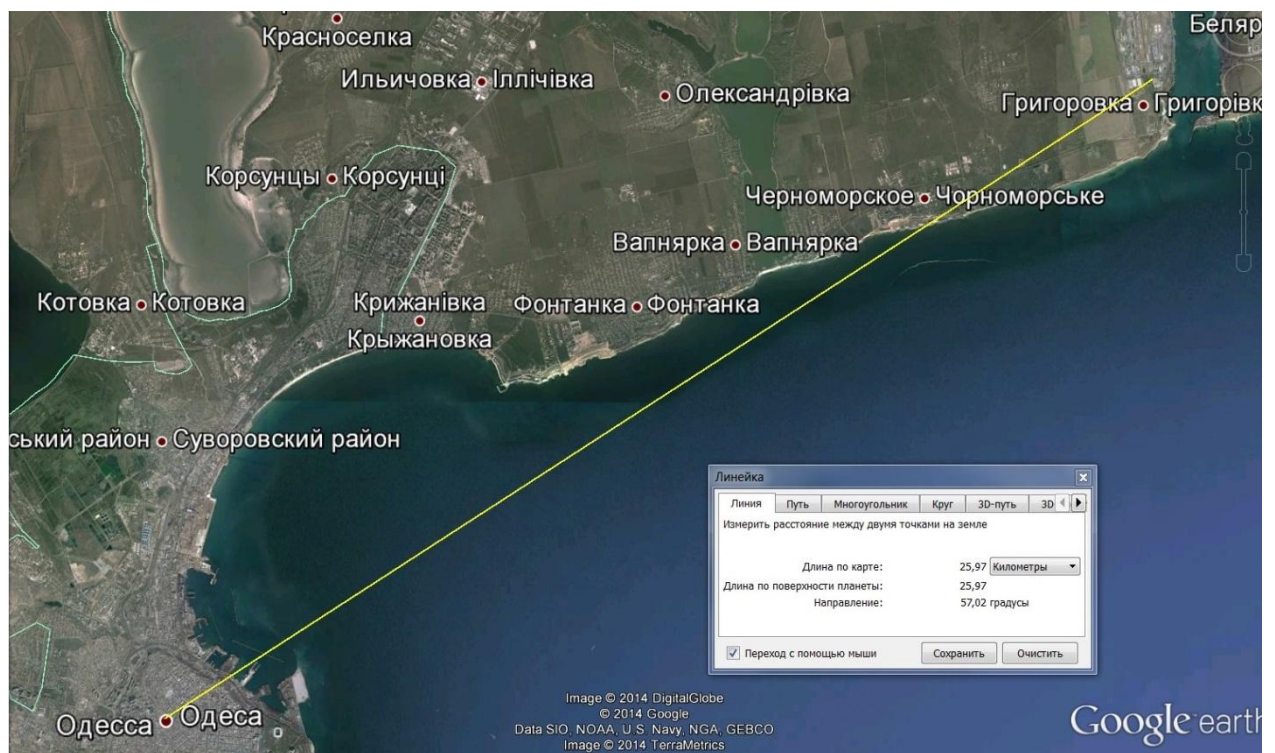


Рисунок 5.1 – Розміщення ОПЗ відносно м. Одеси

Як бачимо з рисунку напрям на ОПЗ складає 57° що приблизно відповідає Схід-Північ-Східному (СПнС) напрямку вітру. Саме цей напрям будемо вважати найбільш небезпечним.

Другою складовою ризику є ймовірність ураження об'єктів природного середовища. В якості об'єкта природного середовища вибрано людину - найбільш уразливий елемент природного середовища [16]. При визначенні ймовірності ураження людей (P_p) враховуються такі фактори [17]:

$$P_P = P_L \cdot P_W \cdot P_T, \quad (5.3.2)$$

де P_L – ймовірність знаходження людей на території під час аварійного викиду;

P_T – ймовірність токсикологічного ураження людей;

P_W – ймовірність напряду вітру в сторону центральної частини Одеси.

Ймовірність знаходження людей на території центра міста під час аварійного викид (P_L) у залежить від часу доби та дня тижня. Також важливе значення має захищеність людей. Можливість ураження людей, які знаходяться в приміщенні менша, ніж людей які перебувають на відкритій території. Оскільки незалежно від часу на території завжди знаходиться мешканці міста значення ймовірності знаходження людей приймаємо за 1 ($P_L = 1$).

Ймовірність токсикологічного ураження людей (P_T) залежить від кількості небезпечної речовини, яка потрапила в атмосферу в результаті вибуху, метеорологічних факторів, фізичних властивостей речовини та ін. Є велика кількість методик, які описують поведінку поллютантів в атмосфері, та за допомогою яких можна розрахувати концентрацію забруднюючої речовини. Їх всі можна поділити на 3 групи: емпіричні моделі Гауса, модель лангранжової хмари, тривимірні моделі. В даній роботі розглянемо математичну модель Гауса, яка докладно описана в [6]. За допомогою цієї методики можна описувати поведінку поллютантів на відстані від 10 до 40 км.

Розглянемо аварійну ситуацію в результаті якої стався вибух і викиду небезпечної хімічної речовини (НХР) – аміаку. Схему руйнування обладнання представлено на рис. 5.2. Важливо підкреслити, що відбувається саме миттєвий викид газоподібного аміаку, так при іншому сценарії руйнування обладнання необхідно враховувати інші параметри. В ємкості місткістю 3000 м³ знаходиться газоподібний аміак при температурі навколишнього середовища 25 °С і тиску 1 атм. Резервуар розміщений в товарно-сировинній базі (рис.5.3) ОПЗ на рівнинній місцевості, характерний розмір шорсткості дорівнює для рівнинної місцевості 0,0076 м. Відбувається руйнування резервуару і викидається аміак. Метеоумови:

швидкість вітру – 3,2 м/с ; безхмарна ніч. Товарно-сировинна база, де розташовані ємкості з аміаком зображена на рис. 5.3.

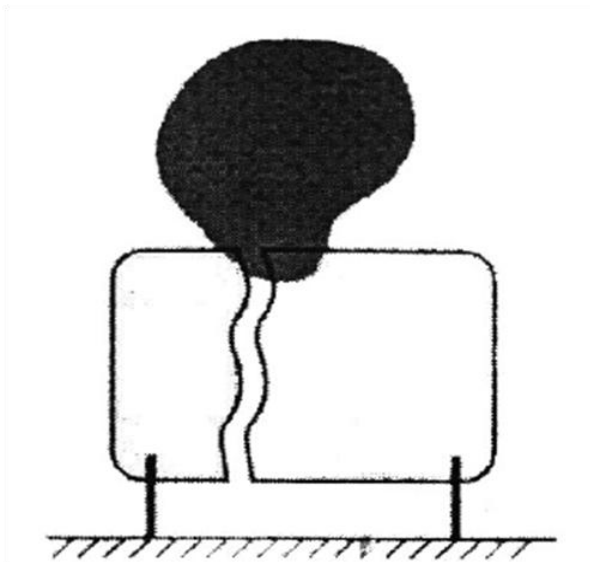


Рисунок 5.2 – Миттєве руйнування ємкості з газоподібним аміаком



Рисунок 5.3 – Товарно-сировина база ОПЗ

Схема розсіювання первинної хмари аміаку (з урахуванням характеристики хмари) представлена на рисунку 5.4 [2]. На цьому рисунку:

H – висота джерела забруднення, м;

R – радіус первинної хмари, м;

- x – координата вздовж вітру, м;
 y – координата перпендикулярна напрямленню вітру, м;
 z – координата висоти, м;
 c_i – величина концентрації в i -тій точці, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;
 u – швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$;
 S – горизонтальна дисперсія при розсіюванні первинної хмари, м.

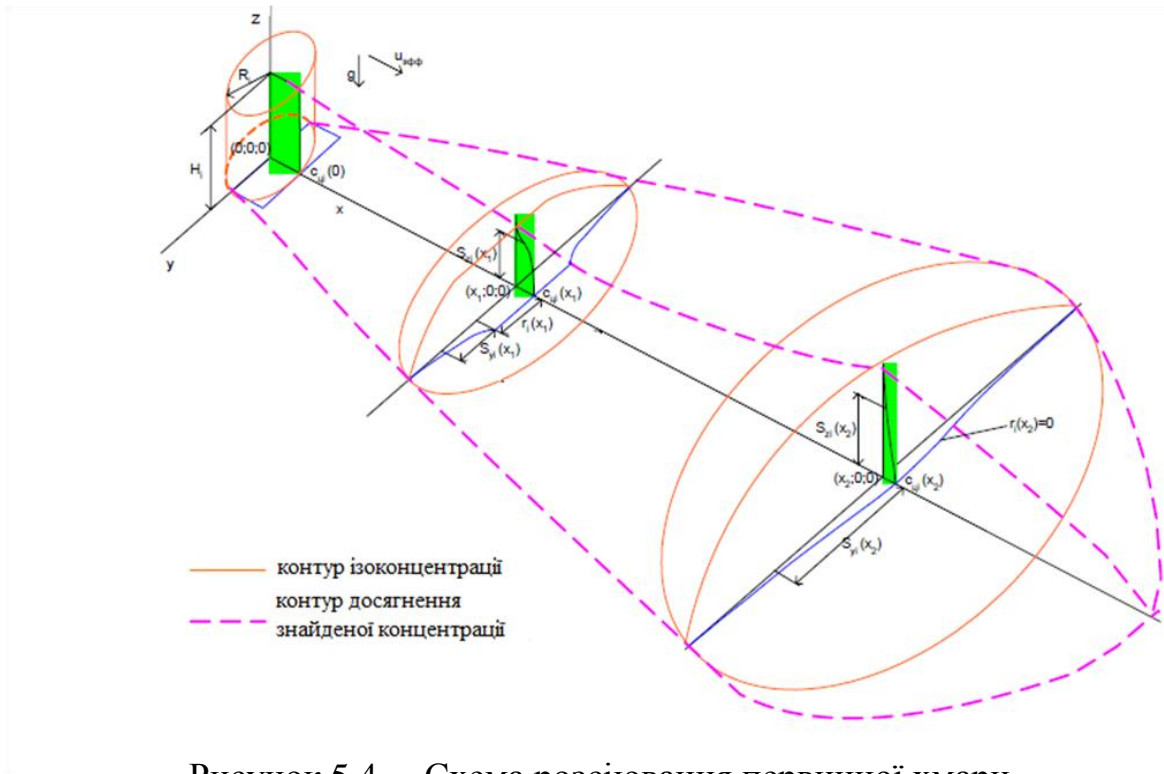


Рисунок 5.4 – Схема розсіювання первинної хмари

Важливим етапом вивчення ризику забруднення атмосфери Одеси є урахування напрямку вітру. Напрямок вітру в сторону досліджуваного об'єкта значно підвищить значення концентрації забруднюючої речовини. Нестійкість напрямку вітру сприяє посиленню розсіювання забруднюючих речовин по горизонталі. Для отримання достовірної величини P_w (ймовірність напрямку вітру в сторону центра Одеси) результатів порівняємо рози вітрів:

- Розу вітрів за 2012 – 2014 роки (рис 5.5)
- Розу вітрів за літо 2012 року (рис 5.6)
- Розу вітрів за літо 2013 року (рис 5.7)
- Усереднену розу вітрів за літо 2012 – 2013 років (рис 5.8)

- Усереднену багаторічну розу вітрів (1989 - 2010) (рис 5.9)
- Розу вітрів за 2013 рік (рис 5.10).

В процесі аналізу багаторічної рози вітрів (1899-2010) і рози вітрів за 2012-2014 роки, в Одесі було помічено значене збільшення кількості схід-північ-східного напрямку вітру порівняно з багаторічною розою вітрів. Це збільшення може бути викликане як антропогенним впливом, так і природними змінами.

Таблиця 5.2 – Повторюваність вітру в Одесі

Напрямок	Період				
	2012 -2014 роки	Літо 2012 року	Літо 2013 року	Літо 2012-2013 роки	2013 рік
	Повторюваність, %				
штиль	1,24	0,14	0,32	0,23	0,49
Пн	12,18	17,57	22,46	20,02	12,35
ПнПнС	3,76	3,67	5,84	4,76	3,53
ПнС	3,74	3,94	3,89	3,92	3,03
СПнС	6,49	7,70	5,75	6,73	4,77
С	7,45	4,53	4,94	4,73	6,34
СПдС	3,44	0,82	1,68	1,25	3,33
ПдС	8,63	6,66	4,85	5,75	8,65
ПдПдС	4,03	3,35	3,85	3,60	4,10
Пд	0,83	0,68	0,86	0,77	0,83
ПдПдЗ	6,76	5,48	2,85	4,17	6,99
ПдЗ	16,57	20,65	9,33	14,99	16,69
ЗПдЗ	1,84	2,45	2,26	2,36	1,82
З	2,48	1,45	2,04	1,74	2,83
ЗПнЗ	7,52	5,48	8,74	7,11	8,93
ПнЗ	6,08	7,43	8,97	8,20	6,68
ПнПнЗ	6,94	8,02	11,37	9,69	8,65

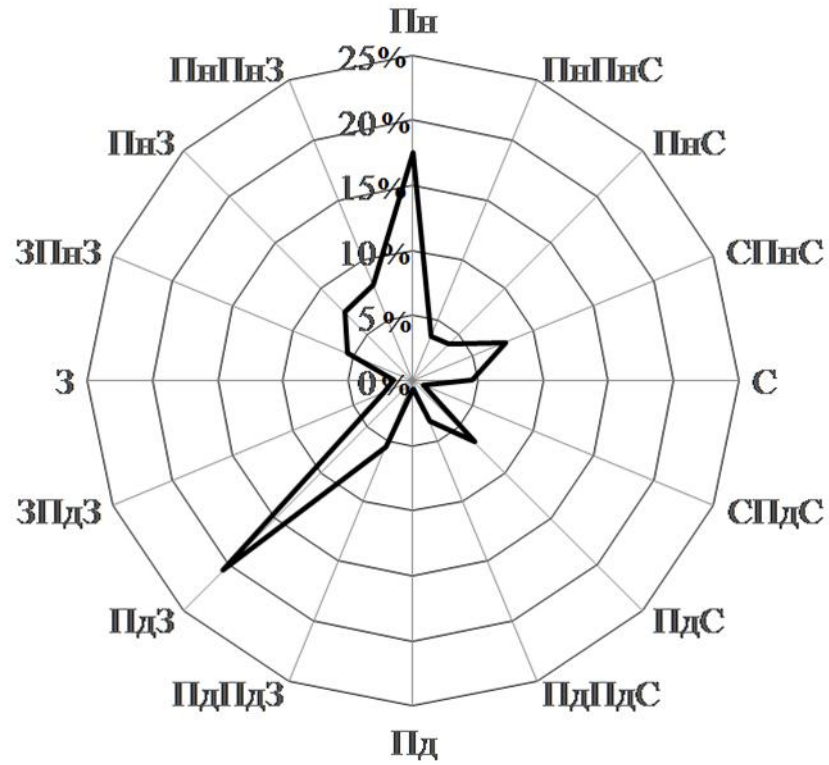


Рисунок 5.5 – Роза вітрів за літо 2012 року

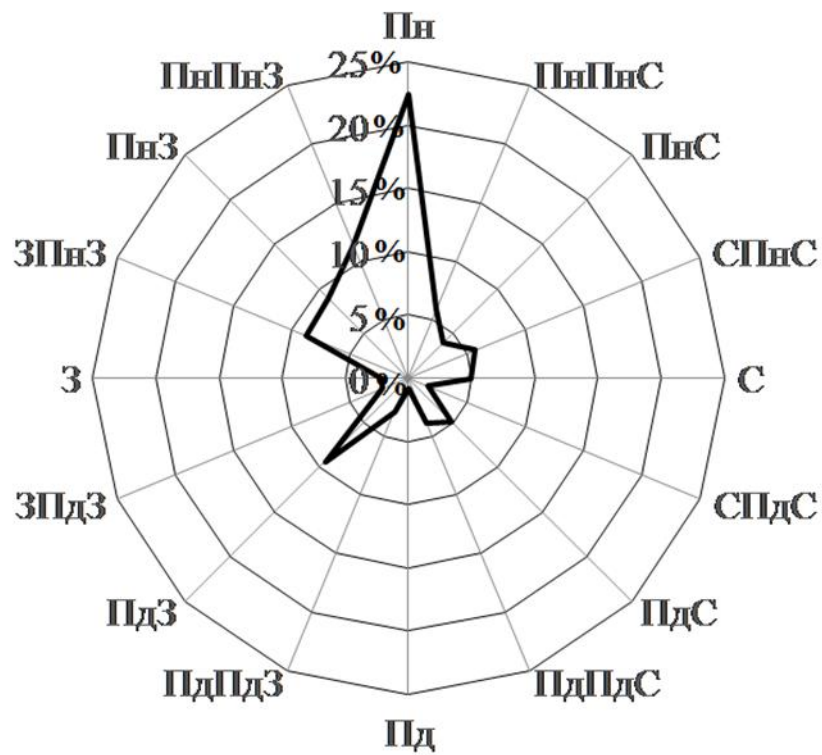


Рисунок 5.6 – Роза вітрів за літо 2013 року

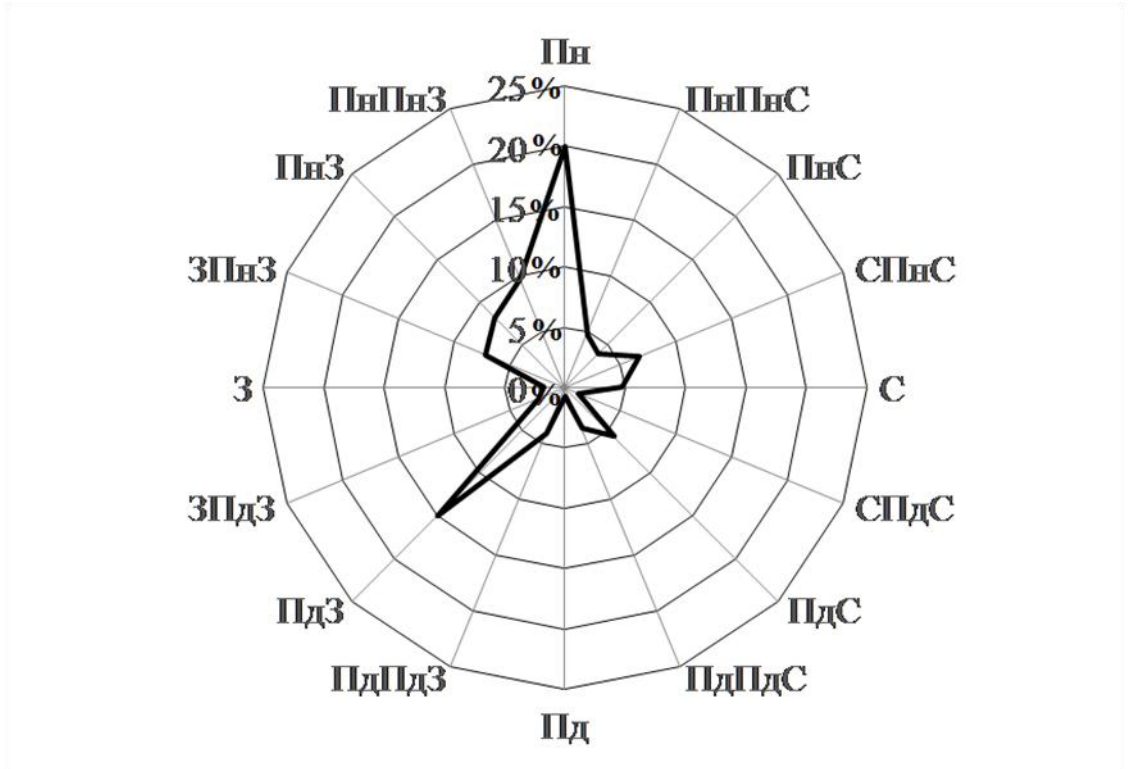


Рисунок 5.7 – Усереднена розу вітрів за літо 2012 – 2013

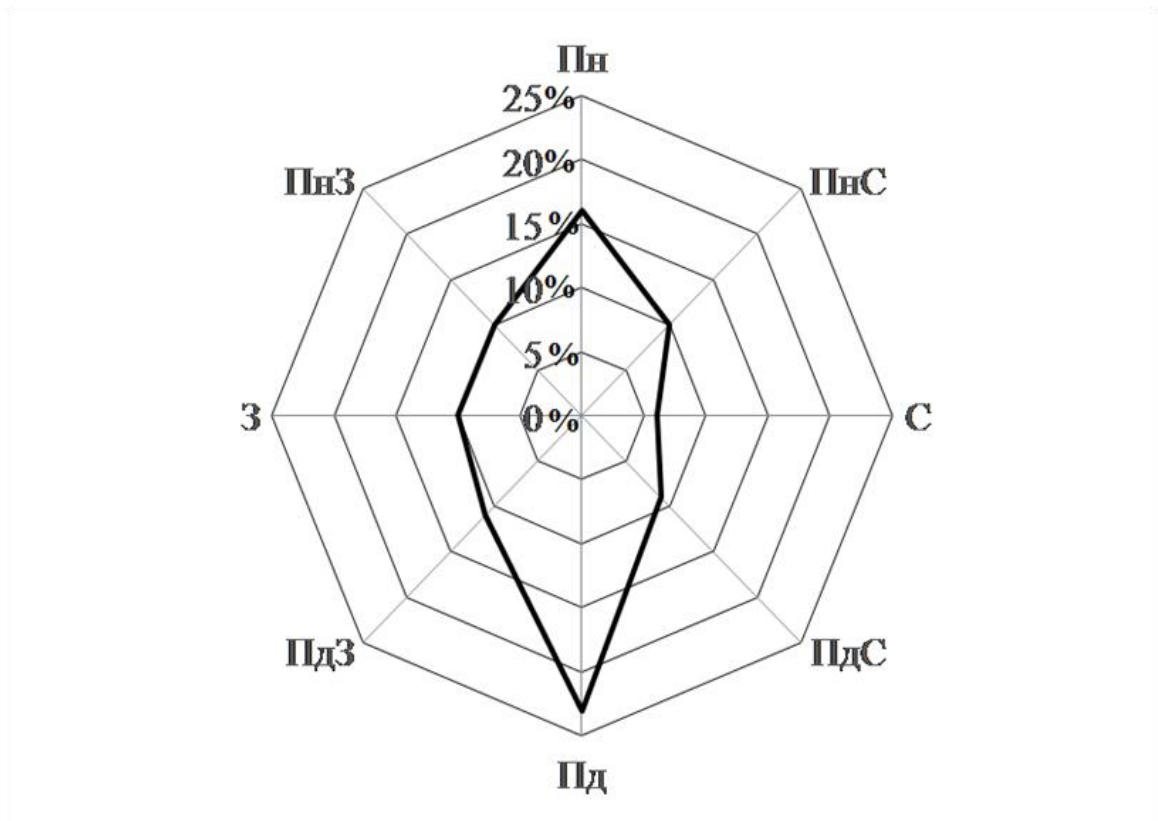


Рисунок 5.8 – Усереднена багаторічну розу вітрів (1989 - 2010)

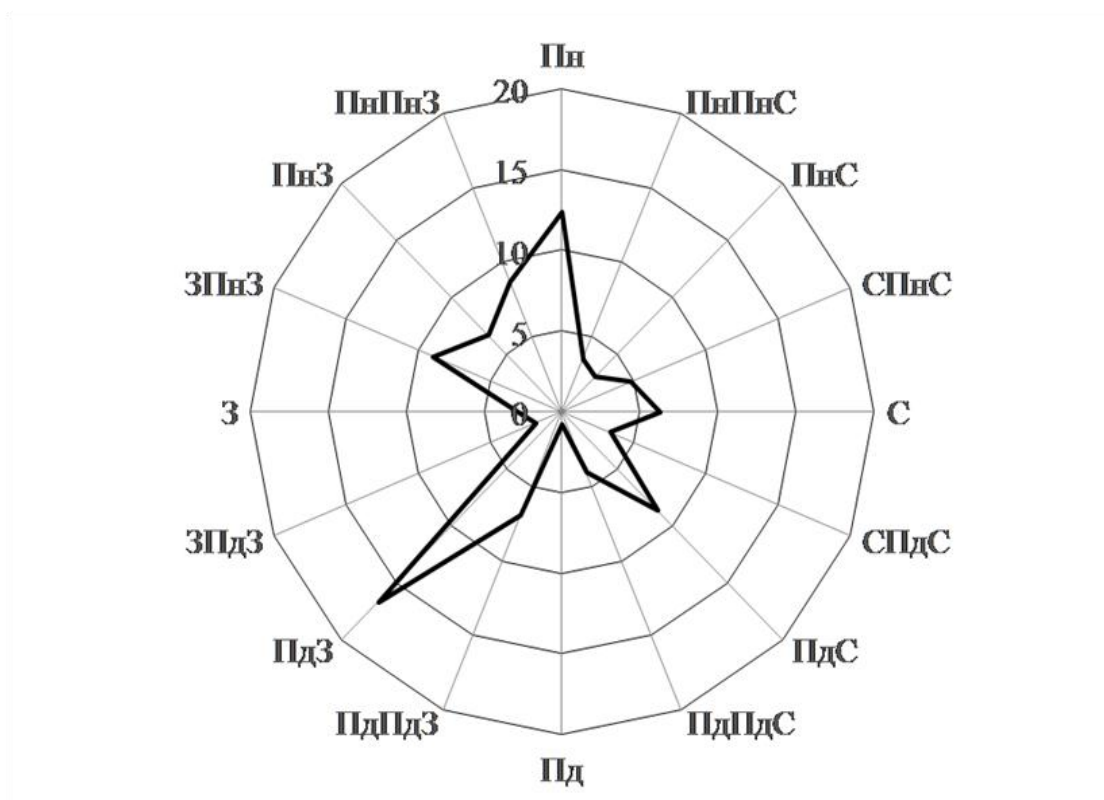


Рисунок 5.9 – Роза вітрів за 2013 рік

Аналіз табл. 5.2 і рис. 5.5-5.9 дозволяє зробити висновок, що середня багаторічна повторюваність СПнС напряму вітру складає 4 %. Але останнім часом, а особливо в літку ця повторюваність досягає 8 %. Тому у подальших розрахунках будемо використовувати ці два значення.

5.4. Характеристика ризику

Зіставлення даних клініко-токсикологічної оцінки гострих впливів СДОР на населення з розрахунковими даними з поширення хмари НХР від вогнища можливої аварії дозволяє отримати адекватну основу для організації оптимальних схем проведення ліквідації наслідків аварій та планування маршрутів евакуації населення. При проведенні рятувально-відновлювальних робіт, а також при проведенні евакуації необхідно враховувати, що при тривалому вдиханні повітря з концентрацією аміаку більше 200 мг/м^3 починаються зриви адаптаційних можливостей організму людини [22]. Тривале

вдихання повітря з концентрацією аміаку в межах 1000 мг/м^3 може привести до розвитку патології в організмі і навіть до летального результату через кілька годин або днів після впливу. При проведенні робіт з ліквідації наслідків аварій, пов'язаних з викидом аміаку, необхідно враховувати, що робота без засобів індивідуального захисту можлива протягом не більше двох годин. У даних умовах роботи концентрація аміаку в повітрі не повинна перевищує 210 мг/м^3 . З використанням методики “Токси 2.2” проведено розрахунок передбачуваних максимальних приземних концентрацій аміаку в разі руйнування ємності, заповненої 3 тис. тонн газоподібного та рідкого аміаку. Розрахунок ризику виконаний за двома підходами для декількох ймовірностей вітру (багаторічної та влітку).

5.4.1. Розрахунок ризику при руйнуванні ємності з газоподібним аміаком

Найважливішим кроком під час розрахунку ризику при руйнуванні ємності з газоподібним аміаком є розрахунок концентрації аміаку на території Одеси після вибуху на ОПЗ.

Концентрацію забруднюючої речовини на території Одеси (згідно “Токси 2.2”), яка викинута миттєво точковим джерелом в атмосферу в результаті, необхідно розрахувати за формулою 2.9. Але спочатку розраховуємо кількість аміаку в первинній хмарі за рівнянням 2.1:

$$Q_1 = \frac{\mu}{R} \frac{V_1 \cdot P_1}{T_1 + 273,15} = \frac{17 \cdot 10^{-3}}{8,31} \frac{3000 \cdot 101328}{25 + 273,15} = 2087 \text{ кг},$$

Де молярна маса аміаку - $\mu(\text{NH}_3) = 14 + 3 = 17 \text{ г/моль} = 17 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$;

R – універсальна газова стала, яка дорівнює $8,31 \text{ Дж/кг/моль}$;

V_1 – об'єм обладнання (згідно з вихідними даними 3000 м^3);

P_1 – тиск в обладнанні (згідно з вихідними даними $1 \text{ атм} = 101328 \text{ Па}$);

T_1 – температура навколишнього середовища (згідно з вихідними даними 25°C);

$\rho_1^{вук}$ – густина аміаку у викиді. В свою чергу густина розраховується за 2.2 як:

$$\rho_1^{вук} = \rho_1 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = 0,8 \left(\frac{101328}{101328} \right)^{\frac{1}{1,3}} = 0,8$$

де ρ_1 – густина газової фази НХР в обладнанні. Густина аміаку 0,8 кг/м³;

P_0 – тиск в навколишньому середовищі. Значення тиску відповідає нормальному 101328 Па;

γ – показник адіабати газоподібної НХР; значення показника адіабати 1,3.

Характерний радіус первинної хмари (5.3):

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{3 Q_1}{\pi 4 \rho_1^{вук}}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2087}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,8}} = 19 \text{ м}$$

Поперечна (горизонтальна) дисперсія розраховується за формулою Сміта-Хоскера (2.4):

$$\sigma_x = \frac{C_3 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0001 \cdot x}} = \frac{0,11 \cdot 17322}{\sqrt{1 + 0,0001 \cdot 17322}} = 611 \text{ м}$$

Вертикальна дисперсія. Розраховуємо за формулою Сміта-Хоскера (5.2.5):

$$\sigma_y = \frac{220,2 \cdot 60 + x/U}{220,2 \cdot 60 + 600} = \frac{220,2 \cdot 60 + 5413}{220,2 \cdot 60 + 600} = 1,2 \text{ м}$$

Дисперсія по висоті по формулі (5.2.6):

$$\sigma_z = f(z_0, x)g(x) = 1,0043 \cdot 145 = 146 \text{ м}$$

Функції $g(x)$ і $f(z_0, x)$ розраховуємо відповідно за формулами 5.2.7 і 5.2.8:

$$g(x) = \frac{A_1 x^{B_1}}{1 + A_2 x^{B_2}} = \frac{0,0609 \cdot 17322^{0,920}}{1 + 0,00196 \cdot 17322^{0,718}} = 145 \text{ м}$$

$$f(z_0, x) = \ln[C_1 x^{D_1} \cdot (1 + C_2 x^{D_2})] = \ln[2,73 \cdot 17322^{0,048} / (1 + 0,42)] = 1,0043$$

При визначенні умов стабільності атмосфери враховується інтенсивність сонячного випромінювання, яка влітку значно інтенсивна, а в середньому цілий рік - помірна. Відповідно до обраної методики, якщо швидкість вітру коливається від 3 до 5 (м/с), вдень, то умови стабільності атмосфери при помірному та інтенсивному сонячному випромінюванні - конвекція. Далі по табл. 5.3 і 5.4 визначаємо коефіцієнти необхідні для розрахунку дисперсії.

Таблиця 5.3 – Дані необхідні для розрахунку дисперсії

Клас стабільності	A_1	A_2	B_1	B_2	C_3
Конвекція	0,112	0,00092	0,920	0,718	0,11

Таблиця 5.4 – Коефіцієнти необхідні для розрахунку дисперсії

$Z_0, \text{ м}$	C_1	C_2	D_1	D_2
1	1,56	0,000625	0,048	0,45

Величина фактора розбавлення G_3 розраховується за формулою 5.2.9, де x – просторова змінна (координата вздовж вітру), дорівнює 17322 м; t – час, який пройшов після вибуху. Значення часу для побудови вище згаданої залежності

прийmemo від 0 до 7200 с; z – просторова змінна (координата висоти), м. Оскільки в даній роботі розраховується ризик ураження людей, то концентрацію необхідно розраховувати в приземному шарі, де знаходяться люди. Висота приземного шару атмосфери дорівнює 2 м; h – висота джерела викиду. Вибух стався на висоті 10 м.

Всі необхідні величини для розрахунку концентрації аміаку отримано. Для розрахунку спочатку необхідно побудувати графік залежності концентрації аміаку від часу, який пройшов після вибуху. Результати розрахунку наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку залежності концентрації аміаку на території Одеси від часу проходження первинної хмари

Час (t), с	Фактор розбавлення G_3	Концентрація (c_1), кг/м ³
0	4,4304E-174	$2,3038 \cdot 10^{-181}$
60	2,938E-170	$1,5278 \cdot 10^{-177}$
600	8,8265E-138	$4,5898 \cdot 10^{-145}$
1200	9,6737E-106	$5,0303 \cdot 10^{-113}$
1800	5,83233E-78	$3,03281 \cdot 10^{-85}$
2400	1,93439E-54	$1,00588 \cdot 10^{-61}$
3000	3,52935E-35	$1,83526 \cdot 10^{-42}$
3600	3,5424E-20	$1,84205 \cdot 10^{-27}$
4200	1,95591E-09	$1,01707 \cdot 10^{-16}$
4800	0,005940889	$3,08926 \cdot 10^{-10}$
5000	0,097301358	$5,05967 \cdot 10^{-09}$
5400	0,992667836	$5,16187 \cdot 10^{-08}$
5800	0,129525646	$6,73533 \cdot 10^{-09}$
6000	0,00912445	$4,74471 \cdot 10^{-10}$
6600	4,61381E-09	$2,39918 \cdot 10^{-16}$
7200	1,2834E-19	$6,67369 \cdot 10^{-27}$

З таблиці 5.5. видно, що концентрація аміаку досягає максимального значення в момент часу 5400 с. Тобто первинна хмара забрудника через 5400 с (при попутному вітрі) досягне території Одеси і концентрація аміаку дорівнюватиме $5,16187 \cdot 10^{-8}$ кг/м³, ця залежність проілюстрована на рисунку 5.10. Крім того для отримання більш наряду вітру. точного значення концентрації було проведено усереднення по куту

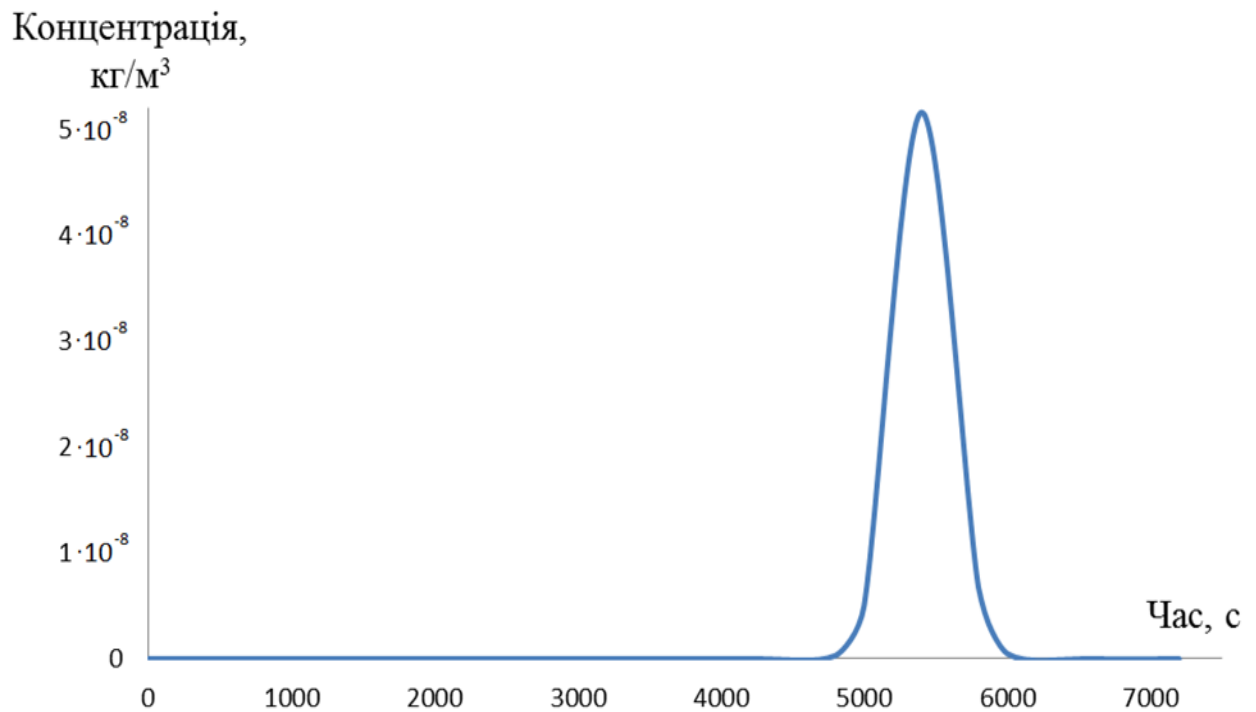


Рисунок 5.10 – Залежність концентрації аміаку на території Одеси від часу проходження первинної хмари

Знаючи величину концентрації на території Одеси можна розрахувати ймовірність токсикологічного ураження людей P_T . Ймовірність токсичного впливу речовини на людину визначається відповідно до класу небезпеки забрудника [19]. Аміак відноситься до 4 класу небезпеки. Для речовин 4 класу небезпеки розрахунок проводимо по наступній формулі:

$$Prob = -1,41 + 2,33 \lg (C/\Gamma ДК_{м.р}), \quad (5.4.1)$$

де $Prob$ - величина, що пов'язана з ризиком по закону нормального ймовірнісного розподілу,

C - концентрація речовини в атмосферному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$. Концентрація аміаку на території Одеси через 1,5 години після вибуху на ОПЗ становить $5,16187 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/\text{м}^3 = 0,051 \text{ мг}/\text{м}^3$,

$\text{ГДК}_{\text{м,р}}$ - гранично допустима максимально разова концентрація, $\text{мг}/\text{м}^3$.
 $\text{ГДК}_{\text{м,р}}(\text{NH}_3) = 0,2 \text{ мг}/\text{м}^3$.

$$Prob = -1,41 + 2,33 \lg (C/\text{ГДК}_{\text{м,р}}) = -1,41 + 2,33 \lg(0,051/0,2) = -2,79$$

Отримавши значення $Prob$ в таблиці 5.6 знаходимо відповідно величину P_T .

Таблиця 5.6 – Таблиця нормального ймовірнісного розподілу

$Prob$	P_T	$Prob$	P_T	$Prob$	P_T	$Prob$	P_T
-3,0	0,001	-1,1	0,136	0,0	0,50	1,1	0,864
-2,8	0,006	-1,0	0,157	0,1	0,540	1,2	0,885
-2,0	0,023	-0,9	0,184	0,2	0,579	1,3	0,903
-1,9	0,029	-0,8	0,212	0,3	0,618	1,4	0,919
-1,8	0,036	-0,7	0,242	0,4	0,655	1,5	0,933
-1,7	0,045	-0,6	0,274	0,5	0,692	1,6	0,945
-1,6	0,055	-0,5	0,309	0,6	0,726	1,7	0,955
-1,5	0,067	-0,4	0,345	0,7	0,758	1,8	0,964
-1,4	0,081	-0,3	0,382	0,8	0,788	1,9	0,971
-1,3	0,097	-0,2	0,421	0,9	0,816	2,0	0,977
-1,2	0,115	-0,1	0,460	1,0	0,841	2,5	0,994
						3,0	0,999

Відповідно таблиці 5.5 ймовірність токсикологічного ураження людей на території Одеси в результаті викиду з ОПЗ 3 т аміаку $P_T = 0,006$.

Отримавши всі величини, розрахуємо ймовірність ураження людей (P_P) для середньої багаторічної повторюваності вітру за формулою 5.3.2:

$$P_P = P_L \cdot P_W \cdot P_T = 1 \cdot 0,08 \cdot 0,006 = 4,8 \cdot 10^{-4}.$$

Далі за формулою 5.3.1 розрахуємо величину ризику для Одеси під час аварійного викиду на ОПЗ:

$$R = P_P \cdot P_N = 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,00001 = 4,8 \cdot 10^{-9}.$$

Розрахуємо ризик для території Одеси влітку:

$$R = P_P \cdot P_N = P_L \cdot P_W \cdot P_T \cdot P_N = 1 \cdot 0,04 \cdot 0,006 \cdot 0,00001 = 2,4 \cdot 10^{-9}.$$

Згідно з методикою визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки отримані значення ризику є прийнятними [16].

Також розраховано ризик, відповідно до міжнародного підходу US EPA [2]. Дана методика "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря" затверджена МОЗ України [20]. Відповідно до методики проведено розрахунок коефіцієнта небезпеки аміаку можна за формулою 5.4.2:

$$HQ_i = C / RfC \tag{5.4.2}$$

$$HQ_i = C / RfC = 5,1 \cdot 10^{-8} / 0,1 = 5,1 \cdot 10^{-7}$$

де $C = 5,1 \cdot 10^{-8}$ мг/м³ – рівень впливу аміаку;

$RfC = 0,1$ мг/м³ – безпечний рівень впливу аміаку.

Далі отриману величину коефіцієнта порівнюємо з таблицею 5.7 [16], де наведені величини ризику. В даному випадку ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий.

Таблиця 5.7 – Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

5.4.2 Розрахунок ризику при руйнуванні ємкості з рідким аміаком

Концентрацію аміаку на території Одеси при проходженні вторинної хмари, яка утворюється під час виходу рідкого аміаку з зруйнованої ємкості (згідно “Токси 2.2”) розрахуємо за формулою:

$$c^{\text{ж}} = \frac{q^{\text{ж}} \cdot t^{\text{ж}}}{2\pi \cdot (R^{\text{ж}})^2 \cdot t^{\text{ж}} \cdot U + (2\pi)^{3/2} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot G_3(x, y, z, t) \quad (4.5)$$

де $q^{\text{ж}} = 70 \text{ кг/с}$ – витрата аміаку у вторинній хмарі;

$t^{\text{ж}} = 300 \text{ с}$ – тривалість витоку аміаку;

$R^{\text{ж}}$ – початковий розмір вторинної хмари аміаку, м

$$R^{\text{ж}} = \sqrt[3]{\frac{3 Q_3}{4\pi \rho_{\text{вик}}}} \quad (4.6)$$

де $\rho_{\text{вик}} = 0,8 \text{ кг/м}^3$ – густина аміаку;

Q_3 – маса аміаку, яка переходить в первинну хмару у вигляді аерозолю, кг:

$$Q_3 = Q_3^r + Q_3^{\text{ж}} + Q_3^u + Q^r \quad (4.7)$$

де Q_3^r – маса аміаку, яка переходить в первинну хмару у вигляді газу при різкому закипанні перегрітого аміаку, кг:

$$Q_3^r = Q^{\text{ж}} \left(1 - \exp \left(-\frac{C_p(T_3 - T_{\text{кип}} + |T_3 - T_{\text{кип}}|)}{2\Delta H_{\text{кип}}} \right) \right) \quad (4.8)$$

де $Q^{\text{ж}} = 3000 \text{ кг}$ – маса рідкого аміаку в ємкості;

$C_p = 4600 \text{ Дж/кг}^\circ\text{С}$ – теплоємність рідкого аміаку;

$T_3 = -27^\circ\text{С}$ – температура в обладнанні;

$T_{\text{кип}} = -33,4^\circ\text{С}$ – температура кипіння рідкого аміаку;

$\Delta H_{\text{кип}} = 1360 \text{ кДж/кг}$ – теплота випаровування рідкого аміаку

$$Q_3^r = 3000 \left(1 - \exp \left(-\frac{4,6(27 - 33,4 + |27 - 33,4|)}{2 \cdot 1360} \right) \right) = 66 \text{ кг}$$

$$Q_3^{\text{ж}} = \min(Q_3^r, Q^{\text{ж}} - Q_3^r) \quad (4.9)$$

$$Q_3^{\text{ж}} = \min(66, 3000 - 66) = 66 \text{ кг}$$

$$Q_3^u = \min \left\{ \frac{(T_3 - T_{\text{кип}} + |T_3 - T_{\text{кип}}|)}{\Delta H_{\text{кип}}} \sqrt{\frac{\lambda_{\text{п}} c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} F_{\text{конт}}^2}{\pi F}} \times \sqrt{t_{\text{кип}}}, Q^{\text{ж}} - Q_3^r - Q_3^{\text{ж}} \right\} \quad (4.10)$$

$\lambda_{\Pi} = 1,7 \text{ Вт/с/м}$ – коефіцієнт теплопровідності підстилаючої поверхні;

$c_{\Pi} = 840 \text{ Дж/кг/}^{\circ}\text{С}$ – теплоємність підстилаючої поверхні;

$\rho_{\Pi} = 2500 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу підстилаючої поверхні;

$T_{\Pi} = 25 \text{ }^{\circ}\text{С}$ – температура підстилаючої поверхні;

F – площа поверхності виливу аміаку, м^2

$$F = \frac{Q^{\text{ж}} - Q_3^r - Q_3^{\text{ж}}}{0,05 \cdot \rho_{\text{ж}}} \quad (4.11)$$

де $\rho_{\text{ж}} = 686 \text{ кг/м}^3$ – густина рідкого аміаку,

$$F = \frac{3000 - 66 - 66}{0,05 \cdot 686} = 82,89 \text{ м}^2,$$

$F_{\text{конт}} = 5 \text{ м}^2$ – площа контакту з твердою поверхністю,

$t_{\text{кип}}$ – час, за який аміак надходить в первинну хмару в процесі інтенсивного кипіння рідкого аміаку за рахунок теплотоку від підстилаючої поверхні, с:

$$\sqrt{t_{\text{кип}}} = \min \left\{ \frac{(T_{\Pi} - T_{\text{кип}} + |T_{\Pi} - T_{\text{кип}}|)}{2\Delta H_{\text{кип}}} \sqrt{\frac{\lambda_{\Pi} c_{\Pi} \rho_{\Pi}}{\pi}} \frac{1}{\sqrt{\mu} 10^{-6} (5,83 + 4,1U) p_{\text{н}}} \right. \\ \left. \times \frac{F_{\text{конт}}}{F}, \sqrt{\frac{2\sqrt{F}}{U}} \right\} \quad (4.12)$$

де $U = 3,2 \text{ м/с}$ – швидкість вітру;

$p_{\text{н}}$ – тиск насиченого пару, мм рт. ст.:

$$p_{\text{н}} = 760 \cdot \exp \left(\Delta H_{\text{кип}} \mu \frac{\left(\frac{1}{T_{\text{кип}} - 273,15} - \frac{1}{T_{\text{кип}} - 273,15} \right)}{R} \right) \quad (4.14)$$

де $R = 8,31$ Дж/кг/моль – універсальна газова стала;

$$p_n = 760 \cdot \exp \left(1360 \cdot 17 \frac{\left(\frac{1}{-33,4 - 273,15} - \frac{1}{-33,4 - 273,15} \right)}{8,31} \right) = 760 \text{ мм рт. ст}$$

$$\sqrt{t_{\text{кип}}} = \min \left\{ \frac{\left(\frac{(25 + 33,4 + |25 + 33,4|)}{2 \cdot 1360} \sqrt{\frac{1,7 \cdot 840 \cdot 2500}{3,14}} \right)}{1} \cdot \frac{25}{82,89}, \frac{25}{\sqrt{\frac{2\sqrt{82,89}}{3,2}}} \right\} = \min\{0,566; 2,3\}$$

$$= 0,566$$

$$Q_3^u = \min \left\{ \frac{\left(\frac{(25 + 33,4 + |25 + 33,4|)}{1360} \sqrt{\frac{1,7 \cdot 840 \cdot 2500}{3,14}} \frac{25^2}{82,89} \times 0,566, \right)}{3000 - 66 - 66} \right\} =$$

$$= \min\{15,6; 2868\} = 15,6 \text{ кг}$$

Q_r – маса газоподібного аміаку в ємкості, кг:

$$Q_r = \alpha \frac{\mu}{R} \frac{V_3 P_3}{T_3 + 273,17} \quad (4.15)$$

де $\alpha = 0,01$ – об'ємна доза газової фази в ємкості;

$V_3 = 5000 \text{ м}^3$ – об'єм ємкості;

$P_3 = 1621200 \text{ Па}$ – тиск в обладнанні;

$$Q_r = 0,01 \frac{0,0175000 \cdot 1621200}{8,31} \frac{1}{-27 + 273,17} = 6736 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 66 + 66 + 15,6 + 6736 = 6883,6 \text{ кг}$$

$$R^{\text{ж}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 6883,6}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 685 \text{ м}$$

Отримавши всі величини, розрахуємо концентрацію аміаку на території Одеси. Результати розрахунку представлені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунку залежності концентрації аміаку на території Одеси від часу проходження хмари аміаку

Час (t), с	Фактор розбавлення G_3	Концентрація (c_1), кг/м^3
0	4,4304E-174	$1,3114 \cdot 10^{-183}$
60	2,938E-170	$8,6965 \cdot 10^{-180}$
600	8,8265E-138	$2,6127 \cdot 10^{-147}$
1200	9,6737E-106	$2,8634 \cdot 10^{-115}$
1800	5,83233E-78	$1,72637 \cdot 10^{-87}$
2400	1,93439E-54	$5,72579 \cdot 10^{-64}$
3000	3,52935E-35	$1,04469 \cdot 10^{-44}$
3600	3,5424E-20	$1,04855 \cdot 10^{-29}$
4200	1,95591E-09	$5,7895 \cdot 10^{-19}$
4800	0,005940889	$1,7585 \cdot 10^{-12}$
5000	0,097301358	$2,88012 \cdot 10^{-11}$
5400	0,992667836	$2,9383 \cdot 10^{-10}$
5800	0,129525646	$3,83396 \cdot 10^{-11}$
6000	0,00912445	$2,70084 \cdot 10^{-12}$
6600	4,61381E-09	$1,36569 \cdot 10^{-18}$
7200	1,2834E-19	$3,79887 \cdot 10^{-29}$

Як бачимо з таблиці концентрація аміаку досягає максимального значення на території Одеси через 5400с. Тобто первинна хмара аміаку через 5400 с (при попутному вітрі) досягне території Одеси і концентрація аміаку дорівнюватиме $3,83396 \cdot 10^{-11} \text{ кг/м}^3$, ця залежність проілюстрована на рисунку 5.11.

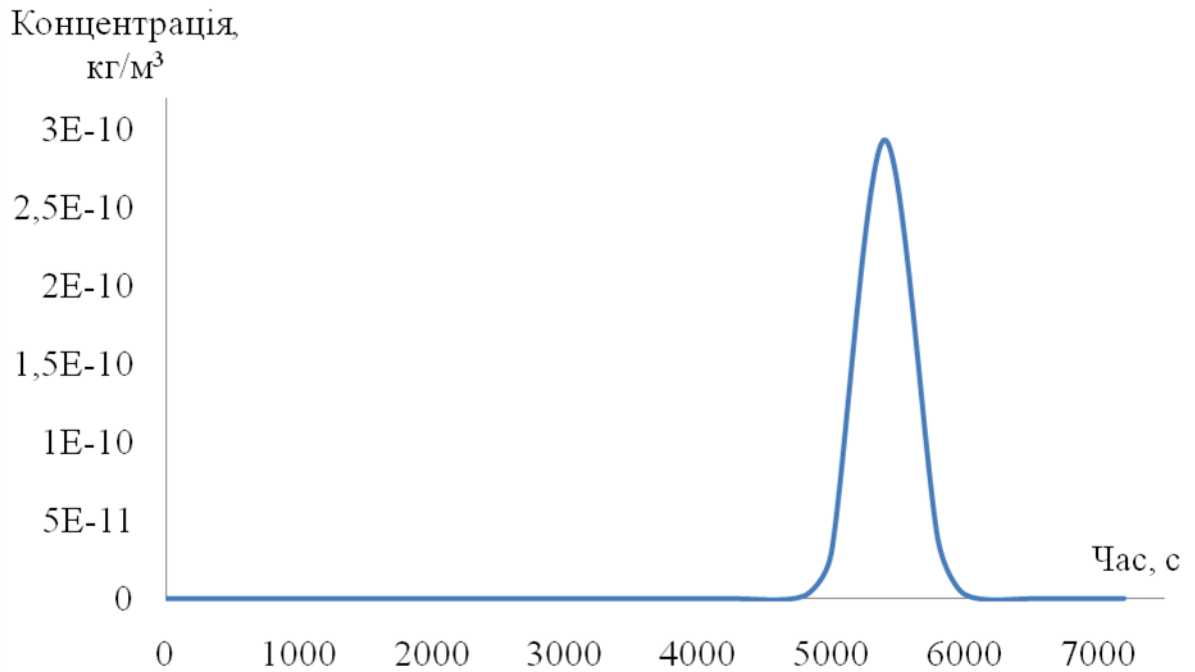


Рисунок 5.11 – Залежність концентрації аміаку на території Одеси від часу проходження хмари аміаку

Знаючи величину концентрації аміаку на території Одеси можна розрахувати ймовірність токсикологічного ураження людей P_T . Концентрація аміаку на території Одеси через 1,5 години після вибуху на ОПЗ становила $3,83396 \cdot 10^{-11} \text{ кг/м}^3 = 0,00038 \text{ мг/м}^3$

$$Prob = -1,41 + 2,33 \lg (C/\Gamma ДК_{м,р}) = -1,41 + 2,33 \lg(0,00038/0,2) = - 3$$

Отримавши значення $Prob$ в таблиці 4.3 знаходимо відповідно величину P_T .

Відповідно таблиці 5.11 ймовірність токсикологічного ураження людей на території Одеси в результаті викиду з ОПЗ рідкого аміаку $P_T = 0,001$.

Отримавши всі величини, розрахуємо ймовірність ураження людей (P_P) для середньої багаторічної повторюваності вітру за формулою 5.3.2:

$$P_P = P_L \cdot P_W \cdot P_T = 1 \cdot 0,08 \cdot 0,001 = 8 \cdot 10^{-5}.$$

Далі за формулою 5.3.1 розрахуємо величину ризику для Одеси під час аварійного викиду на ОПЗ:

$$R = P_P \cdot P_N = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,00001 = 8 \cdot 10^{-10}.$$

Розрахуємо ризик для території Одеси влітку:

$$R = P_P \cdot P_N = P_L \cdot P_W \cdot P_T \cdot P_N = 1 \cdot 0,04 \cdot 0,001 \cdot 0,00001 = 4 \cdot 10^{-10}.$$

Згідно з методикою визначення ризиків та їх прийнятних рівнів [21] для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки отримані значення ризику є прийнятними. Аналогічні розрахунки при різних вихідних даних та за різними методиками наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Екологічний ризик для міста Одеси в результаті аварії на ОПЗ

Вихідні дані					Величина ризику	
Агрега-тний стан	Кількість викину-того аміаку, кг	Швидкі-сть вітру, м/с	Концентра-ція аміаку в Одесі, мг/м ³	Повторюва-ність вітру, %	За методи-кою Prob	За методи-кою US EPA
1	2	3	4	5	6	7
Газ	3 000	3,85 (середня)	$8,8 \cdot 10^{-9}$	16,95	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-12}$
				7,14	$7,9 \cdot 10^{-9}$	$6,2 \cdot 10^{-13}$
				5	$5 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-13}$
				6	$6 \cdot 10^{-9}$	$5,2 \cdot 10^{-13}$
		28,4 (максима-льна)	$4,65 \cdot 10^{-8}$	16,95	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$7,34 \cdot 10^{-13}$
				7,14	$7,9 \cdot 10^{-9}$	$3,32 \cdot 10^{-13}$
				5	$5 \cdot 10^{-9}$	$2,33 \cdot 10^{-13}$
				6	$6 \cdot 10^{-9}$	$2,79 \cdot 10^{-13}$
Рідина	3 000	3,85 (середня)	$4,9 \cdot 10^{-11}$	16,95	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$7,84 \cdot 10^{-16}$
				7,14	$7,9 \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-16}$
				5	$5 \cdot 10^{-9}$	$2,45 \cdot 10^{-16}$
				6	$6 \cdot 10^{-9}$	$2,94 \cdot 10^{-16}$
		28,4 (максима-льна)	$1,3 \cdot 10^{-14}$	16,95	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$2,08 \cdot 10^{-19}$
				7,14	$7,9 \cdot 10^{-9}$	$9,28 \cdot 10^{-20}$
				5	$5 \cdot 10^{-9}$	$6,5 \cdot 10^{-20}$
				6	$6 \cdot 10^{-9}$	$7,8 \cdot 10^{-20}$

На основі отриманих даних можемо відобразити на карті найбільш уразливі райони міста Одеси у разі аварії на ОПЗ. Оскільки актуальним у даному випадку є напрям вітру СПнС, то найуразливішим районом Одеси є протяжний Суворовський район (рисунок 5.12) . Це великий і самий віддалений від центру житловий масив Одеси, що становить приблизно одну сьому її площі. За різними даними населення становить від менше 200 тисяч чоловік, що можна порівняти з населенням середнього українського міста (наприклад Луцьк).

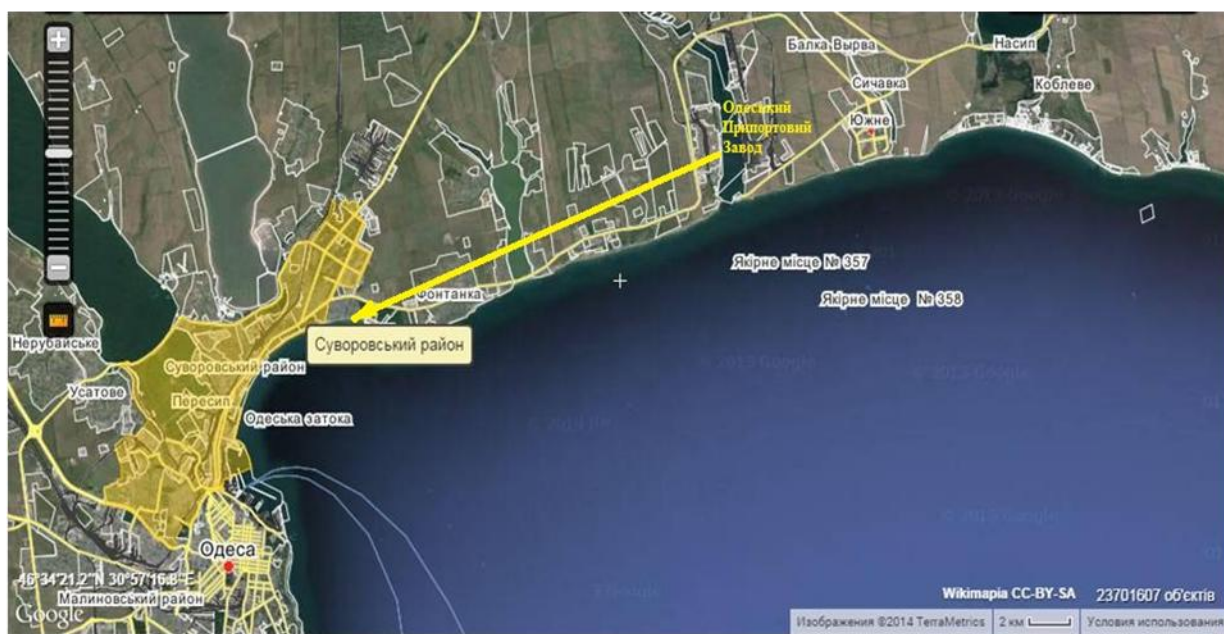


Рисунок 5.12 – Карта найбільш уразливих територій Одеси

Також розраховано ризик, відповідно до міжнародного підходу US EPA. Спочатку проведено розрахунок коефіцієнта небезпеки аміаку можна за формулою:

$$HQ_i = C / RfC = 3,83396 \cdot 10^{-11} / 0,1 = 3,8 \cdot 10^{-10}.$$

Далі отриману величину коефіцієнта порівнюємо з таблицею класифікації рівнів ризику [20]. За цим документом ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як мінімальний.

Розглянемо зворотну задачу. Задамося небезпечною концентрацією аміаку та

знайдемо кількість аміаку, аварійний викид якого буде становити загрозу жителям міста Одеси. З формули 4.1 виразимо концентрацію і оцінимо небезпечний рівень впливу аміаку:

$$C = HQ \cdot RfC \quad (4.3)$$

$$C = HQ \cdot RfC = 1,1 \cdot 0,1 = 0,11 \text{ мг/м}^3$$

З формули виразимо Q і підставивши туди отримане вище значення концентрації отримаємо кількість аміаку, яка в разі аварійного викиду нанесе шкоду здоров'ю людей:

$$Q = \frac{c \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot \pi \cdot R^3 + (2\pi)^{3/2} \right) \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z}{G_3} \quad (4.4)$$

$$Q = \frac{0,11 \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 3,14 \cdot 19^3 + (2 \cdot 3,14)^{3/2} \right) \cdot 611 \cdot 1,2 \cdot 145}{0,993} = 648564710 \text{ кг}$$

Що становить 648,5 тис. т. Як відомо, на ОПЗ знаходиться близько 120 тис. т аміаку. З оціночних розрахунків, проведених за обраною методикою видно, що при даних умовах наявного на ОПЗ аміаку не достатньо для нанесення значної шкоди здоров'ю людей, які знаходяться на території Одеси.

5.5. Висновки до розділу 5

Проаналізувавши існуючі методики розрахунку екологічного ризику від хімічних підприємств можна зробити висновок, що частина з них взагалі не придатна для випадку аварії великих резервуарів НХР, хоча по ним проводилися розрахунки. Подібне дослідження було поведене наприклад в роботі [22]. Для розрахунку концентрації використовувалась методика ОНД-86. Ця методика

призначена для визначення приземних концентрацій тільки для стаціонарних джерел, а не залпових викидів.

Друга частина методик [6, 8] могли би використовуватися для нашого випадку, але мають закритий код і потребують придбання ліцензій для їх використання. Крім того необхідне затвердження методик нормативно – правовими факторами та модифікація методики, а саме зміна значень ГДК та врахування топографічних факторів.

Тому прогнозування екологічного ризику для міста Одеси в результаті аварії на припортовому заводі було проведено за допомогою методик Prob та US EPA, а концентрація аміаку розрахована за допомогою методики «Токси 2.2». Розрахунок проведено для рідини і газової фази аміаку для різних значень швидкості та повторюваності вітру.

Повторюваність найбільш небезпечного напрямку вітру (СПнС) за 2012 – 2014 роки зросла від 5 до 7 %. Найбільших значень повторюваність цього напрямку досягає в теплу пору року. Так у вересні 2014 р. повторюваність досягала 17 %, що відповідно підвищує екологічний ризик.

В результаті роботи були розроблені науково-методичних основи розрахунку ризиків надзвичайних ситуацій в атмосфері міста на основі актуальних вихідних даних. Числові розрахунки дозволили зробити висновки про припустиме значення ризику (у разі аварійного викиду 3000 кг аміаку з ОПЗ в атмосферу). У відносній небезпеці знаходиться Суворовський район Одеси.

6. АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА (НА ПРИКЛАДІ ГДАНСЬКОГО РЕГІОНУ ТА М.ОДЕСИ)

6. 1. Вихідні дані. Статистичні характеристики часових рядів концентрацій у Гданському регіоні

У якості вихідних даних використано результати спостережень за діоксидом азоту (NO₂) і діоксидом сірки (SO₂) на постах 6 (Сопот) і 9 (Гдиня) у Гданському регіоні продовж 2003 року [203]. Концентрації цих двох газів (у мг/м³) вимірялися кожні 5 хвилин, а потім по цих вимірах розраховувалися середньочасові значення (усього 8760 величин). Відзначимо, що з десяти постів, розташованих у районі Гданська, тільки на цих двох протягом 2003 року спостереження відбувались безупинно. Це й стало причиною вибору зазначених вище постів, тому що для подальшого аналізу методами теорії хаосу необхідний набір даних з регулярним кроком за часом. У табл. 6.1 наведені деякі статистичні характеристики для розглянутих тут вихідних даних, а на рис. 6.1 – самі часові ряди.

Таблиця 6.1 - Середні (\bar{f}), максимальні (f_{\max}) і мінімальні (f_{\min}) величини, середньоквадратичні відхилення (σ^2), коефіцієнти асиметрії (γ_1) і ексцесу (γ_2) для часових рядів NO₂ і SO₂ на постах 6 і 9 Гданського регіону за 2003 рік

	\bar{f}	f_{\max}	f_{\min}	σ^2	γ_1	γ_2
Пост 6 (Сопот)						
NO ₂	15,46	107,53	2,29	11,99	2,26	7,61
SO ₂	9,13	111,99	3,99	6,94	4,79	38,15
Пост 9 (Гдиня)						
NO ₂	17,04	101,13	3,92	11,22	1,81	4,43
SO ₂	11,84	95,47	5,59	7,19	3,89	22,78

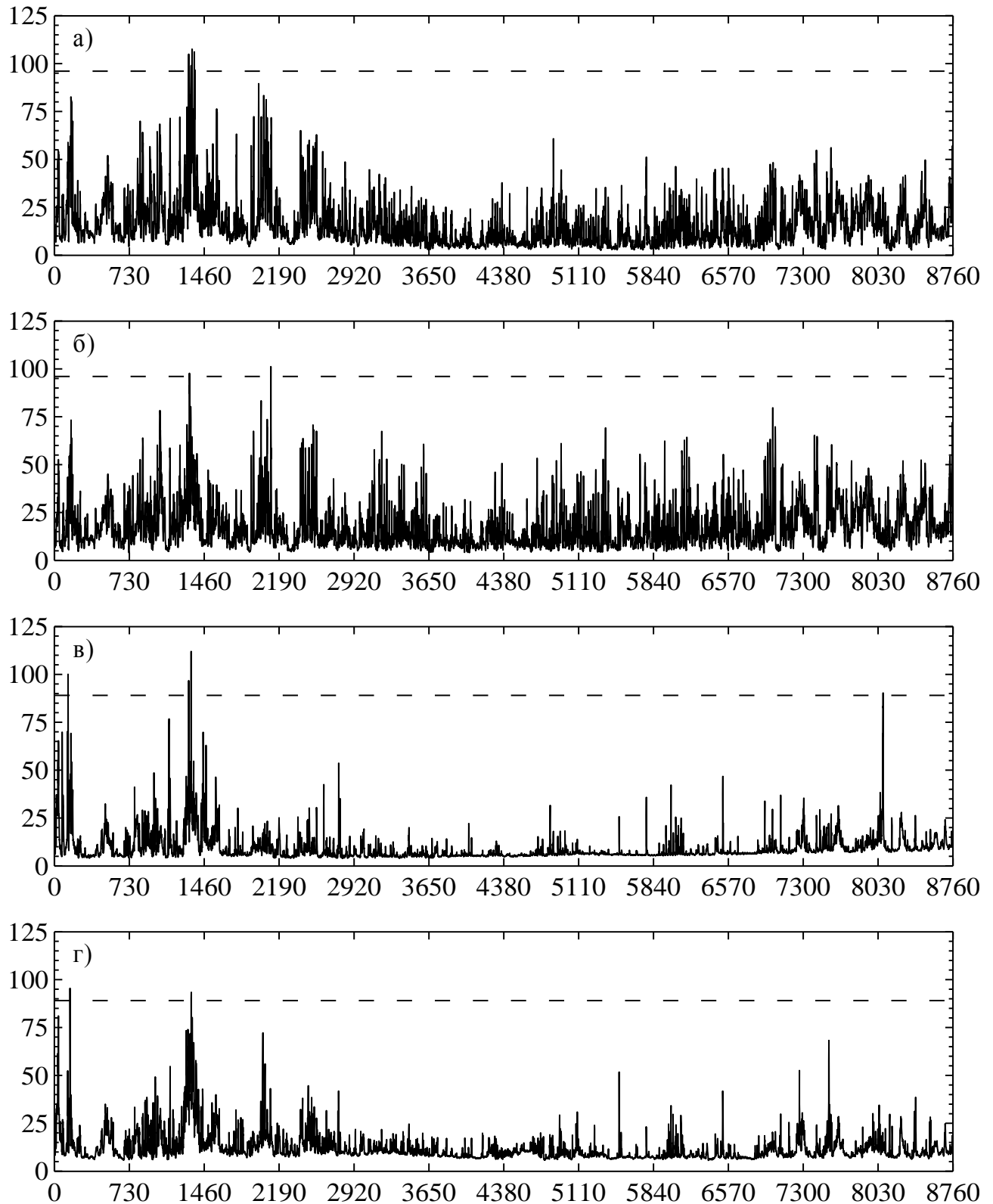


Рисунок 6.1 - Часові ряди NO_2 (у мг/м^3) на постах 6 (а) і 9 (б) і $\text{SO}_{2\text{м}}$ (у мг/м^3) на постах 6 (в) і 9 (г) у Гданському регіоні в 2003 році.

Штрихові лінії позначають індекс 2 забруднення повітря (див. текст).

Вісь X – порядковий номер години в році.

Мітки на вісі X рис. 6.1 нанесені так, щоб відповідати приблизно першому дню місяця. Також, на цьому рисунку штриховою лінією наведена нижня межа індексу 2 забруднення (96 мг/м^3 для NO_2 і 89 мг/м^3 для SO_2) згідно з Директивою ЄЕС по якості повітря, що ставиться до низького рівня забруднення (усього індексів 10). Видно, що продовж 2003 року спостерігалось від 1 до 3 випадків, коли досягалось значення цього індексу, і всі вони доводилися на зиму або початок весни, тоді як улітку концентрації забруднюючих речовин, у середньому, менше, особливо у випадку з діоксидом сірки.

Хоча відстань між постами всього 7 км і розташовані вони обидва на березі Гданської затоки (пост 6 – $54^\circ 25' 54''$ п.ш., $18^\circ 34' 47''$ с.довг.; пост 9 – $54^\circ 29' 40''$ с.ш., $18^\circ 33' 15''$ сх.довг.), дані табл. 6.1 і рис. 6.1 показують, що між ними існують деякі розходження. Наприклад, абсолютні максимуми концентрацій на пості 6 трохи більше, а мінімуми – менше, ніж на пості 9 (див. табл. 6.1). Також, значне підвищення концентрації SO_2 на початку грудня спостерігалось тільки на пості 6, а в середині листопада відзначалася зворотня картина. У цілому, можна говорити про те, що тимчасові зміни вмісту двох газів в атмосфері на обох постах виявляють певну когерентність; єдиним виключенням є відсутність у концентрації SO_2 на пості 6 наприкінці березня якого-небудь значного максимуму, характерного для інших тимчасових рядів і відзначені вище особливості в середині листопада й початку грудня.

Варто також зазначити, що часові ряди концентрацій не підкоряються нормальному розподілу, про що говорять величини коефіцієнтів асиметрії й ексцесу, при цьому для останнього результат особливо вражаючий.

Нарешті, на рис. 6.2 наведені спектри Фур'є для чотирьох часових рядів. Беручи до уваги нерегулярний характер змін концентрацій (див. рис. 6.1), не дивно що ці спектри виглядають такими ж, як і у випадкового процесу.

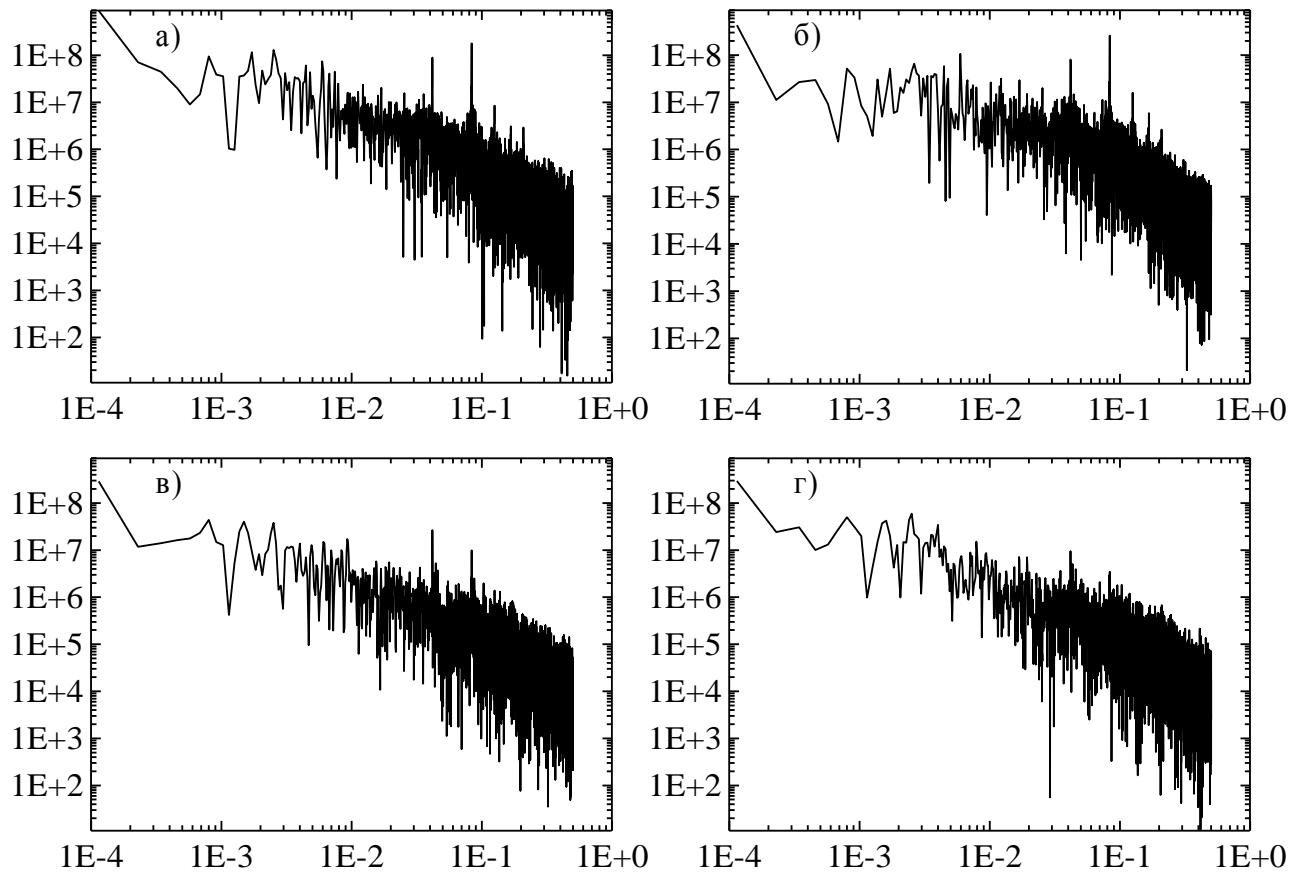


Рисунок 6.2 - Спектри Фур'є концентрацій NO₂ на постах 6 (а) і 9 (б) і SO₂ на постах 6 (в) і 9 (г) у Гданському регіоні.

Вісь X – частота, вісь Y – енергія

6. 2. Параметри фазового простору часових рядів концентрацій у Гданському регіоні

Як вказувалося в розділі 2, першим кроком при відновленні фазового простору є знаходження часової затримки за допомогою автокореляційної функції або взаємної інформації за формулами (2.32) і (2.35) відповідно. На рис. 6.3 показані результати цих розрахунків. Однак, перед тим як зробити остаточний вибір часової затримки τ , наведемо кілька зауважень щодо використання методу автокореляційної функції, які ставляться, насамперед, до деякої невизначеності цього методу.

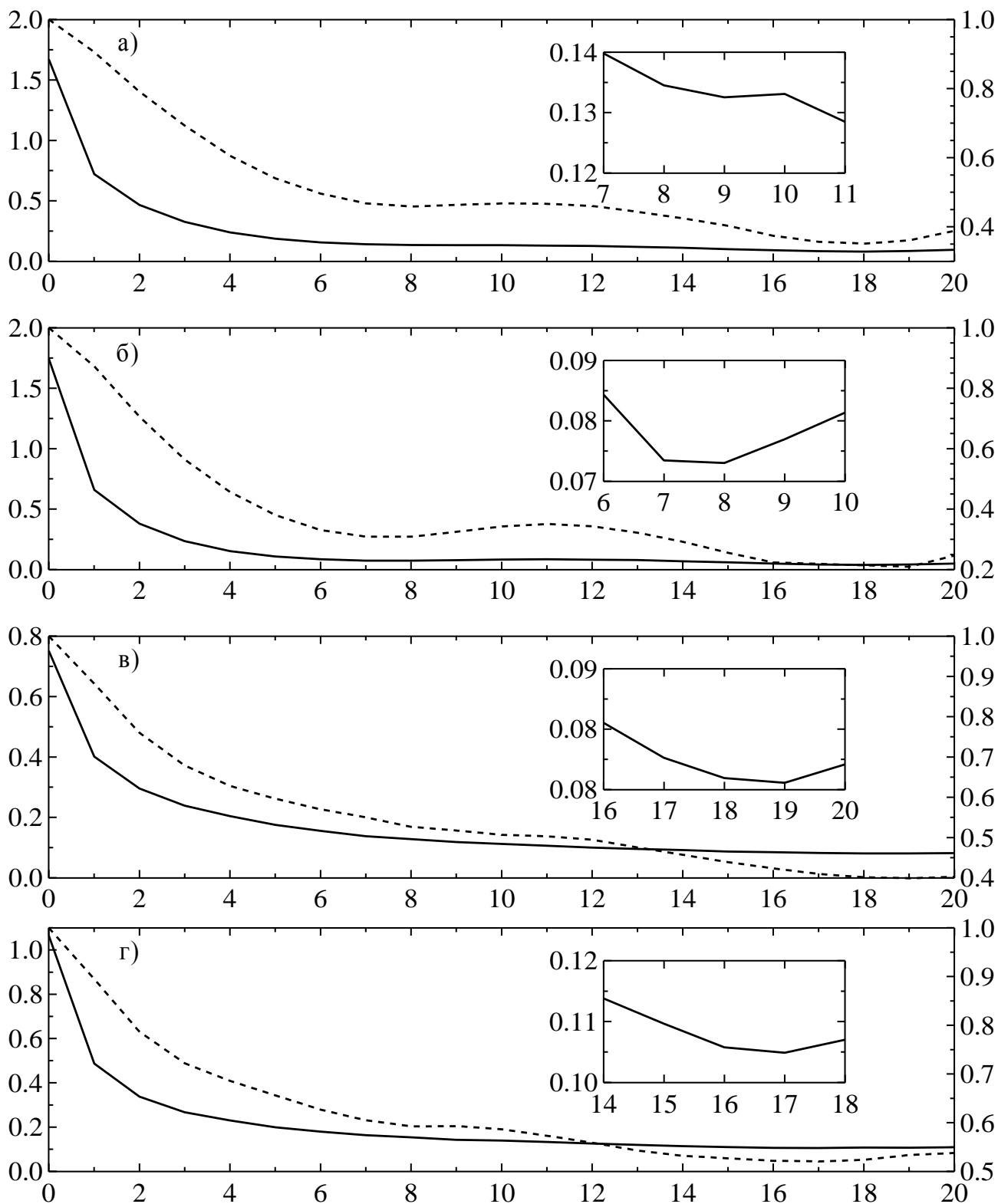


Рисунок 6.3 - Взаємна інформація (вісь Y ліворуч, суцільна лінія) і автокореляційна функція (вісь Y праворуч, пунктир) у залежності від часової затримки (вісь X) для NO₂ на постах 6 (а) і 9 (б) і SO₂ на постах 6 (в) і 9 (г) у Гданському регіоні

Як показано в розділі 2, для відновлення фазового простору важливим є визначення часової затримки τ , тому що тільки оптимальний вибір дає найкращий поділ сусідніх траєкторій усередині мінімального фазового простору вкладення. Якщо значення τ занадто мале, то значення кореляційної розмірності буде недооцінене, а якщо τ занадто велике – переоцінено [141]. Тому задача вибору належної часової затримки вирішувалася в багатьох роботах за допомогою різних методів. Два з них описані в розділі 2 – автокореляційної функції й взаємної інформації. Перший метод застосовується дуже часто, насамперед, через його простоту. Холзфусс і Мейер-Кресс [193] запропонували використовувати в якості τ те значення часової затримки, на якому автокореляційна функція перший раз перетинає нуль. В інших підходах розглядається часова затримка, на якій автокореляційна функція досягає деякого значення, наприклад 0,1 [194] або 0,5 [93]. Тут саме і криється невизначеність: яке значення автокореляційної функції вибрати – 0, 0,1 або 0,5?

Для деяких аттракторів не є істотним, який зі згаданих методів використовується. Наприклад, для класичної хаотичної системи Ресслера всі підходи дають значення τ приблизно рівне однієї чверті середнього періоду орбіти [92]. Однак для деяких інших аттракторів величина τ може значною мірою залежати від застосованого методу. Очевидно, жодне із згаданих вище правил не може бути визначальним для вибору τ і тому метод взаємної інформації має перевагу перед методом автокореляційної функції.

На рис. 6.3 наведені графіки з часовою затримкою в інтервалі від 1 до 20, якого виявилось досить для того, щоб визначити τ по методу взаємної інформації. У таблицю 6.2 зведені всі отримані результати для часової затримки в інтервалі від 1 до 1000. Відзначимо, що навіть у цьому випадку автокореляційна функція тільки лише для діоксиду азоту стала менше нуля.

Таблиця 6.2 - Величини часової затримки (τ) в залежності від різних значень автокореляційної функції (C_L) і першого мінімуму взаємної інформації ($I_{\min 1}$) для часових рядів NO_2 і SO_2 на постах 6 і 9 Гданського регіону

	$C_L = 0$	$C_L = 0,1$	$C_L = 0,5$	$I_{\min 1}$
	Пост 6 (Сопот)			
NO_2	–	136	6	9
SO_2	–	232	12	19
	Пост 9 (Гдиня)			
NO_2	102	53	4	8
SO_2	–	147	26	17

Хоча й можна вибрати в якості τ часову затримку, на якій автокореляційна функція перший раз перетнула 0,1, однак цей вибір навряд чи буде вдалим; Іслам і Сивакумар [195] показали, що при більших τ аттрактор відновлюється не дуже добре. З іншого боку, у більшості випадків нелінійний зв'язок більше, ніж лінійний, що видно й за даними табл. 5.2 (тут виключенням є SO_2 на пості 9). Тому для подальшого аналізу часових рядів за допомогою методів теорії хаосу обрано τ , при якому взаємна інформація досягає свого першого мінімуму, як це рекомендується Фрейзером і Суїнні [137].

Тепер, проведемо чисельні експерименти по відновленню розмірності фазового простору (d_E), використовуючи при цьому метод кореляційної розмірності й алгоритм помилкових найближчих сусідніх точок по формулах (2.11) і (2.15), відповідно.

Як вказувалося в розділі 2, для знаходження кореляційної розмірності d_2 необхідно розрахувати кореляційні інтеграли $C(r)$ для різних розмірностей вкладення. Проаналізуємо результати такого розрахунку для пункту 6, що представлені на рис. 6.4, щоб показати деякі особливості цієї методики.

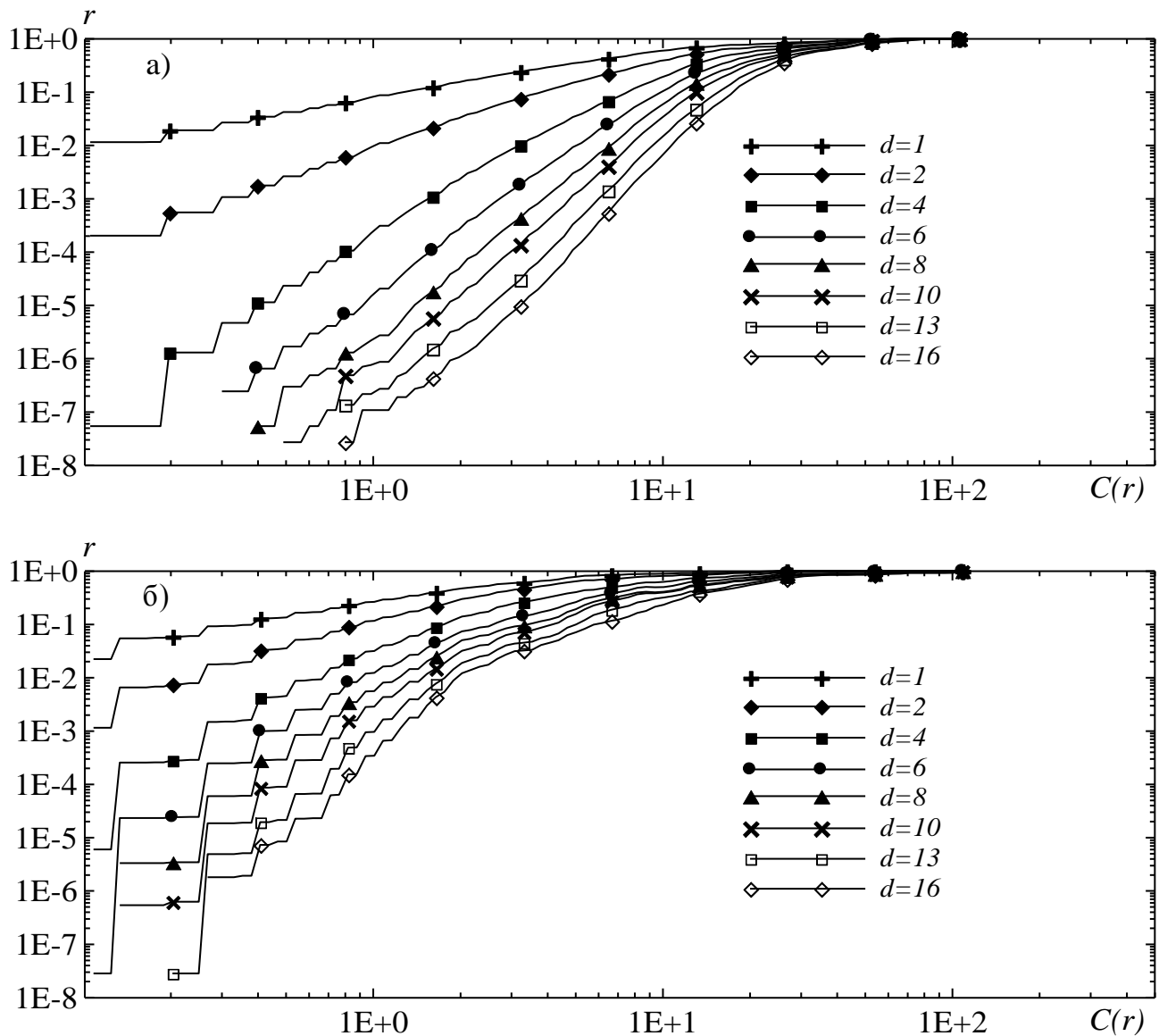


Рисунок 6.4 - Залежність кореляційного інтеграла $C(r)$ від радіуса r при різних розмірностях вкладення d для NO_2 (а) і SO_2 (б) на пості 6 у Гданському регіоні за даними за 2003 рік

Відповідно до вираження (2.11) кореляційна розмірність визначається кутом нахилу кривої $C(r)$ до осі X . Очевидно, що на рис. 5.4а цей кут більше й, відповідно, для NO_2 кореляційні розмірності також більше. З іншого боку, для діоксиду азоту криві $C(r)$ дуже близькі до прямих ліній у широкому діапазоні r , тобто середньоквадратична підгонка прямою лінією виконується більш точно й, відповідно, точніше значення d_2 . У випадку діоксиду сірки існують дві ділянки

майже прямих ліній $C(r)$, розташованих під певним, хоча й тупим, кутом одна до одної, у зв'язку із чим складно точно визначити розмірності d_2 .

Кореляційна розмірність аттрактора (d_A) визначається як значення кореляційної розмірності, при якому вона не змінюється при збільшенні розмірності вкладення. На рис. 6.5 представлені відповідні криві, аналіз яких показує, що значення насичення d_2 для діоксиду азоту та діоксиду сірки на пості 6 становлять 5,31 і 1,58 і були досягнуті при розмірності вкладення d_s , рівних 18 і 15, відповідно. Аналогічні величини для газів на пості 9 становлять 5,31 і 3,40, а досягнуті вони були при d_s , рівних 11 і 10. Перед тим як обговорити результати відновлення розмірності аттрактора по методу кореляційної розмірності, наведемо також аналогічні результати по алгоритму помилкових найближчих сусідніх точок (рис. 6.6). Розмірність аттрактора в цьому випадку визначалася як розмірність вкладення, у якій кількість помилкових найближчих сусідніх точок складало менше 3% [137, 195]. За результатами цього алгоритму, розмірність аттракторів для шкідливих домішок на всіх постах дорівнює 6.

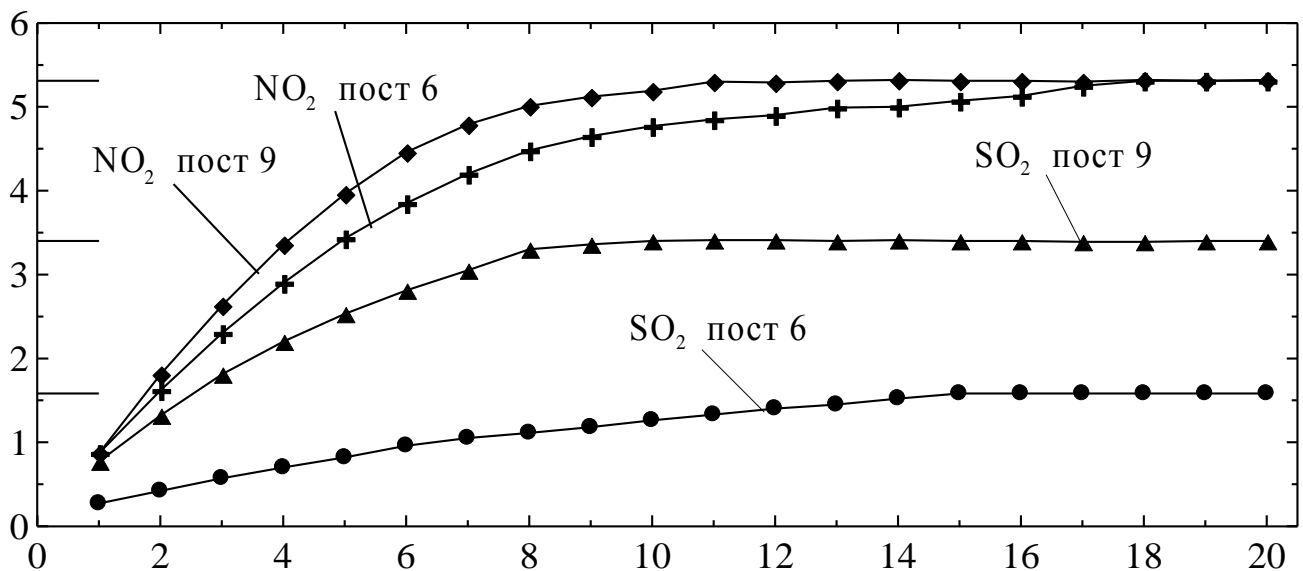


Рисунок 6.5 - Залежність кореляційної розмірності (вісь Y) від розмірності вкладення (вісь X) для газів на постах 6 і 9 у Гданському регіоні

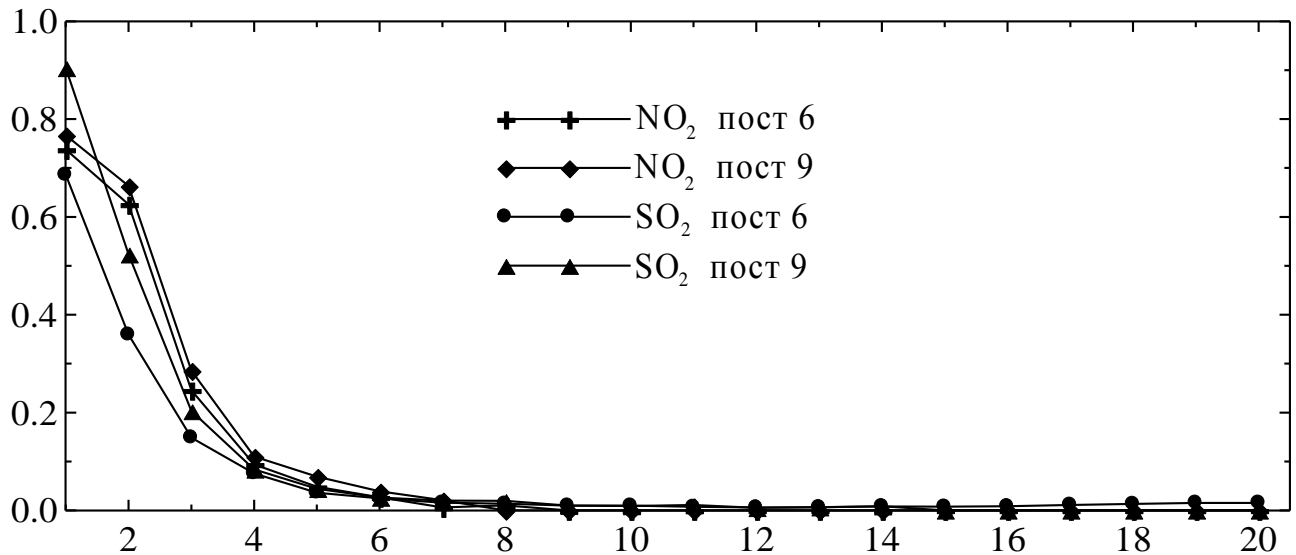


Рисунок 6.6 - Залежність кількості помилкових найближчих сусідніх точок (вісь Y ; частки) від розмірності вкладення (вісь X) для газів на постах 6 і 9 у Гданському

Оскільки найближче ціле число більше, ніж кореляційна розмірність, може розглядатися як мінімальна розмірність фазового простору, необхідного для вкладення аттрактору, то цей метод для концентрацій діоксиду сірки на обох постах дав меншу розмірність аттрактору, чим алгоритм помилкових найближчих сусідніх точок. При цьому 36% помилкових точок при розмірності 2 для даної домішки на пості 6 і 10% – при розмірності 4 на пості 9 є занадто великими величинами, які не можна не брати до уваги. У зв'язку з вищесказаним, надалі при аналізі будуть використовуватися значення d_A , отримані за допомогою останнього алгоритму.

Відзначимо ще одну цікаву особливість величин, визначених по методу кореляційної розмірності. Вважається, що значення розмірності вкладення, при якому має місце насичення кореляційної розмірності, може розглядатися як максимальна розмірність фазового простору, достатня для опису руху аттрактору. Більше того, розмірність фазового простору вкладення дорівнює кількості змінних, що беруть участь в еволюції динаміки системи. Тому згадані вище результати вказують на те, що для двоокису азоту мінімально необхідна кількість

змінних на обох постах дорівнює 6, а достатнє число змінних рівняється 18 і 11 для постів 6 і 9, відповідно. Аналогічні відомості для діоксиду сірки не наводяться внаслідок їхньої великої невизначеності, про що говорилося вище.

У табл. 6.3 зведені всі результати по відновленню аттракторів, а також розрахунку показника K по формулі (2.29) і глобальних розмірностей Ляпунова. Нагадаємо, що показник K тесту Готтвода й Мелбена приймає значення від 0 (регулярність) до 1 (хаос). Як вказували автори цього тесту, величини відмінні від нуля є показниками хаотичності процесу. У нашому випадку, значення K у всіх випадках перевищують 0,6, тобто розглянуті часові ряди піддаються впливу хаотичної динаміки. Можна також відзначити, що розмірність Каплана-Йорка, що також є одним з показників розмірності аттрактору, у всіх випадках менша, ніж використовувана нами розмірність d_A , а це також може служити одним з показників правильності нашого вибору.

Таблиця 6.3 - Часова затримка (τ), кореляційна розмірність (d_2), розмірність простору вкладення (d_E), перші дві розмірності Ляпунова (λ_1 і λ_2), розмірність Каплана-Йорка (d_L), межа передбачуваності (Pr_{\max} , години) і показник K для NO_2 і SO_2 на постах Гданського регіону

	τ	d_2	d_E	λ_1	λ_2	d_L	Pr_{\max}	K
Пост 6 (Сопот)								
NO_2	9	5,31	6	0,0184	0,0061	4,11	40	0,68
SO_2	19	1,58	6	0,0164	0,0066	5,01	43	0,71
Пост 9 (Гдиня)								
NO_2	8	5,31	6	0,0189	0,0052	3,85	41	0,66
SO_2	17	3,40	6	0,0150	0,0052	4,60	49	0,73

Зупинимося тепер на результатах розрахунку спектра розмірностей Ляпунова; у табл. 6.3. представлені позитивні λ_i . Оскільки швидкість перетворення сфери в еліпсоїд по різних осях визначається λ_i , то ясно, що чим менше сума позитивних розмірностей, тим більш стійкою є динамічна система.

Відповідно, це збільшує її передбачуваність. Наявність для кожної із систем двох (із шести) позитивних λ_i говорить про те, що в шестимірному просторі система розширюється уздовж двох осей і звужується уздовж чотирьох, що залишилися. Сума позитивних λ_i визначає ентропію Колмогорова, що обернено пропорційна межі передбачуваності.

Найбільшим ступенем передбачуваності володіє часовий ряд діоксиду сірки на пості 9 (трохи більше чотирьох діб), а в інших випадках межа передбачуваності перевищує три доби. Така передбачуваність є цілком достатньою для короткострокового прогнозу забруднення. Наприклад, по даним Цониса й Елснера [169] межа передбачуваності середньомісячних індексів Південного коливання не перевищує 3-х місяців.

6.3. Короткостроковий прогноз концентрацій у Гданському регіоні методами теорії хаосу

Для використання методу нелінійного прогнозу необхідно вирішити ще одну задачу, яку можна сформулювати так: скільки найближчих сусідніх точок (NN) потрібно взяти, щоб результати прогнозу були задовільними. Для розв'язання цієї задачі можна попередньо зробити кілька оцінок для різної кількості NN, а потім розрахувати коефіцієнт кореляції між фактичними й прогностичними даними. Як правило, коефіцієнт кореляції збільшується, досягає якогось максимуму [195]. Нами такий підхід був використаний для прогнозу на двадцять чотири години для 100 останніх точок часових рядів діоксиду азоту й діоксиду сірки.

Проведені чисельні експерименти показали, що зі збільшенням числа найближчих сусідніх точок прогностична крива, як правило, наближається до фактичного. Результати розрахунку коефіцієнта кореляції між фактичними й прогностичним на 24 години величинами при деяких NN представлені в табл.6.4.

Таблиця 6.4 - Коефіцієнт кореляції (r) між фактичним і прогностичним на 24 години рядами залежно від числа найближчих сусідніх точок (NN) для NO_2 і SO_2 на постах Гданського регіону для останніх 100 точок ряду

	NO_2			SO_2		
	Пост 6 (Сопот)					
NN	80	180	200	80	260	280
r	0,951	0,963	0,964	0,905	0,941	0,942
	Пост 9 (Гдиня)					
NN	30	210	230	80	250	270
r	0,959	0,973	0,974	0,928	0,940	0,941

Як згадувалося раніше, коефіцієнт кореляції росте зі збільшенням числа NN і досягає деякого значення, після чого його зміни не істотні. Оскільки кількість даних у часових рядах у нашому випадку велика, то максимуму коефіцієнт кореляції може досягти при дуже великій кількості найближчих сусідніх точок, однак брати їх усіх для побудови моделі прогнозу не має сенсу, тому що якість самого прогнозу при цьому істотно не покращиться.

Тому для наступних розрахунків було обрано NN = 180 для NO_2 і NN = 260 для SO_2 на пості 6 і NN = 210 для NO_2 і NN = 250 для SO_2 на пості 9.

На рис. 6.7, як приклад, представлені фактичні й прогностичні на 12 годин величини концентрацій досліджуваних домішок на пості 6. Як можна бачити, незважаючи на те, що практично всі піки на фактичній кривій повторюються на прогностичній, різниця між прогнозом і фактичними даними у випадку підвищених концентрацій інгредієнтів може бути досить великою.

Тим не менше результати такого прогнозу можна вважати цілком задовільними.

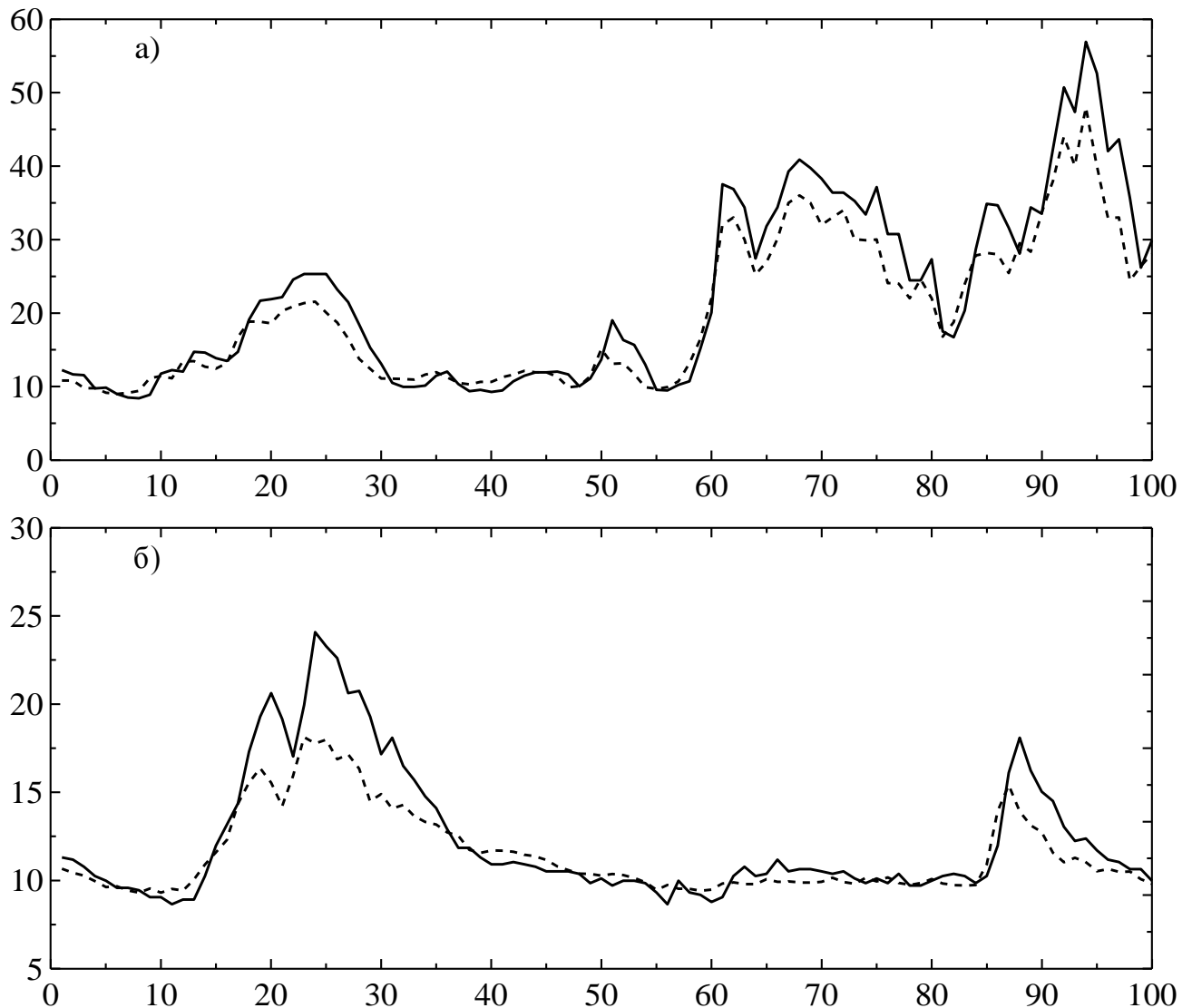


Рисунок 6.7 - Фактичні (суцільні) і прогностичні на 12 годин (пунктир) криві концентрацій NO₂ (а) і SO₂ (б) на пості 6 для останніх ста членів часових рядів, показаних на рис. 5.1. Вісь X – порядковий номер терміну

У табл. 6.5 представлені оцінки деяких характеристик успішності прогнозу. Можна бачити, що зі зменшенням завчасності поліпшується якість прогнозу, тобто результати методу дуже схожі на ті, що можуть бути отримані іншими методами. Для того, щоб перевірити, наскільки побудована модель відображає весь часовий ряд, прогноз також був зроблений для 900 випадково обраних термінів. Виявилось, що успішність прогнозу трохи покращилася (див. таблицю 6.5).

Таблиця 6.5 - Коефіцієнт кореляції (r) між фактичним і прогностичним рядами й середньоквадратична помилка прогнозу (σ) для прогнозу різної завчасності NO₂ і SO₂ на постах Гданського регіону для останніх 100 точок ряду, а також для 900 випадково обраних точок ряду

	NO ₂				SO ₂			
	6 ч.	12 ч.	18 ч.	24 ч.	6 ч.	12 ч.	18 ч.	24 ч.
	останні 100 точок ряду							
	Пост 6 (Сопот)							
r	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94
σ	3,825	4,019	5,233	6,025	1,250	1,813	2,175	2,986
	Пост 9 (Гдиня)							
r	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94
σ	3,611	3,938	4,839	5,636	1,183	1,732	2,341	2,858
	900 випадково обраних точок ряду							
	Пост 6 (Сопот)							
r	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95
σ	3,711	3,891	4,338	5,011	1,148	1,637	2,056	2,832
	Пост 9 (Гдиня)							
r	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,96
σ	3,567	3,899	4,287	4,978	1,112	1,683	2,076	2,822

Представлені тут результати можуть розглядатися як приклад цілком задовільного короткострокового прогнозу концентрацій газів в атмосфері. Тут можна відзначити й той факт, що метод нелінійного прогнозу досить добре працює у випадках, коли відбувається збільшення концентрацій, принаймні, практично всі тенденції до такого збільшення виявлені при прогнозуванні. Останнє дозволяє використовувати його як альтернативу для звичайних методів. Крім того, у даному дослідженні був застосований найпростіший підхід до апроксимації функціональної залежності (див. розділ 2) і можна сподіватися, що використання більш складних методик поліпшить якість прогнозу.

Існує ще одне застосування даної методики, яке полягає в інтерполяції

відсутніх даних усередині часового ряду. Можливість застосування звичайних методів інтерполяції (наприклад, сплайна або поліноміальної) буде обговорюватися в наступному підрозділі. Тут же припустимо, що, наприклад, у даних про концентрацію діоксиду азоту на пості 6, використовуваних тут, відсутні величини за одну добу (наприклад, 1 липня), що становить 24 значення. Відновимо аттрактор за даними за першу половину 2003 року, тобто використовуючи 4344 значення, а потім використаємо відновлені значення й відновимо аттрактор за всіма 8760 значенням. Для порівняння наведемо результати (табл. 6.6) відновлення аттрактору після того, як для інтерполяції тих же 24 значень був використаний кусочно-кубічний Ермітовий поліном [197].

Таблиця 6.6 - Часова затримка (τ), кореляційна розмірність (d_2), розмірність простору вкладення (d_E) і перші дві розмірності Ляпунова (λ_1 і λ_2) для NO_2 на пості 6 після інтерполяції даних методом теорії хаосу (M1) і за допомогою кусочно-кубічного Ермітового полінома (M2)

	τ	d_2	d_E	λ_1	λ_2
M1	9	5,42	6	0,0182	0,0067
M2	9	5,88	6	0,0095	0,0012

Як можна побачити з даних цієї таблиці й порівняння їх з даними табл. 5.3, якщо інтерполяція здійснюється методами теорії хаосу, результати відновлення аттрактору практично не змінюються. З іншої сторони, застосування для відновлення полінома призводить, насамперед, до істотного зменшення позитивних розмірностей Ляпунова, тобто зменшується хаотичність системи. Також, збільшилася кореляційна розмірність d_2 , причому це збільшення майже призвело до збільшення розмірності простору вкладення, а це могло викликати «деформацію» аттрактору системи.

6. 4 Аналіз часових рядів концентрацій шкідливих домішок методами теорії хаосу в атмосферному повітрі м. Одеси

Перед тим, як представити деякі результати розрахунків методами теорії хаосу за даними концентрацій забруднюючих речовин в повітряному басейні міста Одеси, зробимо деякі зауваження, що відносяться до якості цих даних.

Як ми вже відзначали вище, для того, щоб використання методів теорії хаосу дало адекватні результати, необхідний досить довгий ряд спостережень (у випадку Гданського регіону довжина ряду становила 8760 значень), причому в цьому ряді повинні бути відсутні «білі плями», пов'язані із зупинкою приладів для вимірювань концентрацій на профілактику або які-небудь інші причини. Природно, що для відновлення відсутніх вихідних даних може бути використано деякий метод інтерполяції. Однак такий підхід не може дати задовільного результату у випадку хаотичної системи.

Справа в тому, що застосування інтерполяції призведе до появи або стохастичних або регулярних ділянок орбіти (залежно від використовуваного методу інтерполяції), а це, у свою чергу, порушує хаотичність аттрактору. По суті, єдиним методом інтерполяції в цьому випадку може бути використання самих методів теорії хаосу для відновлення відсутніх даних, наприклад, методу нелінійного прогнозу.

Дійсно, якщо ряд безперервних спостережень досить великий (кілька тисяч значень) і він переривається не дуже довгим (не більше межі передбачуваності) періодом, для якого спостереження відсутні, то методи теорії хаосу дозволяють із достатньою точністю, як, наприклад, показано в п. 5.3, відновити відсутні дані. У цьому випадку, спочатку відновлюється аттрактор для частини часового ряду, потім здійснюється прогноз, після чого отримані прогностичні величини надалі використовуються в якості «реальних» даних для відновлення аттрактору по всьому ряду.

Теоретично, довжина часового ряду середньодобових концентрацій

діоксиду сірки, діоксиду азоту й пилу за період з 1976 по 2002 рік повинна становити 9862 значень, що є цілком достатнім для адекватного відновлення аттрактору у випадку, якщо спостерігається хаотичний режим. Однак для такого часового ряду характерна велика кількість відсутніх даних, причому відновлення методами теорії хаосу не представляється можливим. Більше того, деяка кількість відсутніх значень присутня також і в часовому ряді середніх за тиждень величин концентрацій, довжина якого становить 1408 значень. Лише часові ряди середніх значень за половину місяця й місяць можуть вважатися повністю безперервними, однак довжина цих рядів (648 і 324 відповідно) не є цілком достатньою для відновлення аттрактору.

Проте, у даному розділі представлені результати (табл. 5.7) для часового ряду пилу на КВП №18 в Одесі з осередненням в одну добу, тиждень, половину місяця й місяць. Для цього часового ряду були отримані найбільш адекватні результати, а в самому ряді кількість періодів з відсутніми даними, а також їхня тривалість, найменші із всіх розглянутих у розділі 3. Відзначимо також, що тільки для цього ряду при досить невеликих розмірностях вкладення був досягнутий критерій 3% (див. п. 6.3) найближчих сусідніх точок.

Таблиця 6.7 - Часова затримка (τ), кореляційна розмірність (d_2), розмірність простору вкладення (d_E), розмірність Каплана-Йорка (d_L), межа передбачуваності (Pr_{\max} , доба), показник K , коефіцієнт кореляції (r) між фактичним і прогностичним рядами й середньоквадратична похибка прогнозу (σ) на один термін уперед для концентрації пилу на КВП №18 у м. Одесі для рядів з осередненням у добу, тиждень, половину місяця й місяць за період з 1976 по 2002 р.

Період осереднення	τ	d_2	d_E	d_L	Pr_{\max}	K	r	σ
доба	18	2,72	3	3,83	4	0,12	0,72	0,10
тиждень	16	3,42	4	4,71	14	0,25	0,69	0,09
половина місяця	10	4,15	5	4,95	15	0,43	0,76	0,12
місяць	8	5,92	6	5,32	30	0,46	0,80	0,10

Як видно показник K [129, 130], ненульові значення якого визначають наявність хаотичного режиму в динамічній системі, для часових рядів з осередненням в одну добу і тиждень, деякі значення в яких були проінтерпольованими, має вкрай невеликі значення (порівн. з табл. 5.3). Далі, розмірність Каплана-Йорка для цих же рядів більша, ніж обрана нами розмірність аттрактору, визначена по методу Грассбергера-Прокаччіа [139], а це також говорить про не зовсім задовільне відновлення аттрактору по методу кореляційної розмірності (див. розділ 2).

Для того щоб перевірити, наскільки добре була визначена наявність хаотичного режиму в часових рядах, застосуємо так званий метод «заміщених даних» [198], суть якого коротко описана нижче.

У цьому методі використовуються сурогатні дані, створені таким чином, щоб зберігалася імовірнісна структура, що лежить в основі оригінального набору даних. Це означає, що сурогатні дані мають деякі властивості, такі як середнє значення, середньоквадратичне відхилення, функція розподілу ймовірностей, спектральна функція й т.д., що й вихідні дані, але на них накладається обмеження їхньої випадковості. Останнє може бути дотримано, якщо виконується конкретна нульова гіпотеза. У нашій випадку, нульова гіпотеза полягає в можливості лінійного процесу й метою є відхилення гіпотези, що вихідні дані породжені лінійним стохастичним процесом. Відхилення нульової гіпотези можна зробити, наприклад, ґрунтуючись на результатах розрахунку кореляційної розмірності. Якщо отримана для сурогатних даних кореляційна розмірність істотно відрізняється від отриманої за вихідними даними, то це й може бути причиною відхилення нульової гіпотези. Це, у свою чергу, означає, що вихідний ряд може розглядатися як хаотичний. Розглянемо показник, що може служити критерієм відхилення нульової гіпотези.

Нехай Q_{orig} відноситься до кореляційної розмірності, розрахованої по вихідному ряду, а Q_{si} – розрахованої по i -му сурогатному ряду, отриманому при нульовій гіпотезі. Нехай, також, μ_s і σ_s означають, відповідно, середню величину

й середньоквадратичне відхилення для Q_s . Тоді ступінь значимості S задається за допомогою

$$S = \frac{|Q_{orig} - \mu_s|}{\sigma_s}.$$

Якщо величина S приблизно дорівнює 2, то вона не може розглядатися як дуже значна, тоді як $S \sim 10$ є досить значною [198].

Найбільш часто використовуваним варіантом нульової гіпотези є такий, що сурогатні дані є автокорельованим Гаусовим шумом. Подробиці про задання нульової гіпотези й створення сурогатних даних можна знайти в [198].

На рис. 6.8 видно, що в середньому для тридцяти реалізацій сурогатних рядів не відбувається насичення кореляційної розмірності, що спостерігається для вихідних часових рядів. Інакше кажучи, розглянуті тут часові ряди концентрацій пилу з різним осередненням можуть розглядатися як хаотичні.

У табл. 6.8. наведені величини параметра S для різних розмірностей вкладення; дані цієї таблиці підтверджують, що отримані нами результати є значимими.

Таким чином, навіть незважаючи на не цілком задовільні результати по відновленню аттрактору для часових рядів концентрацій пилу, хаотичний режим у них, проте, має місце.

Таблиця 6.8 - Параметр значимості (S) для часових рядів концентрації пилу на КВП № 18 осереднених за різні періоди для деяких розмірностей вкладення m

Період осереднення	$m=2$	$m=4$	$m=6$	$m=8$	$m=9$	$m=10$	$m=11$	$m=12$
доба	12.3	25.7	41.4	50.6	48.1	47.0	45.6	42.1
неділя	11.8	20.3	28.4	39.6	45.2	48.3	47.6	44.2
половина місяця	12.6	15.6	20.3	28.4	33.7	39.0	44.5	41.9
місяць	12.1	16.2	22.7	26.1	30.0	32.1	35.2	38.9

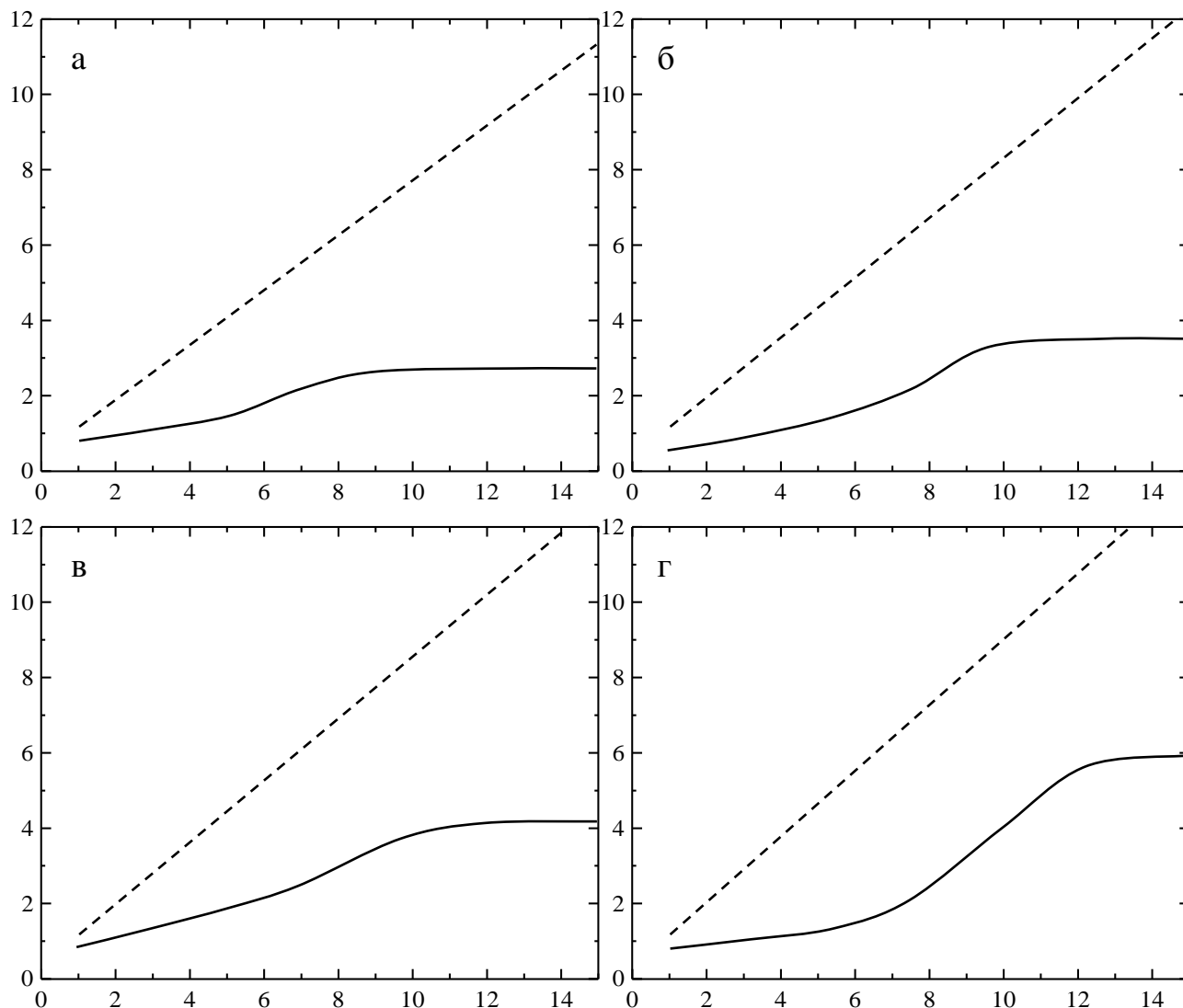


Рисунок 6.8 - Зв'язок кореляційної розмірності (вісь Y) і розмірності вкладення (вісь X) для часових рядів концентрації пилу на КВП № 18 м.Одеси, осереднених за добу (а), тиждень (б), половину місяця (в) і місяць (г) (суцільні лінії – вихідні ряди, пунктирні – сурогатні дані)

6.5. Лазерне зондування атмосфери промислових міст та особливості енергетичного обміну у суміші $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-H}_2\text{O}$ атмосферних газів

У цьому підрозділі ми вперше розглянемо декотрі аспекти лазерного зондування атмосфери промислового міста та з'ясуємо особливості кінетики обміну енергією у суміші $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-H}_2\text{O}$ атмосферних газів під час проходження потужних імпульсів лазерного випромінювання; чисельно вивчаються параметри процесів на основі трьох-модової кінетичної моделі для різних параметрів

лазерного імпульсу та метеорологічних параметрів. Слід зазначити, що при резонансному поглинанні інфрачервоного лазерного випромінювання в атмосферних атомно-молекулярних газах відбувається перерозподіл молекул по енергетичним рівням, внутрішнім ступенем свободи. Зміна населеності рівнів для певного складу газу призводить до порушення термодинамічної рівноваги між коливаннями молекул і його трансформації. У цьому випадку може виникати ефект кінетичного охолодження навколишнього середовища. Слід зазначити, що новий ефект кінетично охолодження CO_2 в процесі поглинання енергії лазерного випромінювання газом було розглянуто для моделі атмосфері середніх широт і особливої форми лазерного імпульсу. Крім того, були використані приблизні значення для констант зіткнень дезактивації і резонансного переносу в реакції $\text{CO}_2\text{-N}_2$. Важливе значення для коректного розгляду задачі має наявність більш точних значень констант, які фігурують у формулах моделі, зокрема, часовій залежності коефіцієнту резонансного поглинання CO_2 . Виникнення збуджених молекул азоту у зв'язку із резонансною передачею збудження від молекул CO_2 призводить до зміни поляризованості середовища. В результаті може мати суттєве змінення енергетики ІЧ-лазерних імпульсів в атмосфері промислового міста і реалізація різних нелінійних лазерно-аерозольних ефектів. Відомий приклад – ефект просвітлення водного аерозолі лазерним випромінюванням.

Далі ми наведемо результати моделювання кінетики обміну енергією в суміші $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-H}_2\text{O}$ атмосферних газів під проходження потужного імпульсу лазерного випромінювання з використанням різних моделей та параметрів атмосфери і лазерного імпульсу

Зазвичай, щоб описати обмін енергією і релаксаційні процеси в $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-H}_2\text{O}$ суміші, що взаємодіє з лазерним випромінюванням, ми починаємо з модифікованої трьохмодової моделі кінетичних процесів [1,5]. Ми розглядаємо кінетику трьох рівнів: 10^0 , 00^01 (CO_2) і $v = 1$ (N_2). Система рівнянь балансу для відносних населеностей може бути написана наступним чином:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -\beta(\omega + 2gP_{10})x_1 + \beta\omega x_2 + 2\beta gP_{10}x_1^0, \\ \frac{dx_2}{dt} &= \omega x_1 - (\omega + Q + P_{20})x_2 + Qx_3 + P_{20}x_2^0, \\ (6.1)\end{aligned}$$

$$\frac{dx_3}{dt} = \delta Qx_2 - (\delta Q + P_{30})x_3 + P_{30}x_3^0.$$

Тут, $x_1 = N_{100}/N_{CO_2}$, $x_2 = N_{001}/N_{CO_2}$, $x_3 = \delta N_{N_2} / N_{CO_2}$; N_{100} , N_{001} – населеності рівнів 10^0 , 00^1 (CO_2); N_{N_2} – населеність рівня $v=1(N_2)$; N_{CO_2} – концентрація молекул CO_2 ; δ – відношення загальних концентрацій CO_2 , N_2 в атмосфері ($\delta = 3.85 \cdot 10^{-4}$); x_1^0 , x_2^0 and x_3^0 – рівноважні відносні значення населеностей при температурі газу T :

$$\begin{aligned}x_1^0 &= \exp(-E_1/T), \\ x_2^0 = x_3^0 &= \exp(E_2/T)\end{aligned}\quad (6.2)$$

Значення E_1 і E_2 в (1) – енергії (К) рівнів 10^0 , 00^1 ; P_{10} , P_{20} and P_{30} є ймовірності (s^{-1}) дезактивації за рахунок зіткнень рівнів 10^0 , 00^1 (CO_2) і $v=1$ (N_2), Q є ймовірність (s^{-1}) резонансної передачі енергії $CO_2 \rightarrow N_2$, ω – ймовірність (s^{-1}) збудження лазерним імпульсом CO_2 , $g=3$ є статистична вага рівня 02^0 , $\beta=(1+g)^{-1}=1/4$.

Рішення системи (1) дозволяє визначити коефіцієнт поглинання випромінювання молекулами CO_2 згідно формули:

$$\alpha_{CO_2} = \sigma(x_1 - x_2)N_{CO_2}. \quad (3)$$

Величина σ в (6.3) залежить від термодинамічних параметрів атмосферного середовища відповідно. Відомо, що коефіцієнт поглинання діоксиду вуглецю і парів води залежить від термодинамічних параметрів аерозолі атмосфери. Зокрема, для випромінювання CO_2 -лазера коефіцієнт поглинання атмосферою $\alpha_g = \alpha_{CO_2} + \alpha_{H_2O}$ дорівнює в умовах, характерних для річних середніх широтах, $\alpha_g(H=0) = 2.4 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-1}$, з якого $0.8 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-1}$ відповідає CO_2 , а решта – для водяного

пару. На великих висотах відбувається різке зниження вологості повітря і коефіцієнт поглинання визначається в основному двоокисю вуглецю. Фізика резонансної поглинання визначається зміною населеності низько розташованого рівня 10^0 (CO_2), населеності рівня 00^1 і вібраційно-трансляційною релаксацією (VT-релаксація), а також міжродовою вібраційною релаксацією (VV'- релаксація). Порогове значення, яке відповідає зменшенню коефіцієнта поглинання в два рази, для величини насичення поглинання дає $I_{sat}=(2 \div 5)10^5 \text{ Wcm}^{-2}$ для атмосферного CO_2 . У випадку довжини хвиля випромінювання лазеру ($\lambda=10,6\mu\text{m}$) тривалість імпульсу повинна задовольняти умові $t_R \ll t_i < t_{VT}$, де t_R і t_{VT} – часи ротаційної і вібраційної релаксації.

У таблиці 6.9 наведені отримані нами дані відносного коефіцієнта поглинання $\bar{\alpha}_{\text{CO}_2}$, який нормовано на лінійний коефіцієнт поглинання, розрахований з використанням (6.1) на відповідній висоті H . Всі дані отримані для розподілу висоти тиску і температури взяти з моделі атмосфери середніх широт [2].

Таблиця 6.9 – Часова залежність відносного коефіцієнта резонансного поглинання $\bar{\alpha}_{\text{CO}_2}$ (cm^{-1}) для прямокутного (R), гаусового (G) і солітон-подібного (S) лазерних імпульсів (інтенсивність I , 10^5 Вт/см^2) на висоті $H = 10 \text{ км}$: А- даних моделювання [2]; В - дані моделювання [5]; С- нові дані .

T μs	A I; R	A 10·I; R	B I; R	B 10·I; R	B I; G	B 10·I; G	C I; S	C 10·I; S
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1	0,48	0,12	0,45	0,11	0,40	0,10	0,42	0,10
2	0,34	0,08	0,31	0,05	0,25	0,03	0,28	0,04
3	0,41	0,27	0,36	0,19	0,30	0,17	0,33	0,18
4	0,48	0,35	0,43	0,28	0,36	0,25	0,39	0,26

Зрозуміло, що часова залежність відносного коефіцієнта резонансної абсорбції лазерного випромінювання молекулами CO_2 для різних лазерних імпульсів відрізняється. Важливий аспект моделювання пов'язаний з правильним вибором ймовірностей P_{10} , P_{20} , P_{30} дезактивації за рахунок рівнів 10^0 , 00^0 (CO_2) і $v = 1$ (N_2), ймовірність Q резонансної передачі енергії $\text{CO}_2 \rightarrow \text{N}_2$, ймовірності збудження ω імпульсом CO_2 лазера і інших констант. Якість вибору молекулярних констант є дуже важливою при моделюванні ефекту кінетичного охолодження CO_2 при поширенні лазерного випромінювання в атмосфері. Відповідний ефект кінетичної охолодження CO_2 визначається умовою [1]:

$$\alpha_{\text{H}_2\text{O}}^0 < (E_1 / (E_2 - E_1)) \alpha_{\text{CO}_2}^0 = 1.44 \alpha_{\text{CO}_2}^0 \quad (6.5)$$

Беручи до уваги дані таблиці 6.9 можна кількісно оцінити параметри ефекти кінетичного охолодження CO_2 в залежності від параметрів моделі атмосфери і параметрів лазерного випромінювання. При великих інтенсивностях випромінювання потік енергії від трансляційних ступенів свободи до вібраційних досягає максимальної величини і не залежить від інтенсивності лазерного випромінювання. Потік енергії, що призводить до нагрівання газу, через поглинання випромінювання парами води залишається пропорційним інтенсивності випромінювання. Починаючи з деякого значення критичної інтенсивності, газове нагрівання переважає над його охолодженням для будь-якого моменту часу і ефект зникає. Очевидно, що кількісний прояв розглянутого ефекту може змінюватися для різних атмосферних умов, параметрів лазерного випромінювання і атомно-молекулярних параметрів. У всякому випадку нові нелінійно-оптичні ефекти, що виникають при розповсюдженні лазерного випромінювання в атмосферному середовищу промислового міста, можуть дати можливість побудови нових фізично-екологічних технологій дослідження екологічного стану повітряного басейну промислових міст, зокрема, з урахуванням тих чи інших параметрів концентрацій CO_2 та інших атмосферних газів.

6. 6. Висновки до розділу 5

Підсумовуючи отримані результати, очевидним є висновок про досить високу ефективність і перспективність розробленого нами нового підходу до вивчення динаміки зміни концентрацій забруднюючих речовин в повітряному басейні промислового міста. Важливою особливістю є та обставина, що викладена методика не припускає обов'язковий кількісний опис і знання відповідних фізичних механізмів, що лежать в основі тих або інших процесів у розглянутій екологічній системі. Зрозуміло, ключовим фактором для реалізації нашої методики є наявність вихідних екологічних даних (у нашому випадку значень концентрацій забруднюючих речовин). З іншого боку, завдяки використанню сучасних алгоритмів теорії хаосу й нелінійних методів аналізу відпадає необхідність у наявності надмірно деталізованих наборів екологічних даних, хоча, зрозуміло, мінімальний набір досить надійних даних спостережень необхідний, оскільки це принципово важливо на етапі побудови моделі прогнозу – відновленні параметрів хаотичного аттрактору.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У роботі розв'язується комплекс актуальних і безумовно дуже складних задач сучасної прикладної екології – впливу антропогенного навантаження на повітряний басейн промислового міста. Основні одержані результати і висновки роботи полягають у наступному:

1. Зібрано і систематизовано у вигляді бази даних результати вимірів концентрацій основних забруднюючих повітряний басейн промислового міста речовин – SO_2 , NO_2 , CO і пилу і метеорологічних параметрів за двадцятисемирічний період часу (1976 – 2002 рр.); а також дані стаціонарних джерел викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Одеси, які містять основні технічні і технологічні характеристики, що визначені в ході інвентаризації, проведеної в період 1998 – 2003 рр.

2. На основі методу статистичного аналізу вивчені тенденції зміни рівня й динаміки забруднення повітряного басейну м. Одеси за двадцятисемирічний період часу для основних інгредієнтів. Уперше за період з 1996 р. по 2002 р. отримані статистичні оцінки середньомісячних концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері міста, визначено їхній просторовий розподіл і для території міста виконано районування за рівнем забруднення.

3. Визначено поля фонових концентрацій основних шкідливих домішок у повітряному басейні м. Одеси, що формуються під впливом всієї сукупності стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин з урахуванням різних напрямків повітряного переносу.

4. Проведено зіставлення результатів досліджень із санітарно-гігієнічними нормативами, їхній аналіз і зроблено оцінки щодо впливу антропогенного навантаження на атмосферу промислового міста.

5. Вперше в екології промислового міста для аналізу і короткострокового прогнозу забруднення повітряного басейну запропоновано і реалізовано новий підхід, що базується на положеннях теорії хаосу.

6. Попередньо вперше на основі аналізу емпіричних даних концентрацій забруднюючих речовин у повітряному басейні Гданського району (Польща) та м. Одеси і чисельного моделювання у межах теорії хаосу виявлені стохастичні особливості й ефект хаосу в динаміці й структурі часових рядів концентрацій домішок і реалізовано модель короткострокового прогнозу. Отримані результати досліджень дозволяють зробити наступні загальні висновки.

7. Проведені за великий період часу комплексні дослідження антропогенного навантаження на повітряний басейн промислового міста по основних забруднюючих інгредієнтах – SO_2 , NO_2 , CO і пилу дозволяють зробити найбільш повну оцінку його стану, динаміки процесів, здійснити прогноз і розробити на цій основі ефективну систему захисту атмосфери – важливої складової навколишнього природного середовища.

8. Незважаючи на істотне зниження виробничої активності підприємств різних видів виробництва, антропогенне навантаження на повітряний басейн промислового міста в цілому залишається несприятливим і по більшості досліджуваних забруднюючих речовин мають місце перевищення норм ГДК. Ці обставини свідчать про те, що швидкість накопичення шкідливих речовин у атмосфері міста в ряді випадків значно перевищує можливості самоочищення повітря, а також наявність безумовного впливу все більш зростаючої кількості автотранспортних засобів у місті, що вимагає невідкладних заходів по зменшенню антропогенного впливу на повітряний басейн та ефективному застосуванню природоохоронних заходів.

Таким чином, в результаті виконаної роботи зроблено вагомий внесок щодо повного кількісного розв'язання низки актуальних і достатньо складних задач сучасної прикладної екології (екології промислового міста) – проведення комплексу детальних досліджень впливу метеорологічних факторів та антропогенного навантаження на повітряний басейн промислового міста, а також побудови нових моделей високо достовірного короткострокового прогнозу концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері на основі положень теорії

хаосу та нелінійної теорії систем. Також вперше виконано докладне кількісне вивчення тенденції зміни рівня і динаміки забруднення повітряного басейну міста за багаторічний період часу для низки важливих вітчизняних та зарубіжних промислових міст з ретельним аналізом просторово-часових полів концентрацій шкідливих домішок в атмосфері міст, виявленням їх розподілів за територією міст, кількісним значенням сукупності стаціонарних джерел викидів шкідливих речовин з урахуванням різних напрямків повітряних переносів. Вперше у світі буде запропоновано та реалізовано теоретичну схему вивчення структури полів забруднення повітряного басейну промислового міста, що ґрунтується на положеннях теорії хаосу та на основі числового моделювання у межах нелінійних методів прогнозу та теорії хаосу.

Поліпшення якості атмосферного повітря може бути досягнуто при розробці й впровадженні наукових програм, стратегій, що представляють єдину систему. Ця система повинна складатись із взаємозалежних і взаємообумовлених функціональних структур: моніторингу, адекватного теоретичного дослідження й аналізу динаміки зміни концентрації шкідливих домішок в повітряному басейні промислового міста, а також інформаційного забезпечення, впровадження технології оптимального керування й менеджменту, виходячи з певних економічних, екологічних і соціальних критеріїв.

Наукові результати опубліковані в 6 монографіях (вид-в Екологія, Springer, Wseas) [221-229], в ~24 статтях в журналах, що входять до наук.-метр. баз (Scopus) [235-262], ~40 статтях у фахових журналах України [263-302], 36 матеріалах і тезах доповідей конференцій [313-355], увійшли у ~4 навч. пос. і консп. лекц. (у т.ч. з гріфом МОН) [230-234], створення 3 нових курсів та удосконалення 2 існуючих курсів («Чисельні методи в теорії хаосу та квантовій геометрії», «Чисельні методи в конструктивній географії», «Прикладна екологія», «Моделювання і прогнозування екологічних ризиків» для студ. спец. 6.040106-Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування іа розширення циклу лабораторних робіт щодо натурно-

експериментального дослідження просторово-часового розподілу полів концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері), матеріали ~4 докт. і ~4 канд. дисертацій [303-312], 8 маг. і бак. квал. робіт тощо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте. – Нью-Йорк. Женева: ООН. Европейская экономическая комиссия, 1991.
2. Стан світу 2001 / Л. Браун та інші, переклад з англійської : ВГО «Україна. Порядок денний на XXI століття» та Інститут сталого розвитку. – К.: Интелсфера, 2001. – 308 с.
3. Білявський Г.О. та ін. Основи екології: Підручник/ Білявський Г.О., Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
4. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М., 1990. – 253 с.
5. Dastur M. N. Waste managment and environmental protection. Inter. Environ. Poll. – 1992. – Vol. 2, №1/2. – p.43-64.
6. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: “Россия молодая”, 1994. – 367 с.
7. Исследовать особенности загрязнения воздушного бассейна г. Одессы и разработать методику прогноза уровня загрязнения атмосферы // Отчет о НИР (заключительный). – № ГР 0186003003. – Одесса, 1990. – 163 с.
8. Шмондий В.М. Аналіз стану атмосферного повітря в територіально-промисловому комплексі Середнього Придністров'я. Збірник наукових праць “Захист довкілля від антропогенного впливу. – Кременчук, 1998. – №1(2). – С.116–121.
9. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16 жовтня 1992 р. №2707-ХІІ (редакція зі станом на 18.11.2012 – zakon.rada.gov.ua)
10. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2011 р. №2818-VI// Відомості Верховної Ради України, 2011, №26, ст.218.
11. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні (1996–2006 рр.)/ Інтернет- ресурс: www.menr.gov.ua

12. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
13. Inhaber H. A set of suggested air quality indices for Canada. – Atmos. Environ., 1975, vol. 9, p. 353 – 364.
14. Ott W.R., Thom G.A. Critical review of air pollution index systems in the United States and Canada. – J. Air Pollut. Contr. Assoc., 1976, vol. 26, №5, p. 460 – 470.
15. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе. Тр. ГГО, 1971. – Вып. 254. – С. 121 – 122.
16. Guideline for Public Reporting of Daily Air Quality – Pollutant Standards Index (PSI) № 2-074. US EPA Office of Air Quality and Standards, Research Triangle Park, p. 26.
17. Примак А. В. Идентификация внешних условий функционирования объектов в автоматизированных системах управления интенсивностью загрязнения воздушного бассейна. – В кн.: Проблемы контроля и защиты атмосферы от загрязнения, вып. 9. Киев: Наукова думка, 1983, с. 39 – 46.
18. Пинигин М.А. Научные основы санитарной охраны атмосферного воздуха. В кн.: Санитарная охрана атмосферного воздуха городов. М.: Медицина, 1976, с. 15 – 47.
19. Бунякова Ю.Я. Вплив автотранспорту на довкілля // Друга наукова конференція молодих вчених ОГМІ. Тези доповідей. Одеса: ОГМІ, 2001. – С.28.
20. Екологічний паспорт регіонів України / Інтернет-ресурс. Режим доступу: www.menr.gov.ua
21. Звіт Міністерства екології і природних ресурсів в Одеській області (1996 – 2011 рр.)/ Інтернет- ресурс. Режим доступу: www.menr.gov.ua
22. Небрат В.Н. Основные направления решения экологических проблем рекреационных и природоохранных территорий Одесского региона // Экологические проблемы городов, рекреационных зон и природоохранных территорий. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. – С.130 – 137.

23. Регіональна програма охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки // Затверджена сесією Одеської обласної ради від 17.11.2000. – № 238. – XXIII / Науковий керівник: проф. Топчієв О.Г. – С. 40.
24. Разработать концепцию системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного города // Отчет о НИР № ГР 0103U003648. – Одесса, 2003. – 157 с.
25. Одесса: Город – агломерация – портово-промышленный комплекс / Под об. ред. А.Г. Топчиева. – Одесса: АО БАХВА, 1994. – 360 с.
26. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. – М.: Гидрометиздат, 1984. – 560 с.
27. Беспаятов Г.П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Беспаятов Г.П., Кротов Ю.А. // – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
28. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Сост. Безуглая Э.Ю., Берлянд М.Е. и др. – М., 1991. – 684 с.
29. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей среды. Словарный справочник, 1992.
30. Базилевич Н.И. Географические закономерности и функционирование экосистем./ Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. // – М.: Наука, 1986. – 296 с.
31. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. – М.: Наука, 1965. – 374 с.
32. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. / Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Форафонов М.Г. // – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 280 с.
33. Небел В. Наука об окружающей среде. М.: Мир, 1993. – 420 с.
34. Максименко Ю.Л. Оценка воздействия на окружающую среду и разработка нормативов ПДВ: Справочное издание. / Максименко Ю.Л., Шаприцкий В.Н., Горкина И.Н. // – М.: СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИГ, 1999.

35. Экосистемы в критических состояниях / Под ред. Пузаченко Ю.Г. – М.: Наука, 1989. – 155 с.
36. Одум Ю. Экология. Т.1, 2. – М: Мир, 1986. – 328 с.
37. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь: Молдавская энциклопедия – Кишинев, 1989. – 406 с.
38. Оценка и экологический контроль состояния окружающей природной среды региона (на примере Тульской области) / Под ред. Добровольского Г.В. – М.: МГУ, 2001. – 256 с.
39. Степановских А.С. Охрана окружающей среды. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 558 с.
40. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку / Герман Дейлі, переклад з англійської: Інститут сталого розвитку. – К.: Інтелсфера, 2002. – 312 с.
41. Верниченко А.А. Концептуальные основы экологического нормирования. Проблемы охраны окружающей природной среды / Верниченко А.А., Восенко А.Г. // Сборник научных трудов – X, 1996. – С. 39 – 52.
42. Экологическая оценка и экологическая экспертиза / О.М. Черп и др. – М.: Социально-экологический союз, 2000. – 232 с.
43. Левич А.П. Теоретическая и экспериментальная экология. Управление структурой и функциями сообществ / Левич А.П., Максимов В.Н., Булгаков Н.Г. // – М.: Изд-во НИЛ, 1997. – 184 с.
44. Пигурнов Е.В. Программные продукты и системы / Пигурнов Е.В., Таран Т.А., Хомяков А.Т. // – 1995. - №1. – С. 25 – 29.
45. Родивилова О.В. К вопросу об оценке состояния городской среды / Родивилова О.В., Шведова Л.В., Костров В.В.// Тезисы докладов Научно-технической конференции преподавателей и сотрудников Ивановской государственной химико-технологической академии. – Иваново, 30 января – 3 февраля 1995. – С. 72 – 73.
46. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.

47. Уорк К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль. / Уорк К., Уренс С. // – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 187 с.
48. Экология городов. Учебник / Под ред. Столберга Ф. В., Ладыженского В.Н. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
49. Грачева И.Г. Об интерполяции по территории города фоновых концентраций атмосферных примесей/ Грачева И.Г., Оникул Р.И., Яковлева Е.А. // Тр. ГГО. – 1998. – №549. – С. 98 – 107.
50. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 94 с.
51. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / Под ред. Ф.Т.М. Ньистадта, Х.Ван Дона: Перевод с англ. – Л., Гидрометеиздат, 1985. – 350 с.
52. Климатология: Учебник / О. А. Дроздов, В. А. Васильев, Н. В. Кобышева и др.– Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
53. Гудерман Р. Загрязнение воздушной среды: Пер. с англ. – М.: Мир, 1979.
54. Костриков А.А. Модель дальнего переноса примеси // Метеорология и гидрология, 1988. – №11. – С. 54 – 61.
55. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
56. Лоева И.Д. Статистические методы анализа, прогноза и оптимального планирования уровня загрязнения атмосферы большого города: Метеорология, климатология, гидрология. – Одесса, 1991. – 439 с.
57. Айвоян С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / Айвоян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. // – М., 1983. – 471 с.
58. Боровиков В.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®. / Боровиков В.П., Боровиков И.П. // – М.: Информационно-издательский дом «ФилинЪ», 1997. – 608 с.

59. Лепих Ю.Я.* Статистическая структура полей концентраций диоксида серы и диоксида азота / Лепих Ю.Я.*, Владимирова Е.Г. // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Збірник доповідей VIII Всеукраїнської наукової конференції аспірантів та студентів – Донецьк: ДонДТУ, ДонДУ, ДонДАУ, 1998. Том 2. – С. 108 – 110.
60. Лепих Ю.Я. Прогноз поля концентрации пыли неорганической в атмосферном воздухе города Одессы // Екологічні проблеми регіонів України. ОГМИ. – Одесса, 1999. – С.10.
61. Сорока А.И. Закономерности рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ – выбросов дизельного подвижного состава МПС РФ / Сорока А.И., Тетельбаум А.Н. // Инженерная экология. – 2000. – №4. – С.26 – 34.
62. Миян-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1964. – 655 с.
63. Десятков Б.М. Определение некоторых характеристик источника аэрозольных примесей путем решения обратной задачи их распределения в атмосфере / Десятков Б.М., Сарманаев О.А., Бордулин А.И. и др. // Оптика атмосферы и океана, 1999. – №2. – С.136 – 139.
64. Алехин А.Б. Прогнозирование и оптимизация экономико-экологических систем. – К.: Наукова думка, 1993.
65. Лоева И.Д. Оценка относительного вклада предприятия в загрязнение атмосферы города вредными примесями. – Одесса, 1992. – Деп. в УкрНИИНТИ 10.01.92. № 3198.
66. Нагорнов О.В. Математическое моделирование автотранспортного загрязнения воздуха / Нагорнов О.В., Короленок Е.В. // Науч. сес. МИФИ-99, Москва, 1999: Сб. науч. Тр. Т 1. Экология. Биофизика. Медицинская физика. Математические методы. Теоретическая физика. – М., 1999. – С.136 – 138.
67. Кавтарадзе Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах. Проблемы взаимодействия / Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. // – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.

68. Кондратьев К.А. Изменение окружающей среды в Европе // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, №6. – С. 494 – 502.
69. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.
70. Калинин Ю.А. Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды/ Калинин Ю.А., Рослеков Н.А., Рослекова Н.В. и др. // Доклады Международной школы, Новороссийск, НИГБ РГУ, 2003. – С.79 – 91.
71. Гришин А.М. Математическое моделирование и прогноз катастроф: Методическое пособие. – Томск, 1999. – 24 с.
72. Планка Э. Эволюционная экология. – М: Мир, 1984.
73. Ставрова Н. И. Влияние атмосферного загрязнения на возобновление хвойных пород // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л., 1990. – С. 121 – 144.
74. Копцик С.В. Многомерный статистический анализ реакции подстилок лесных почв на атмосферное загрязнение // Экология, №2, 2000. – С. 89 – 96.
75. Крапивин В.Ф. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов / Крапивин В.Ф., Свирежев Ю. М., Тарко А.М. // –М.: Наука, 1982. – 271 с.
76. Федотов И.С. Оценка действия двуокиси серы на сосновые насаждения / Федотов И.С., Карабань Р.Т., Тихомиров Ф.А. и др. // Лесоведение, №6, 1983. – С.23 – 27.
77. Keller T, Beda H. Effekt of SO₂ on the germination of conifer pollen // Environment Pollut. 1984. V.33. №3. – P. 237 – 243.
78. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды / Введение в экологическую химию: Пер с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
79. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том XIII. – Л: Гидрометеиздат, 1991. – 232 с.

80. Израэль Ю.А. Комплексный подход к экологическому нормированию загрязнения воздуха / Израэль Ю.А., Семенов С.М., Кунина И.М. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том XI – Л: Гидрометеиздат, 1988. – С. 11 – 23.
81. Израэль Ю.А. Загрязнение атмосферы регионального и глобального масштабов: оценка воздействий последствия на растительность суши и проблема экологического нормирования / Израэль Ю.А., Семенов С.М., Кунина И.М. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том XII – Л: Гидрометеиздат, 1989. – С. 10 – 18.
82. Разработать научные основы экологического нормирования антропогенного воздействия на экосистемы суши и предложить экологические нормы ряда приоритетных загрязняющих веществ для континентальных экосистем. – М., 1990. – 114 с.
83. Израэль Ю.А. Экологические эффекты загрязнения природной среды глобального масштаба / Израэль Ю.А., Л.М. Филиппова, Г.Э. Инсаров, Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том X – Л: Гидрометеиздат, 1987. – С. 10 – 22.
84. Glushkov A.V. Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal functions approach to Moldova-Southwest Ukraine region / Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N. // Atmospheric Research (Elsevier). – 2005. – Vol.77. – P.100–113.
85. Glushkov A.V. Using non-decimated wavelet decomposition to analyse time variations of North Atlantic Oscillation, eddy kinetic energy, and Ukrainian precipitation / Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N., Lovett L. // Journal of Hydrology. – 2006. – Vol. 322. – No. 1–4. – P. 14–24
86. Glushkov A.V. On the nonlinear interaction between global teleconnection patterns / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S. // Quart. Journ. of Royal Meteorol.Soc.-2006.-Vol. 132.-P. 447–465.
87. Glushkov A.V. Sensing the correlation between atmospheric teleconnection

- patterns and sea ice extent: micros technology “Geomath” / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Bunyakova Y.Y., Svinarenko A.A., Solonko T.V. // *Sensor Electr. Microsyst. Techn.* – 2006. – N2. – P.16–19.
88. Smale S. Differentiable dynamical systems // *Amer. Math. Soc. Bul.* – 1967. – Vol. 73. – P. 747–817.
89. Wiggins S. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos. – NY: Springer-Verlag, 1996. – 681 p.
90. Arrowsmith D.K. An introduction to dynamical systems / Arrowsmith D.K., Place C.M. // – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 423 p.
91. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // *J. Atmos. Sci.* – 1963. – Vol. 20. – P. 130–141.
92. Tsonis A.A. Chaos: from theory to application.–NY: Plenum Press, 1992. – 274 p.
93. Schuster H.G. Deterministic chaos: an introduction. – Weinheim: Verlagsgesellschaft, 1989. – 302 p.
94. Grassberger P. Non-linear time sequence analysis / Grassberger P., Schreiber T., Schaffrath C. // *Int. J. Bifurcat. Chaos.* – 1991. – Vol. 1. – P. 521–547.
95. Crutchfield J.P. Chaos / Crutchfield J.P., Farmer J.D., Packard N.H., Shaw R.S. // *Scientific American.* – 1986. – P. 38–49.
96. Briggs K. Simple experiments in chaotic dynamics // *Amer. J. Phys.* – 1987. – Vol. 55. – P. 1083–1089.
97. Brandstater A. Strange attractors in weakly turbulent Couette-Taylor flow / Brandstater A., Swinney H. // *Phys. Rev. A.* – 1987. – Vol. 35. – P. 2207–2220.
98. Nicolis C. Is there a climatic attractor? / Nicolis C., Nicolis G. // *Nature.* – 1984. – Vol. 311. – P. 529–532.
99. Essex C. Lookman T. The climatic attractor over short time series / Essex C. Lookman T., Nerenberg M.A.H. // *Nature.* – 1987. – Vol. 326. – P. 64–66.
100. Ghil M. Nonlinear dynamics and predictability in the atmospheric sciences / Ghil M., Kimoto M., Neelin J.D. // *Rev. Geophys.* – 1991. – Vol. 29. – P. 46–55.

101. Harding A.K. A chaotic attractor in timing noise from the Vela pulsar / Harding A.K., Shinbrot T., Cordes J.M. // *Astrophys. J.* – 1990. – Vol. 353. – P. 588–596.
102. Haucke H. Mode-locking and chaos in Rayleigh-Benard convection / Haucke H., Ecke R. // *Physica D.* – 1987. – Vol. 25. – P. 307–329.
103. Brock W.A. Nonlinear dynamics, chaos, and instability: statistical theory and economic evidence. / Brock W.A., Hsieh D.A., LeBaron B // – MIT Press, 1991. – 346 p.
104. Babloyantz A. Low-dimensional chaos in an instance of epilepsy / Babloyantz A., Destexhe A. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1986. – Vol. 83. – P. 3513–3517.
105. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: Пер. с англ. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
106. May R.M. Simple mathematical models with very complicated dynamics // *Nature.* – 1976. – Vol. 261. – 459–467.
107. Lichtenberg A.J. Regular and chaotic dynamics / Lichtenberg A.J., Leibermann M.A. // – NY: Springer-Verlag, 1992. – 482 с.
108. Abarbanel H.D.I. Analysis of observed chaotic data. – NY: Springer-Verlag, 1996. – 288 p.
109. Kaplan D. Understanding nonlinear dynamics / Kaplan D., Glass L. // - NY: Springer-Verlag, 1997. – 420 p.
110. Ott E. Chaos in dynamical systems. – Cambridge: CUP, 2002.– 490 p.
111. Kantz H. Nonlinear time series analysis / Kantz H., Schreiber T. // – Cambridge: CUP, 2003. – 386 p.
112. Слабый хаос и квазирегулярные структуры / Г.М. Заславский, Р.З. Сагдеев, Д.А. Усиков, А.А. Черников. – М.: Наука, 1991. – 240 с.
113. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах: Пер. с англ. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
114. Кузнецов С.П. Динамический хаос. – М.: Физматлит, 2001.–296 с.
115. Рюэль Д. Случайность и хаос: Пер. с франц. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 192 с.

116. Hastings A.M. Chaos in ecology: is Mother Nature a strange attractor? / Hastings A.M., Hom C.L., Ellner S., Turchin P., Godfray H.C.J. // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* – 1993. – Vol. 24. – P. 1-33.
117. May R.M. Necessity and chance: deterministic chaos in ecology and evolution // *Bull. Amer. Math. Soc.* – 1995. – Vol. 32. – P. 291–308.
118. Blasius B. Chaos and phase synchronization in ecological systems / Blasius B., Stone L. // *Int. J. Bifurcat. Chaos.* – 2000. – Vol. 10. – P. 2361–2380.
119. Letellier C. Analysis of the dynamics of a realistic ecological model / Letellier C., Aziz-Alaoui M.A. // *Chaos, Solitons & Fractals.* – 2002. – Vol. 13. – P. 95–107.
120. Sprott J.C. Coexistence and chaos in complex ecologies / Sprott J.C., Vano J.A., Wildenberg J.C., Anderson M.B., Noel J.K. // *Phys. Lett. A.* – 2005. – Vol. 335. – P. 207–212.
121. Lanfredi M. Searching for low dimensionality in air pollution time series / Lanfredi M., Machhiato M. // *Erophys. Lett.* – 1997. – Vol. 40. – P. 589–594.
122. Chelani A.B. Predicting chaotic time series of PM10 concentration using artificial neural network // *Int. J. Environ. Stud.* – 2005. – Vol. 62. – P. 181–191.
123. Paluš M. Nonlinearity and prediction of air pollution / Paluš M., Pelikán E., Eben K., Krejčíř P., Juruš P. // *Artificial neural nets and genetic algorithms* / V. Kurkova, N.C. Steele, R. Neruda, M. Karny (Eds.). – Wien: Springer, 2001. – P. 473–476.
124. Glushkov A.V. Sensing air pollution field structure on the industrial city's atmosphere: stochasticity and effects of chaos / Glushkov A.V., Bunyakova Yu.Ya., Khokhlov V.N., Prepelitsa G.P., Tsenenko I.A. // *Sensor Electronics and Microsystem Technologies.* – 2005. – No. 1. – P. 80–84.
125. Glushkov A.V. Sensing the kinetical features of energy exchange in mixture CO₂-N₂-H₂O of atmospheric gases under interacting with laser radiation/ Glushkov A.V., Serbov N.G., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Svinarenko A.A. // *Sensor Electr. and Microsyst. Techn.* – 2006. – N4. – P. 20–22.
126. Glushkov A.V. Sensing air pollution field structure on the industrial city's atmosphere: mycros technology “Geomath” / Glushkov A.V., Khokhlov V.N.,

Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Tsenenko I.A. // *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*. – 2005. – No. 4. – P. 27–32.

127. Glushkov A.V. Sensing the nonlinear interaction between global teleconnection patterns: micro technology “Geomath” / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Svinarenko A.A., Tsenenko I.A. // *Sensor Electr. and Microsyst. Techn.* – 2006. –N1. –P.64–70

128. Glushkov A.V. Sensing the correlation between atmosphere teleconnection patterns and sea ice extent: microsystem technology “Geomath” / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Serbov N.G., Bunyakova Yu.Ya., Svinarenko A.A. // *Sensor Electr. and Microsyst. Techn.* –2008. –N2. –P.74–78.

129. Gottwald G.A. A new test for chaos in deterministic systems / Gottwald G.A., Melbourne I. // *Proc. Roy. Soc. London. Ser.A: Math.-Phys.Sci.*–2004.–Vol. 460. – P. 603–611.

130. Gottwald G.A. Testing for chaos in deterministic systems with noise / Gottwald G.A., Melbourne I. // *Physica D*. – 2005. – Vol. 212. – P. 100–110.

131. Sauer T. Embedology / Sauer T., Yorke J.A., Casdagli M. // *J. Stat. Phys.* – 1991. – Vol. 65. – P. 579–616.

132. Packard N.H. Geometry from a time series / Packard N.H., Crutchfield J.P., Farmer J.D., Shaw R.S. // *Phys. Rev. Lett.* – 1980. – Vol. 45. – P. 712–716.

133. Abarbanel H.D.I. The analysis of observed chaotic data in physical systems / Abarbanel H.D.I., Brown R., Sidorowich J.J., Tsimring L.Sh. // *Rev. Mod. Phys.* – 1993. – Vol. 65. – P. 1331–1392.

134. Mañé R. On the dimensions of the compact invariant sets of certain non-linear maps // *Dynamical systems and turbulence, Warwick 1980. Lecture Notes in Mathematics No. 898* / D.A. Rand, L.S. Young (Eds.). – Berlin: Springer, 1981. – P. 230–242.

135. Takens F. Detecting strange attractors in turbulence // *Dynamical systems and turbulence, Warwick 1980. Lecture Notes in Mathematics No. 898* / D.A. Rand, L.S. Young (Eds.). – Berlin: Springer, 1981. – P. 366–381.

136. Gallager R.G. Information theory and reliable communication – NY: Wiley, 1968. – 608 p.
137. Fraser A.M. Independent coordinates for strange attractors from mutual information / Fraser A.M., Swinney H.L. // Phys. Rev. A. – 1986. – Vol. 33. – P. 1134–1140.
138. Schreiber T. Interdisciplinary application of nonlinear time series methods // Phys. Rep. – 1999. – Vol. 308. – P. 1–64.
139. Grassberger P. Measuring the strangeness of strange attractors / Grassberger P, Procaccia I. // Physica D. – 1983. – Vol. 9. – P. 189–208.
140. Osborne A.R. Finite correlation dimension for stochastic systems with power-law spectra / Osborne A.R., Provenzale A. // Physica D. – 1989. – Vol. 35. – P. 357–381.
141. Havstad J.W. Attractor dimension of nonstationary dynamical systems from small data sets / Havstad J.W., Ehlers C.L. // Phys. Rev. A. – 1989. – Vol. 39. – P. 845–853.
142. Kennel M.B. Determining embedding dimension for phase-space reconstruction using a geometrical construction / Kennel M.B., Brown R., Abarbanel H.D.I. // Phys. Rev. A. – 1992. – Vol. 45. – P. 3403–3411.
143. Песин Я.Б. Характеристические показатели Ляпунова и гладкая эргодическая теория // Успехи математических наук. – 1977. – Т. 32. – С. 55–112.
144. Kaplan J.L. Chaotic behavior of multidimensional difference equations / Kaplan J.L., Yorke J.A. // Functional differential equations and approximations of fixed points. Lecture Notes in Mathematics No. 730 / H.-O. Peitgen, H.-O. Walter (Eds.). – Berlin: Springer, 1979. – P. 204–227.
145. Оселедец В.И. Мультипликативная эргодическая теорема. Характеристические показатели Ляпунова динамических систем // Труды Московского математического общества. – 1968. – Т. 19. – С. 179–210.
146. Sano M. Measurement of the Lyapunov spectrum from a chaotic time series / Sano M., Sawada Y. // Phys. Rev. Lett. – 1985. – Vol. 55. – P. 1082–1085.
147. Rissanen J. Stochastic complexity in statistical inquiry. – Singapore: World Scientific, 1989. – 177 p.

148. Kuguimtzis D. Regularized local linear prediction of chaotic time series / Kuguimtzis D., Lingjaerde O.C., Christophersen N. // *Physica D.* – 1998. – Vol. 112. – P. 344–360.
149. Sugihara G. Nonlinear forecasting as a way of distinguishing chaos from measurements error in time series / Sugihara G., May R. // *Nature.*–1990.–Vol. 344.– P. 734–741.
150. Friedman J.H. Multivariate adaptive regression splines (with discussion) // *Annals of Statistics.* – 1991. – Vol. 19. – P. 1–141.
151. Smith L.A. Identification and prediction of low-dimensional dynamics // *Physica D.* – 1992. – Vol. 58. – P. 50–76.
152. Elsner J.B. Nonlinear prediction, chaos and noise / Elsner J.B., Tsonis A.A. // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* – 1992. – Vol. 73. – P. 49–60.
153. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning – Reading: Addison-Wesley, 1989. – 412 p.
154. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник / Под ред. С. Калберта, Г.М. Инглунда – М.: Металлургия, 1988. – 235 с.
155. Маккормик Р.А. Метеорология и загрязнение воздуха в городах // *Бюллетень ВМО.* – 1989. – Т. 18. – № 3. – С. 189–196.
156. Охрана и оптимизация окружающей природной среды / Под ред. А.А. Лаптева. – К.: Лыбидь, 1990. – 256 с.
157. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие / Под ред. Э.Ю. Безуглой, М.Е. Берлянда – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
158. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.
159. Владимирова А.М. Охрана окружающей среды / Владимирова А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. // – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 423 с.
160. Антропогенные изменения климата / Под ред. М.И. Будыко и Ю.А. Израэля. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 403 с.

161. Редкозубов С.А. Статистические методы прогнозирования в АСУ. – М.: Энергоиздат, 1981. – 149 с.
162. Школьный Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації / Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. // – Одеса, 1999. – 600 с.
163. Чуев Ю.В. Численные методы обработки информации при исследовании динамических систем / Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. // – М.: Сов.радио, 1975. – 398 с.
164. Винников К.Я. Современные изменения климата северного полушария / Винников К.Я., Груза Г.В., Захаров В.Ф. и др. // Метеорология и гидрология. – 1981. – №5. – С. 5–17.
165. Груза Г.В. Климатическая изменчивость сумм осадков северного полушария / Груза Г.В., Апасова Е.Г. // Метеорология и гидрология. – 1981. – № 5. – С. 25–37.
166. Климат Украины / Под ред. Т.Прихотько – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 413 с.
167. Кендал М. Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды / Кендал М. Дж., Стьюарт Л. // – М.: Наука, 1976. – 736 с.
168. Гутер Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта / Гутер Р.С., Овчинский Б.В. // – М.: Наука, 1970.
169. Tsonis A.A. Global temperature as a regulator of climate predictability / Tsonis A.A., Elsner J.B. // Physica D. – 1997. – Vol. 108. – P. 191–196.
170. Бунякова Ю.Я. Новый подход в моделировании динамики загрязнения атмосферы промышленных городов (на примере Гданского региона) // Тези доповідей ІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса. – 2009. – С.142.
171. Глушков А.В. Хаос во временных рядах концентраций загрязняющих веществ в атмосфере: краткосрочный прогноз / Глушков А.В., Лобода Н.С., Хохлов В.Н., Сербов Н.Г., Свиначенко А.А., Бунякова Ю.Я. // Вісник Одеського державного екологічного ун-ту. – 2008. – №5. – С.225–235.

172. Yuliya Ya. Bunyakova. Multifraktal featur of the large-scaled low frequency atmospheric//Dinamics Days – Asia – Pacific: 3. The Third International Conference on Nonlinear Science – 30 June – 2 Julli, 2004. – P.91 – 92.
173. Екологічні проблеми міст і рекреаційних зон: Зб. наук. ст. / Ред. кол.: А.М. Андрианов; С.А. Андронаті; К.Д. Бабов та ін. – Одеса: ОЦНТЕІ, 1999.–388 с.
174. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: “Россия молодая”, 1994. – 367 с.
175. Некос А.Н. Забруднення навколишнього середовища от функціонування залізничного господарства // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – 2001. – Вип. 4. – С. 61–71.
176. Топчиев А.Г. Геоэкология: географические основы природопользования. – Одесса: Астропринт, 1996.
177. Bunyakova Yu.Ya. Short-range forecast of atmospheric pollutants using non-linear prediction method / Bunyakova Yu.Ya., Glushkov A.V., Dudinov A.A. // Abstr. of the European Geosciences Union General Assembly 2011. – Vienna (Austria). – 2011. – P.A3.4.
178. Русов В.Д. Астрофизическая модель глобального климата земли / Русов В.Д., Глушков А.В., Ващенко В.Н. // – Київ: Наукова Думка. – 2003. – 212с.
179. Rusov V.D. Galactic cosmic rays – clouds effect and bifurcation model of the earth global climate. Part 1. Theory / Rusov V.D., Glushkov A.V., Vaschenko V.N., Myhalus O.T., Bondartchuk Yu.A. та інші // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics (Elsevier, The Netherlands). – 2010. – Vol.72, N. – P.498–508.
180. Русов В.Д. О фрактальном механизме взаимосвязи между генезисом, размером и содержанием атмосферных аэрозолей в различных регионах Земли / В.Д. Русов, В.Н. Павлович, Р. Илич, Р. Ячимович, Ю.А. Бондарчук [и др.] // Український антарктичний журнал. – 2006. – № 4–5. – С. 137–159.
181. Glushkov A.V. Neural networks & multi-fractal modelling the frustrated aquifer systems. “Underground” hydrology and global Earth angular momentum disbalance

resources / Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N. // Water resources in Asia Pasific Region.- Kyoto, Japan . – 2003. – P.1355–1358.

182. Glushkov A.V. Atmospheric teleconnection patterns and eddy kinetic energy content: wavelet analysis / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Tsenenko I.A. // Nonlinear Processes in Geophysics. – 2004. –V.11, N3. –P.285–293.

183. Glushkov A.V. Modelling air pollution field structure in the industrial city's atmosphere: Correlation integral method and fractal dimension / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Bunyakova Yu.Ya., Bykowszczenko N. // Geophysical Research Abstracts (Abstr. of the European Geosciences Union General Assembly 2006. – Vienna (Austria). – 2006. – Vol. 8. – P.00806.

184. Khokhlov V.N. Short-range forecast of atmospheric pollutants using non-linear prediction method / Khokhlov V.N., Glushkov A.V., Loboda N.S., Bunyakova Yu.Ya. // Atmospheric Environment (Elsevier, The Netherlands). –2008. – Vol.42. – P. 7284–7292.

185. Glushkov A.V. Modeling greenhouse gas concentration fields using chaos theory / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Bunyakova Yu.Ya. // 18 th. Intern. Symp. Transport and Air Pollution. May 18 – 19, 2010. – Dubendorf (Switzerland). – P06.

186. Бунякова Ю.Я. Структура поля загрязнения атмосферы промышленного города: стохастичность и эффекты хаоса / Бунякова Ю.Я., Глушков А.В., Хохлов В.Н. // Метеорология, климатология, гидрология. Вып. 49. – Одесса, 2005. – С. 347– 352.

187. Про затвердження порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30 липня 2001 р. №286. – 14 с.

188. Шаприцкий В.Н. Разработка нормативов предельно-допустимых выбросов для защиты атмосферы. Справочник. – М.: Металлургия, 1991. – 416 с.

189. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: Справочник. – М.: Химия, 1991. – 362 с.

190. Glushkov A.V. Multi-fractal modeling of nonlinear hydrological systems: annual run-off time series and fractal dimension / Glushkov A.V., Loboda N.S., Rusov V.N. // *Physics of Aerodisp. Systems.* – 2002. – N39. – P.297–294.
191. Glushkov A.V. Signatures of low-dimensional chaos in hourly water level measurements at coastal site of Mariupol, Ukraine / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Serbov N.G., Zhurbenko K. // *Stoch Environ Res Risk Assess (Springer).* –2008. –Vol.22, N6. – P.777–788.
192. Bunyakova Yu.Ya. Non-linear prediction statistical method in forecast of atmospheric pollutants / Bunyakova Yu.Ya., Khetselius O.Yu.//*Proc. of the 8th International Carbon Dioxide Conference.-Jena (Germany).* –2009. – P.T2-098.
193. Holzfuss J. An approach to error-estimation in the application of dimension algorithms / Holzfuss J., Mayer-Kress G. // *Dimensions and entropies in chaotic systems / G. Mayer-Kress (Ed.).* – NY: Springer, 1986. – P. 114–122.
194. Tsonis A.A. The weather attractor over very short timescale / Tsonis A.A., Elsner J.B. // *Nature.* – 1988. – Vol. 333. – P. 545–547.
195. Islam M.N. Characterization and prediction of runoff dynamics: a nonlinear dynamical view / Islam M.N., Sivakumar B. // *Adv. Water Resour.* – 2002. – Vol. 25. – P. 179–190.
196. Глушков А.В. Ренорм-групповой подход к исследованию спектра турбулентности в атмосфере / Глушков А.В., Хохлов В.Н., Бунякова Ю.Я. // *Метеорология, климатология, гидрология.* – 2004. – Вип. 48. – С. 286–292.
197. Glushkov A.V. Air pollution field structure in the atmosphere: stochasticity and effects of chaos in distribution of the co component / Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Bunyakova Yu.Ya., Solonko T.V. // *Physics of Aerodispersed Systems.* – 2006. – N41. –С.127–132.
198. Theiler J. Testing for nonlinearity in time series: The method of surrogate data / Theiler J., Eubank S., Longtin A., Galdrikian B., Farmer J.D. // *Physica D.* – 1992. – Vol. 58. – P. 77–94.

199. Бунякова Ю.Я. Новые динамико-стохастические подходы в прикладной экологии: формализм функции памяти // Тези доповідей XII-ої наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса. – 2012. – С. 36.
200. Buniakova Yu.Ya. Non-linear prediction method in short-range forecast of atmospheric pollutants: low-dimensional chaos / Buniakova Yu.Ya., Khetselius O.Yu. // Abstr. of the International Conference “XXXII Dynamical Days”. –Gothenburg (Sweden). –2012.–P.207–208.
201. Бунякова Ю.Я. Элементы скейлинга в пространственно-временном распределении примесей в атмосфере промышленного города // Тези доповідей V наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ.– Одеса. – 2005. – С.80 – 81.
202. Глушков А.В. Хаос во временных рядах концентраций загрязняющих веществ в атмосфере (г. Одесса) / Глушков А.В., Серга Э. Н., Бунякова Ю.Я. // Вісник Одеського держ. екологічного ун-ту. – 2009. – N8. –С.233–238.
203. EU program “Air pollution observation data: Gdansk region, 2003”/ Institute of Chemistry and Environmental Protection, Technical University of Szczecin (Poland). – 2004.
204. Бунякова Ю.Я. Статистичний аналіз забрудненості атмосфери промислового міста // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2002. – Том. 1. – Вип. 9. – С. 41–43.
205. Glushkov A.V. Non-linear prediction method in short-range forecast of atmospheric pollutants: low-dimensional chaos / Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buniakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Solyanikova E.P., Serga E.N. // Dynamical Systems – Theory and Applications. – Lodz: Lodz University Press (Poland). – 2011. – LIF111 (бр.).
206. Глушков А.В. Хаос во временных рядах концентраций пыли в атмосфере промышленного города / Глушков А.В., Серга Э. Н., Бунякова Ю.Я. // Вісник Одеського державного екологічного ун-ту. – 2010. – N9. – С.184 – 189.
207. Glushkov A.V. Non-linear prediction method in forecast of air pollutants CO₂, CO / Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Khetselius O.Yu., Buniakova Yu.Ya.

- // Transport and Air Pollution. – Zürich: ETH University Press (Switzerland). –2010. – P.131–136.
208. Глушков А.В. Хаос во временных рядах концентраций загрязняющих веществ в атмосфере (г. Одесса) / Глушков А.В., Серга Э. Н., Бунякова Ю.Я. // Вісник Одеського держ. екологічного ун-ту. – 2009. – №8. – С.233–238.
209. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник / Под ред. Калберта С., Инглунда Г. М. – М.: Metallurgia, 1988. – 235 с.
210. Маккормик Р.А. Метеорология и загрязнение воздуха в городах // Бюллетень ВМО. – 1989. – Т.18. – №3. – С. 189 –196.
211. Охрана и оптимизация окружающей природной среды / Под ред. А.А. Лаптева. – К.: Лыбидь, 1990. – 256 с.
212. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие / Под ред. Безуглой Э.Ю., Берлянда М.Е. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
213. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.
214. Владимиров А.М. Охрана окружающей среды / Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. // – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 423 с.
215. Антропогенные изменения климата / Под ред. М.И. Будыко и Ю.А. Израэля. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 403 с.
216. Редкозубов С.А. Статистические методы прогнозирования в АСУ. – М.: Энергоиздат, 1981. – 149 с.
217. Бунякова Ю.Я. Особенности изменения концентраций ингредиентов во времени в воздушном бассейне города Одессы / Бунякова Ю.Я., Владимирова Е.Г. // Метеорология, климатология, гидрология. Вып.46. – Одесса, 2002. – С.231– 236.
218. Постанова Кабінету Міністрів України «Перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню» №1598, від 29 листопада 2001 р.

219. Бунякова Ю.Я. Статистические оценки среднемесячных концентраций загрязняющих веществ воздушного бассейна города Одессы // Метеорология, климатология, гидрология. – 2002. – Вип. 45. – С. 172–175.
220. Бунякова Ю.Я. Исследование загрязнения атмосферы диоксидом азота стационарными источниками антропогенного происхождения // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – 2002. – Вип. 7 (9). – С. 36–41.
221. Глушков А.В., “Проблемы экологической безопасности: Оптимальные лазерные методы детектирования и разделения изотопов (физика процессов)”.- Одесса: Екологія, 2013.-320С.
222. Глушков А.В. “Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии”.-Одесса: ОДЕКУ.-2013.-405С.
223. Глушков А.В. Прогнозирование экологического состояния и безопасности окружающей среды с учетом антропогенных факторов”.-Одесса: ОДЕКУ.-2014.-300С.
224. Анализ и прогнозирование экологического состояния водных ресурсов с учетом антропогенных факторов”.-Одесса: ОДЕКУ.-2014.280С.
225. Glushkov A.V., Operator perturbation theory for atomic systems in a strong dc electric field//Advances in Quantum Methods and Applications in Chemistry, Physics, and Biology. Series: Progress in Theoretical Physics and Chemistry, Eds. M.Hotokka, J.Marvani, E. Brändas, G.Delgado-Barrio (Berlin, Springer).-2013.-Vol.28.- Chapter9.-P.161-178.
226. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., et al Relativistic Quantum Chemistry: Advanced Approach to Construction of the Green's Function of the Dirac Equation with Complex Energy and Mean-Field Nuclear Potential// Frontiers in Quantum Methods and Applications in Chemistry and Physics: Selected and Edited Proceedings of QSCP-XVIII (Paraty, Brazil). Series: Frontiers in Theoretical Chemistry and Physics, Eds. M.Nascimento, J.Marvani, E.Brändas, G.Delgado-Barrio (Springer).-2014-Vol.29.-P.31-54.

227. Khetselius O.Yu., Optimized Perturbation Theory to Calculating the Hyperfine Line Shift and Broadening for Heavy Atoms in the Buffer Gas// *Frontiers in Quantum Methods and Applications in Chemistry and Physics: Selected and Edited Proceedings of QSCP-XVIII (Paraty, Brazil)*. Series: *Frontiers in Theoretical Chemistry and Physics*, Eds. M.Nascimento, J.Maruardi, E.Brändas, G.Delgado-Barrio (Springer).-2014-Vol.29.-P.55-74.
228. Glushkov A.V., Khetselius O.Y., Brusentseva S.V., et al Studying interaction dynamics of chaotic systems within a non-linear prediction method: application to neurophysiology// *Advances in Neural Networks, Fuzzy Systems and Artificial Intelligence*, Series: *Recent Advances in Computer Engineering*, Ed. J.Balicki.(Gdansk, WSEAS Pub.).-2014.-Vol.21.-P.69-75.
229. Glushkov A.V., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., etal, Chaos-geometric attractor and quantum neural networks approach to simulation chaotic evolutionary dynamics during perception process// *Advances in Neural Networks, Fuzzy Systems and Artificial Intelligence*, Series: *Recent Advances in Computer Engineering*, Ed. J.Balicki.(Gdansk, WSEAS Pub.).-2014.-Vol.21.-P.143-150.
230. Перелигін Б.В., Ткач Т.Б., Застосування штучних нейронних мереж в технічних системах моніторингу навколишнього середовища (з грифом МОН)-2013р.-180С.
231. Хецеліус О.Ю., Прикладна математика (водні біоресурси).-Одеса, 2013.-105С.
232. Глушков А.В. Чисельні методи в квантовій геометрії та теорії хаосу-Одеса, 2014.-220С.
233. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Numerical Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part1 .-Одесса: ОДЕКУ.-2014.-180С.
234. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Numerical Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2 .-Одесса: ОДЕКУ.-2014.-180С.

235. [Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Theoretical spectroscopy of autoionization resonances in spectra of lanthanides atoms//Physica Scripta \(IOP, London\).-2013.-Vol.T153-P.01429 \(6p.\)](#)
236. Khetselius O.Yu., Florko T.A., Svinarenko A.A., Tkach T.B., Radiative and collisional spectroscopy of hyperfine lines of the Li-like heavy ions and Tl atom in an atmosphere of inert gas//Physica Scripta (IOP, London).-2013.- Vol.T153-P.01437 (5p.).
237. Khetselius O.Yu., New geometric attractor and neural networks approach to studying chaotic processes in photoelectronics systems//International Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").- 2013.-Vol.22.-P.30-37.
238. Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Ternovsky V.B. Non-linear analysis of chaotic self-oscillations in backward-wave tube//International Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").- 2013.-Vol.22.-P.103-107.
239. Buyadzhi V.V., Brusentseva S.V, Zaichko P.A., Studying ensembles of intervals of the parkinsonian tremor and local potential fluctuations on the basis of the theory of chaos//International Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").- 2013.- Vol.22.-P.61-65.
240. Svinarenko A.A., Spectroscopy of autoionization states in spectra of helium, barium and lead atoms: new spectral data and chaos effect //International Scientific Journal "Photoelectronics"("Scopus").- 2013.-Vol.22.-P.43-50.
241. [Glushkov A.V., Kondratenko P.A., Lopatkin Yu.M., Sakun T.N., Electron structure and relaxation processes in resazurin in a highly excited state// Int. Scientific Journal "Photoelectronics" \("Scopus"\).-2013.-Vol.22.-P.117-123.](#)
242. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Mansarliysky O.N., E.P. Solyanikova, Studying and forecasting the atmospheric and hydroecological systems dynamics by using chaos theory methods// Dynamical Systems – Theory and Applications (Lodz Univ., Poland).-2013.-N1.-P.LIF142

243. Glushkov A.V., Svin Buyadzhi V.V., Ternovsky V.B., Dynamics of laser systems with absorbing cell and backward-wave tubes with elements of a chaos// Dynamical Systems – Theory and Applications.-2013.-N1.-P. VIB140
244. Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Zaichko P.A, Studying interaction dynamics of the non-linear vibrational systems within non-linear prediction method (application to quantum autogenerators) // Dynamical Systems – Theory and Applications.-2013.-N1.-P. VIB141
245. Glushkov A.V., Vaschenko V.N., Gerasimenko G. Atmospheric pollutants concentrations temporal dynamics for the industrials ukrainian cities: Low-dimensional chaos// Dynamical Systems – Theory and Applications.-2013.-N1.-P. LIF143
246. Khetselius O.Yu., Forecasting evolutionary dynamics of chaotic systems using advanced non-linear prediction method// Dynamical Systems – Theory and Applications.-2013.-N1.-P.CON137
247. Khetselius O.Yu., Brusentseva S.V., Tkach T.B. Studying interaction dynamics of chaotic systems within non-linear prediction method: Application to neurophysiology// Dynamical Systems – Theory and Applications.-2013.-N1.-P.LIF139
248. Khokhlov V.N., Romanova A.V., Joint principal component: Wavelet analysis of atmospheric teleconnection: the North-Atlantic Oscillation Case// Stochastic Environmental Research and Risk Assesment (Springer).- 2014.-Vol.28.-N2.-P.369-381.
249. Glushkov A.V., Spectroscopy of atom and nucleus in a strong laser field: Stark effect and multiphoton Resonances// Journal of Physics: C Series (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012020 (6p.).
250. Glushkov A.V., Kondratenko P.A., Buyadgi V.V., Kvasikova A.S., Shakhman A.S., Sakun T.N., Spectroscopy of cooperative laser electron- γ -nuclear processes in polyatomic molecules// Journal of Physics: C Series (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012025 (5p.).

251. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Lopatkin Yu.M., Florko T.A., Kovalenko O.A., Mansaliysky V.F., Collisional shift of hyperfine line for rubidium in an atmosphere of the buffer inert gas// *Journal of Physics: C Series* (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012026 (5p.).
252. Svinarenko A.A., Study of spectra for lanthanides atoms with relativistic many-body perturbation theory: Rydberg resonances// *Journal of Physics: C Series* (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012039 (6p.).
253. Svinarenko A.A., Ignatenko A.V., Ternovsky V.B., Nikola V.V., Seredenko S.S., Tkach T.B., Advanced relativistic model potential approach to calculation of radiation transition parameters in spectra of multicharged ions// *Journal of Physics: C Series* (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012047 (6p.).
254. Svinarenko A.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Florko T.A., Zaichko P.A., Ponomarenko E.L., Spectroscopy of Rydberg atoms in a Black-body radiation field: Relativistic theory of excitation and ionization// *Journal of Physics: C Series* (IOP, London, UK).-2014.-Vol.548.-P. 012047 (6p.).
255. Khetselius O.Yu., Optimized perturbation theory to calculating the hyperfine line shift and broadening for heavy atoms in the buffer gas// *Int. Scientific Journal "Photoelectronics"* ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.22-37.
256. Svinarenko A.A., Spectroscopy of autoionization resonances in spectra of barium: New spectral data // *Int. Scientific Journal "Photoelectronics"* ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.85-90.
257. Glushkov A.V., The Green's functions and density functional approach to vibrational structure in the photoelectron spectra of molecules: Review of method// *Int. Scientific Journal "Photoelectronics"* ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.54-72.
258. Velikodnaya V.V., Kondratenko P.A., Lopatkin Yu.M., Glushkov A.V. , Sakun T.N., Kovalenko O.A., Quantum chemical studying the trimethine cyanine dye structure and relaxation dynamics// *Int. Scientific Journal "Photoelectronics"* ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.112-118.

259. Kondratenko P.A., Khetselius O.Yu., Ternovsky V.B., Zaichko P.A., Duborez A.V., Simulation chaotic dynamics of complex systems with using chaos theory, geometric attractors, and quantum neural networks// Int. Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.160-166.
260. Svinarenko A.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Kvasikova A.S., Zaichko P.A., Spectroscopy of Rydberg atoms in a Black-body radiation field: Relativistic theory of excitation and ionization// Int. Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.147-151.
261. Florco T.A., Ignatenko A.V., Svinarenko A.A., Tkach T.B., Ternovsky V.B., Advanced relativistic model potential approach to calculation of the radiation transition and ionization characteristics for rydberg atoms// Int. Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.91-95.
262. Glushkov A.V., Kondratenko P.A., Buyadzhi V.V., Lopatkin Yu., Kvasikova A.S., Spectroscopy of cooperative laser electron- π -nuclear processes in diatomics and multiatomic molecules// Int. Scientific Journal "Photoelectronics" ("Scopus").-2014.-Vol.23.-P.142-146.
263. Glushkov A.V., Renorm-group and fractal approach to turbulence spectrum in planetary atmosphere system, "cosmic plasma – galactic cosmic rays"//Український гідрометеорологічний журнал.-2013.-№12.-С.25-30.
264. Глушков А.В., Анализ и прогноз антропогенного влияния на воздушный бассейн промышленного города на основе методов теории хаоса: Математические основы// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.16.-С.5-11.
265. Бунякова Ю.Я., Общая характеристика экологического состояния атмосферы по областям и промышленным городам Украины// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.16.-С.12-17.
266. Хецелиус О.Ю., Прогнозирование хаотических процессов в геофизических и экологических системах на основе концепции аттрактора и нейросетевого

- подхода// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.16.-С.205-210.
267. Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Analysis of the fractal structures in wave processes// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.16.-С.222-226.
268. Препелица Г.П., Лобода А.В., Грушевский О.Н., Буяджи В.В., К вопросу о применении аппарата нейросетевого моделирования и распознавания образов в задачах прикладной экологии и гидрометеорологии// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.16.-С.227-231.
269. Кругляк Ю.А., Глушков А.В., Уроки нанoeлектроники. 4. Термоэлектрические явления в концепции «снизу-вверх»// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2013.-Вип.15.-С.223-238.
270. Глушков А.В., Анализ и прогноз антропогенного влияния на воздушный бассейн промышленного города на основе методов теории хаоса: Концепция размерностей Ляпунова// Український гідрометеорологічний журнал Український гідрометеорологічний журнал.-2013.-№13.-С.5-9.
271. Серга Э.Н., Бунякова Ю.Я., Лобода А.В., Мансарлийский В.Ф., Дудинов А.А., Мультифрактальный анализ временных рядов индексов Арктического, Антарктического и Южного колебаний. // Український гідрометеорологічний журнал.-2013.-№13.-С.41-45.
272. Глушков А.В., Грушевский О.Н., Бунякова Ю.Я., Балан А.К., Хаос-геометрический анализ временных рядов концентраций диоксида азота в атмосфере промышленного города (на примере Гданьского региона)// Український гідрометеорологічний журнал Український гідрометеорологічний журнал.-2013.-№13.-С.24-28.
273. Сербов Н.Г., Хецелиус О.Ю., Балан А.К., Дудинов А.А., Прогнозирование хаотических процессов в гидроэкологических системах на основе концепции аттрактора и нейросетевого подхода// Український гідрометеорологічний журнал.-2013.-№13.-С.86-91.

274. Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Svinarenko A.A., Geometry of Chaos I: Theoretical basis's of a consistent combined approach//International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N1.-P.67-79.
275. Glushkov A.V., Buyadzhi V.V., Ternovsky V.B., Geometry of Chaos: Consistent combined approach to treating of chaotic self-oscillations in backward-wave tube// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N2.-P.6-12.
276. Glushkov A.V., Bunyakova Yu.Ya., Zaichko P.A., Geometry of Chaos: Consistent combined approach to treating chaotic dynamics atmospheric pollutants and its forecasting// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N3.-P.6-14.
277. Svinarenko A.A., Quantum Geometry: Energy-amplitude approach to multiphoton resonances and above threshold ionization// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N3.-P.18-22.
278. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Geometry of Chaos: Consistent combined approach to treating chaotic hydroecological systems// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N4.-P.6-10.
279. Glushkov A.V., Memory functions formalism to description of the non-linear dynamical systems// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N4.-P.22-28.
280. Khetselius O.Yu., Sensing nuclear anapole moment and parity non-conservation effect in heavy atomic systems: new scheme//Sensor Electronics and Microsystems Technologies-2013.- Vol.10, N2-P.36-41.
281. Florco T.A., New numerical approach in sensing radiative transitions probabilities in spectra of some complex ions// Sensor Electronics and Microsystems Technologies-2013.- Vol.10, N2-P.42-47.
282. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Zaichko P.A., Geometry of Chaos: Consistent combined approach to treating chaotic dynamics atmospheric

- pollutants and its forecasting// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2013.-Vol.6,N3.-P.6-11
283. Glushkov A.V., Ambrosov S.V., Khetselius O.Yu.,Bunyakova Yu.Ya., Mansarliysky V.F., Using microsystem technology "Geomath" to modeling the Earth angle momentum balance, atmospheric processes and radiowaveguids parameters: Nonstationary theory// Міжнародний журнал "Sensors Electronics and Microsystems Technologies".-2013.- Vol.10, N1-P.22-28.
284. Svinarenko A.A., Sensing Rydberg autoionization resonances in spectrum of ytterbium: new spectral data and effects// Sensor Electronics and Microsystems Technologies-2014.-Vol.11,N2.-P.47-52.
285. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Buyadzhi V.V., Brusentseva S.V., Zaichko P.A., Sensing interaction dynamics of chaotic systems within a chaos theory and microsystem technology geomath with application to neurophysiological systems// Sensor Electronics and Microsystems Technologies-2014.-Vol.11,N3.-P.62-69.
286. Prepelitsa G.P., Glushkov A.V., Lepikh Ya.I., Buyadzhi V.V., Ternovsky V.B., Zaichko P.A., Chaotic dynamics of non-linear processes in atomic and molecular systems in electromagnetic field and semiconductor and fiber laser devices: new approaches, uniformity and charm of chaos// Sensor Electronics and Microsystems Techn.-2014.-Vol.11,N4.-P.43-57.
287. Glushkov A.V., Buyadzhi V.V., Ponomarenko E.L., Geometry of Chaos: Advanced approach to treating chaotic dynamics in some nature systems// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2014.-Vol.7,N1.-P.24-29.
288. Svinarenko A.A., Quantum Geometry: An advanced energy approach in scattering theory// International Scientific Journal "Proceedings of International Geometry Center".-2014.-Vol.7,N1.-P.30-34.
289. Glushkov A.V., Serbov N.G., Shakhman I.A., Balan A.K., Mansarlisky V.F., Dudinov A.A., Chaos-geometric method in short-range forecast of hydro-

- atmospheric pollutants: Advanced estimates// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2014.-N18.-P.31-37.
290. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Prepelitsa G.P., Bunyakova Yu.Ya., Grushevsky O.N., Buyadzhi V.V., Photokinetics of the IR laser radiation effect on mixture of the CO₂-N₂-H₂O atmospheric gases: Advanced model// Вісник Одеського державного екологічного ун-ту.-2014.-N18.-P.241-245.
291. Glushkov A.V., Analysis and forecast of the anthropogenic impact on industrial city's atmosphere based on methods of chaos theory: new general scheme//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.32-36.
292. Prepelitsa G.P, Grushevsky O.N., Loboda A.V., Sukharev D.E.,Buyadzhi V.V., On application of the neural network modelling to problems of applied ecology and hydrometeorology//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.27-31.
293. Bunyakova Yu.Ya. , Air pollution field structure in the industrial city's atmosphere: New data on stochasticity and chaos//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.22-26.
294. Glushkov A.V., Serbov N.G., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Chaos-geometric analysis of time series of concentrations of sulphur dioxide in the atmosphere of the industrial city (on example of the Gdansk region//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.238-241.
295. Serga I.N., Bunyakova Yu.Ya., Grushevsky O.N., Shakhman I.A., Atmospheric pollutants concentrations temporal dynamics for the industrial ukrainian cities//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.234-237.
296. Glushkov A.V. , Ambrosov S.V., Bunyakova Yu.Ya., Mansarliysky V.F. Modelling balance of the earth angle moment, atmospheric processes and radiowaveguides: Advanced non-stationary theory//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.59-64.

297. Svinarenko A.A., Khetselius O.Yu., Mansarliysky V.F., Romanenko S.I., Analysis of the fractal structures in turbulent processes//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.74-78.
298. Препелица Г.П, Грушевский О.Н, Пономаренко Е.Л., Буяджи В.В. Kinetic cooling of an atmosphere in laser radiation effect on mixture of the atmospheric gases//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.242-245.
299. Сербов Н.Г., Игнатенко А.В., Шахман И.А., Балан А.К., Дудинов А.А.,Методы теории хаоса в моделировании и прогнозировании годового стока (р. Дунай) //Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.246-250.
300. Дудинов А.А. Оценка статистических характеристик рек междуречья Днестр-Прут//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.188-192.
301. Глушков А.В., Сербов Н.Г., Балан А.К., Шахман И.А., Соляникова Е.П., Хаос-геометрический подход к моделированию временных флуктуаций концентраций загрязняющих веществ в речной воде//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.183-187.
302. Хецелиус О.Ю., Forecasting chaotic processes in hydroecological systems on the basis of attractors conception and neural networks approach: application//Український гідрометеорологічний журнал.-2014.-N15.-P.16-21.
303. Свиначенко А.А. Оптимізовані чисельні моделі в автоіонізаційній спектроскопії з урахуванням ефектів зіткнень, хаосу та зовнішніх полів [Текст] : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук : 01.04.05 / Свиначенко Андрій Андрійович. — Одеса, 2013. — 254 с.
304. Препелица Г.П. Нелінійна динаміка атомно-молекулярних, лазерних, атмосферних систем з елементами хаосу [Текст] : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук : 01.04.01 / Препелица Георгій Петрович. — Одеса, 2014. — 258 с.
305. Амбросов С.В. Нелінійно-оптичні методи та технології моніторингу атмосферно-аерозольних та атомно-плазмових середовищ [Текст] : дис. ... д-ра

- фіз.-мат. наук : 01.04.17 / Амбросов Сергій Володимирович. — Одеса, 2014. — 268 с.
306. Ігнатенко Г.В. Лазерна фотоіонізаційна спектроскопія атомно-молекулярних систем та оптимальне керування селективними фотопроцесами [Текст] : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук : 01.04.17 / Ігнатенко Ганна Володимирівна. — Одеса, 2014. — 250 с.
307. Бунякова Ю.Я. Аналіз та прогнозування антропогенного впливу на повітряний басейн промислового міста [Текст] : дис. ... канд геогр. наук : 11.00.11 / Бунякова Юлія Ярославна. — Одеса, 2013. — 185 с.
308. Ткач Т.Б. Релятивістський метод модельного потенціалу в теорії радіаційних переходів в спектрах атомів та іонів [Текст] : дис. ... канд фіз.-мат. наук : 01.04.05 / Ткач Тетяна Борисівна. — Одеса, 2013. — 126 с.
309. Серга І.М. Релятивістська теорія спектрів піонних атомів [Текст] : дис. ... канд фіз.-мат. наук : 01.04.05 / Серга Інга Миколаївна. — Одеса, 2013. — 124 с.
310. Сухарев Д.Є. Моделювання динамічних ієрархічних процесів самоорганізації та хаосу у нелінійних коливальних системах (на прикладі геофізичних та квантових систем)” [Текст] : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук : 01.04.01 / Сухарев Деніс Євгенович. — Одеса, 2014. — 240 с.
311. Дудінов О.А. Аналіз та прогнозування екологічного стану водних середовищ з урахуванням антропогенних факторів [Текст] : дис. ... канд геогр. наук : 11.00.11 / Дудінов Олексій Анатолійович. — Одеса, 2014. — 110 с.
312. Буяджи В.В. Динаміка нелінійних процесів в геофізичних та нейромережевих системах з елементами хаосу [Текст] : дис. ... канд фіз.-мат. наук : 01.04.01/ Буяджи Василь Володимирович. — Одеса, 2014. — 118 с.
313. **Glushkov A.V., Numerical modeling of atomic and nuclear systems in an intense laser field and resonance phenomena in heavy ions collisions//Abs. of XXV IUPAP Conference on Computational Physics.-(Moscow, Russia).-2013.-P.41.**

314. A.V. Glushkov, O.Yu. Khetselius, S.V. Brusentseva and A.V. Duborez, Numerical analysis and forecasting nonlinear dynamics of chaotic systems using a chaos theory methods (application to neurophysiology and econophysics) //Abs. of XXV IUPAP Conference on Computational Physics.-(Moscow, Russia).-2013.-P.42.
315. A.V. Glushkov, O.N. Grushevsky, V.N. Vaschenko and T. Gerasimenko, Numerical modeling and forecasting the geophysical (atmospheric and hydroecological) systems dynamics by using the non-linear prediction and chaos theory methods//Abs. of XXV IUPAP Conference on Computational Physics.-(Moscow, Russia).-2013.-P.43.
316. A.V. Glushkov, V.V. Buyadzhi, G.P. Prepelitsa, E.L. Ponomarenko and V.B. Ternovsky, Computational modelling dynamics of quantum and laser systems and backward-wave tubes with elements of a chaos//Abs. of XXV IUPAP Conference on Computational Physics.-(Moscow, Russia).-2013.-P.44.
317. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Mansarliysky O.N., E.P. Solyanikova, Studying and forecasting the atmospheric and hydroecological systems dynamics by using chaos theory methods//Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E-LIF142
318. Glushkov A.V., Svin Buyadzhi V.V., Ternovsky V.B., Dynamics of laser systems with absorbing cell and backward-wave tubes with elements of a chaos//Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E- VIB140
319. Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Zaichko P.A, Studying interaction dynamics of the non-linear vibrational systems within non-linear prediction method (application to quantum autogenerators) //Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E-VIB141
320. Glushkov A.V., Vaschenko V.N., Gerasimenko G. Atmospheric pollutants concentrations temporal dynamics for the industrials ukrainian cities: Low-dimensional

chaos//Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E- LIF143

321. Khetselius O.Yu., Forecasting evolutionary dynamics of chaotic systems using advanced non-linear prediction method//Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E- CON137

322. Khetselius O.Yu., Brusentseva S.V., Tkach T.B. Studying interaction dynamics of chaotic systems within non-linear prediction method: Application to neurophysiology//Abs. of the 12th International Conference „Dynamical Systems – Theory and Applications” (DSTA- 2013).- Lodz (Poland).- 2013.-P.E- LIF139

323. Glushkov A.V., New approach to determination and forecasting environment pollution in urban areas and new politics in a field of environment defense// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.

324. Glushkov A.V., Vaschenko V.N., Gerasimenko T., Atmospheric pollutants concentrations temporal dynamics for the Donbass industrial region of Ukraine: Numerical analysis// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.

325. Glushkov A.V., Solyanikova E.P., Grushevsky O.N., Dudinov A.A., New non-linear prediction method to analyzing and forecasting the anthropogenic factors effect on the ecological state of the water reservoirs// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.

326. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Mansarliysky V., Non-linear prediction method to forecasting air pollutants in an atmosphere of industrial cities: Odessa and Gdansk regions// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.

327. Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Forecasting evolutionary dynamics of chaotic environment systems using advanced non-linear prediction method and application to air pollution determination in the Netherlands and Italia regions// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.
328. Bunyakova Yu.Ya., Analysis and estimation of anthropogenic loading influence on the Odessa industrial city air basin from the point of view of the sanitary and environmental standards// Proc. of the International Conference “Urban Environmental Pollution 2013 Asian Edition”-Creating Healthy, Liveable Cities.-Beijing, China.-2013.
329. Glushkov A.V., Kuzakon V.M., Kuzakon G.A., Seredenko S.S., Geometry of a Chaos: New combined method for treating a deterministic chaos in complex systems// Proc. of International Conference on Geometry.-Odessa (Ukraine).-2013.-P.98.
330. Glushkov A.V., Brusentseva S.V., Ternovsky V.B., Zaichko P.A., Geometry of a Chaos: New numerical techniques for treating a deterministic chaos in complex quantum generator, geo-and biophysical systems//Proc. of the International Conference on Mathematical Modeling and Computational Physics.-Dubna (Russia).-2013.-P.P01.
331. Khetselius O.Yu., Modelling Atmospheric Turbulent Pulsations induced by Galactic Cosmic Rays: Phenomena of Genesis and Scaling//Proc. of the XIIth Scientific Assembly IAGA 2013 of International Association of Geomagnetism and Aeronomy (International Union of Geodesy and Geophysics).- Merida Yucatan (Mexico).-2013.-P.55.
332. Glushkov A.V., Ambrosov S.V., Mansarliysky V.F., Global Mechanisms in the Earth Atmosphere Models and Angle Momentum Balance: Atmospheric circulation, Teleconnection and Radio-Waveguides//Proc. of the XIIth Scientific Assembly IAGA 2013 of International Association of Geomagnetism and Aeronomy (International Union of Geodesy and Geophysics).- Merida Yucatan (Mexico).-2013.-P.55.
333. Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Lopatkin Yu.A., Sakun T.A., Multi-Photon Excitation And Dissociation For Molecules: Effect Of The Rotational And V-T Relaxation And Chaos//Abstr. of the 32nd European Congress on Molecular

Spectroscopy (EUCMOS 2014) .-Heinrich-Heine-University, Düsseldorf (Germany).-2014.-P.256.

334. Khetselius O.Yu., Interatomic Potentials, Collisional Hyperfine Line Shift And Broadening For Heavy Atoms In An Atmosphere Of The Buffer Inert Gas//Abstr. of the 32nd European Congress on Molecular Spectroscopy (EUCMOS 2014) .-Heinrich-Heine-University, Düsseldorf (Germany).-2014.-P.257.

335. Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Prepelitsa G.P., Ternovsky V.B., Optimal Schemes Of Laser Ionization And Dissociation Of Molecules And Their Application To Optimization Of Isotope Separation Method//Abstr. of the 32nd European Congress on Molecular Spectroscopy (EUCMOS 2014) .-Heinrich-Heine-University, Düsseldorf (Germany).-2014.-P.258.

336. Romanova A.V., Principal components and wavelet analysis of complex chaotic meteorological signals: New numerical algorithm//Abstr.of International Conference “Geometry in Odessa-2014”.-Odessa (Ukraine).-2014.-P.82.

337. Glushkov A.V., Kuzakon V.M., Ternovsky V.B., Serga I.N., Geometry of a Chaos: New combined method to treating a deterministic chaos in complex systems//Abstr.of International Conference “Geometry in Odessa-2014”.-Odessa (Ukraine).-2014.-P.74.

338. Glushkov A.V., Khetselius O.Y., Brusentseva S.V., Zaichko P.A., Ternovsky V.B., Studying interaction dynamics of chaotic systems within a non-linear prediction method: application to neurophysiology//Abs. of the 13th International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases (Gdansk-AIKED14).-Gdansk (Poland).-2014.-P.P11.

339. Glushkov A.V., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Zaichko P.A., Ternovsky V.B., Chaos-Geometric Attractor and Quantum Neural Networks Approach to Simulation Chaotic Evolutionary Dynamics During Perception Process//Abs. of the 13th International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases (Gdansk-AIKED14).-Gdansk (Poland).-2014.-P.P12.

340. Glushkov A.V., Spectroscopy of cooperative laser electron- γ -nuclear processes in diatomic, multiatomic molecules and clusters// International Conf.“ Stereodynamics-2014”.-Saint-Petersburg (Russia).-2014.-P.30.
341. Glushkov A.V. , Kondratenko P.A., Loboda A.V., Svinarenko A.A., Sakun T.N., Computational modelling structural properties of biogene amines (serotonine, histamine, γ -amino oil acid) with laser and neutron capture effects//Internat. Conf.“ Stereodynamics-2014”.-Saint-Petersburg (Russia).-2014.-P.31.
342. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Raman scattering of the light on metastable levels of diatomics //XXIV International Conf.on Raman Spectroscopy.-Jena (Germany).-2014.-P.77.
343. Glushkov A.V., Mansarliyskii V.F., Serbov N.G., Zaichko P.A., Global mechanisms in the Earth atmosphere models, energy and angle momentum balance and teleconnection: Statistical and dynamical modeling //Abs. of the International Conference on Statistical Physics.-Rhodes (Greece).-2014.- P.53.
344. Glushkov A.V., Svinarenko A.A., Loboda A.V., Prepelitsa G.P., Chaos-geometric attractor and quantum neural networks approach to simulation of chaotic evolutionary dynamics of complex systems //Abs. of the International Conference on Statistical Physics.-Rhodes (Greece).-2014.-P.53.
345. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Studying interaction dynamics of chaotic systems within a non-linear prediction statistical method: Application to neurophysiology//Abs. of the International Conference on Statistical Physics.-Rhodes (Greece).-2014.- P.77.
346. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Grushevsky O.N., Non-linear prediction statistical method to forecasting evolutionary dynamics of environmental systems: Atmospheric pollutants dynamics//Abs. of the International Conference on Statistical Physics.-Rhodes (Greece).-2014.- P.78.
347. Glushkov A.V., Buyadzhi V.V., Zaichko P.A., Ternovsky V.B., Nonlinear Stochastic Dynamics of Quantum and Laser Systems//Abs. of the International Conference on Statistical Physics.-Rhodes (Greece).-2014.- P.18.

348. Bunyakova Yu.Ya., Glushkov A.V., Mansarliysky V.F., Sakun T.N, New environmental sensors on basis of non-linear spectral effects: IR laser effect of kinetic atmosphere environment cooling// Abs. of the 6th International Scientific and Technical Conference "Sensor Electronics and Microsystem Technologies" (with the Exhibition of sensors developments and industrial samples) "SEMST-6".- Odessa (Ukraine).-2014.-P.81.
349. Bunyakova Yu.Ya., Khetselius O.Yu., Grushevsky O.N., Svinarenko A.A., Forecasting of industrial city's atmospheric pollutant dynamics on the basis microsystem technology "Geomath" Abs. of the 6th International Scientific and Technical Conference "Sensor Electronics and Microsystem Technologies" "SEMST-6".- Odessa (Ukraine).-2014.-P.62.
350. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Florko T.A., Collisional Shift and Broadening of Hyperfine Lines for Heavy Atoms in an Atmosphere of the Buffer Inert Gas// Abs. of the 22nd International Conference on Spectral Line Shapes.- UT Space Institute, Tullahoma, Tennessee (USA).-2014.-P.50.
351. Glushkov A.V., Kvasikova A.S., Shakhman A.S., Sakun T., Spectroscopy of Cooperative Laser Electron- γ -Nuclear Processes in Diatomics and Multiatomic Molecules// Abs. of the 22nd International Conference on Spectral Line Shapes.- UT Space Institute, Tullahoma, Tennessee (USA).-2014.-P.49.
352. Svinarenko A.A., Ignatenko A.V., Tkach T.B., Ternovsky V.B, Advanced relativistic model potential approach to calculation of the radiation transition and ionization characteristics for rydberg atoms // Abs. of 22nd International Conference on Spectral Line Shapes.- UT Space Institute, Tullahoma, Tennessee (USA).-2014.-P.65.
353. Svinarenko A.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Florko T.A., Spectroscopy of Rydberg atoms in a Black-body radiation field: Relativistic theory of excitation and ionization // Abs. of the 22nd International Conference on Spectral Line Shapes.- UT Space Institute, Tullahoma, Tennessee (USA).-2014.-P.66.
354. Svinarenko A.A., Theoretical studying spectra of lanthanides atoms on the basis of relativistic many-body perturbation theory // Abs. of the 22nd International

Conference on Spectral Line Shapes.- UT Space Institute, Tullahoma, Tennessee (USA).-2014.-P.67.

355. Glushkov A.V., Energy approach to heavy finite Fermi-systems in a strong field: Stark, multi-photon and autoionization resonances// Abs. of the XIX International Workshop on Quantum Systems in Chemistry, Physics and Biology.-Taipei (Taiwan).-2014.-P.25.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Таблиця А.1 – Статистичні характеристики концентрацій інгредієнтів

Рік	КВП													
	8		15		16		17		18		19		20	
	q	σ	q	σ	q	σ	q	σ	q	σ	q	σ	q	σ
SO ₂														
1996	0,049	0,0050	0,057	0,0041	0,055	0,0043	0,056	0,0046	0,056	0,0052	0,053	0,0054	0,055	0,0055
1997	0,041	0,0041	0,045	0,0033	0,044	0,0023	0,045	0,0035	0,044	0,0039	0,044	0,0033	0,044	0,0027
1998	0,038	0,0030	0,044	0,0027	0,044	0,0021	0,044	0,0025	0,044	0,0032	0,044	0,0028	0,043	0,0032
1999	0,048	0,0061	0,054	0,0065	0,054	0,0070	0,056	0,0107	0,056	0,0078	0,053	0,0070	0,053	0,0067
2000	0,046	0,0032	0,053	0,0036	0,051	0,0031	0,052	0,0035	0,052	0,0034	0,051	0,0034	0,052	0,0031
2001	0,042	0,0035	0,053	0,0043	0,051	0,0044	0,052	0,0035	0,053	0,0051	0,050	0,0031	0,051	0,0045
2002	0,043	0,0044	0,053	0,0056	0,051	0,0059	0,052	0,0055	0,053	0,0062	0,049	0,0059	0,050	0,0046
NO ₂														
1996	0,070	0,0085	0,080	0,0092	0,079	0,0071	0,078	0,0054	0,080	0,0059	0,079	0,0067	0,077	0,0088
1997	0,067	0,0053	0,074	0,0050	0,075	0,0073	0,076	0,0050	0,079	0,0061	0,075	0,0063	0,072	0,0052
1998	0,061	0,0079	0,072	0,0053	0,071	0,0055	0,072	0,0058	0,070	0,0071	0,071	0,0055	0,069	0,0046
1999	0,062	0,0060	0,074	0,0060	0,071	0,0057	0,073	0,0060	0,074	0,0056	0,071	0,0057	0,071	0,0054
2000	0,065	0,0081	0,076	0,0067	0,073	0,0060	0,074	0,0058	0,075	0,0061	0,073	0,0067	0,073	0,0062
2001	0,059	0,0086	0,074	0,0076	0,072	0,0107	0,073	0,0111	0,072	0,0090	0,070	0,0115	0,072	0,0109
2002	0,055	0,0087	0,064	0,0064	0,063	0,0075	0,063	0,0085	0,067	0,0062	0,063	0,0083	0,063	0,0085
CO														
1996	1,8	0,44	4,6	1,55	2,4	0,45	2,3	0,32	2,4	0,42	2,2	0,30	2,3	0,58
1997	1,5	0,21	3,9	0,69	2,9	1,09	2,6	0,64	2,8	0,61	2,7	0,87	2,9	0,43
1998	1,5	0,21	3,7	0,33	2,9	0,25	3,2	0,89	3,9	1,63	2,7	0,30	3,0	0,33
1999	2,0	0,29	6,8	1,57	3,9	0,56	3,0	0,67	3,5	0,83	3,4	0,28	3,8	0,81
2000	1,8	0,60	4,1	0,52	3,5	0,28	4,7	2,02	4,3	1,68	3,3	0,13	3,5	0,59
2001	1,8	0,69	4,4	0,95	3,9	0,28	5,7	3,25	3,9	1,44	3,2	0,37	3,5	0,87
2002	1,9	0,37	3,8	0,52	3,9	0,21	5,9	1,97	4,3	0,90	3,4	0,21	3,1	0,61
Пил														
1996	0,22	0,054	0,29	0,034	0,27	0,057	0,23	0,047	0,29	0,057	0,25	0,113	0,29	0,078
1997	0,18	0,020	0,36	0,049	0,36	0,047	0,25	0,030	0,37	0,061	0,23	0,032	0,36	0,058
1998	0,14	0,010	0,22	0,022	0,23	0,015	0,18	0,020	0,24	0,019	0,18	0,016	0,21	0,021
1999	0,19	0,051	0,30	0,063	0,26	0,069	0,28	0,057	0,27	0,059	0,28	0,068	0,22	0,056
2000	0,20	0,039	0,29	0,042	0,27	0,024	0,27	0,042	0,27	0,037	0,25	0,028	0,27	0,035
2001	0,18	0,037	0,28	0,043	0,23	0,047	0,23	0,047	0,23	0,043	0,23	0,062	0,25	0,050
2002	0,16	0,016	0,25	0,022	0,24	0,036	0,24	0,027	0,24	0,030	0,23	0,035	0,23	0,019

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Точки найбільших концентрацій діоксиду сірки й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Північний напрямок вітру

С _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.708	18000.0	12000.0	0.950	0.141	230026	0.127	230027	0.103	230001	0.072	230023	0.070	230005
0.512	20000.0	8000.0	0.470	0.078	290169	0.041	290025	0.040	740029	0.038	290168	0.034	290170
0.470	16000.0	8000.0	2.000	0.200	420002	0.143	420003	0.011	2630052	0.011	290029	0.008	290169
0.439	12000.0	8000.0	1.425	0.138	420002	0.117	640078	0.064	420003	0.044	4050037	0.007	290029
0.408	10000.0	12000.0	0.500	0.076	230026	0.067	230001	0.048	230007	0.046	230005	0.042	230004

Таблиця Б.2

Точки найбільших концентрацій діоксиду сірки й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Східний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
1.171	20000.0	14000.0	2.00	0.162	230001	0.145	230026	0.145	230005	0.130	230004	0.128	230023
0.561	20000.0	14000.0	0.95	0.076	420002	0.066	230001	0.063	230027	0.055	230002	0.051	230026
0.362	20000.0	18000.0	0.50	0.045	230001	0.044	230026	0.038	420002	0.030	230027	0.029	230005
0.313	20000.0	10000.0	0.19	0.039	290009	0.022	290169	0.021	5530189	0.017	290167	0.013	290168
0.255	18000.0	18000.0	0.50	0.040	420002	0.028	230026	0.027	230001	0.023	420003	0.019	230027

Таблиця Б.3

Точки найбільших концентрацій діоксиду сірки й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Південний напрямок вітру

С _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	Х	У		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.677	22000.0	12000.0	0.950	0.112	230027	0.112	230026	0.097	230001	0.076	230023	0.068	230005
0.634	22000.0	8000.0	2.000	0.205	420002	0.126	420003	0.041	290169	0.034	290170	0.030	2630052
0.414	24000.0	12000.0	0.500	0.670	230026	0.061	230001	0.045	230005	0.044	230027	0.042	230023
0.393	24000.0	8000.0	2.000	0.173	420002	0.085	420003	0.016	290169	0.014	260052	0.008	230023
0.346	26000.0	12000.0	1.425	0.13	420002	0.057	420003	0.019	230029	0.015	740029	0.013	290177

Таблиця Б.4

Точки найбільших концентрацій діоксиду сірки й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Західний напрямок вітру

C_m , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.753	20000.0	10000.0	2.00	0.120	230026	0.117	230001	0.108	230027	0.096	230023	0.091	230005
0.472	20000.0	12000.0	2.00	0.235	230005	0.140	230004	0.044	230023	0.035	230015	0.009	230022
0.451	20000.0	8000.0	0.50	0.067	230026	0.060	230001	0.044	230027	0.042	230005	0.039	230023
0.352	22000.0	6000.0	0.19	0.032	290029	0.019	290027	0.019	290169	0.016	740029	0.016	290171
0.347	20000.0	6000.0	0.50	0.040	230026	0.088	230001	0.027	230027	0.024	230005	0.023	230004

Таблиця Б.5

Точки найбільших концентрацій діоксиду азоту й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Північний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
6.388	20000.0	8000.0	0.50	1.681	290169	0.831	290168	0.738	290170	0.495	290017	0.403	290015
2.068	18000.0	8000.0	1.31	0.363	290169	0.148	290168	0.144	290170	0.123	290017	0.080	290177
1.661	10000.0	8000.0	1.31	0.878	210016	0.135	420002	0.064	290169	0.059	4150052	0.029	420003
1.599	8000.0	10000.0	0.50	0.744	200013	0.261	200012	0.041	420002	0.036	290169	0.029	4150052
1.568	16000.0	8000.0	2.00	0.238	420002	0.178	290169	0.085	420003	0.070	290168	0.068	290170

Таблиця Б.6

Точки найбільших концентрацій діоксиду азоту й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Східний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
2.849	10000.0	12000.0	2.00	1.934	200013	0.669	200012	0.211	210016	0.017	2180009	0.015	206014
1.602	20000.0	14000.0	1.31	0.109	230027	0.101	290169	0.095	230004	0.091	230026	0.091	230022
1.373	20000.0	10000.0	0.50	0.209	290169	0.207	290009	0.091	290165	0.087	290016	0.082	290168
1.083	22000.0	10000.0	0.50	0.156	290169	0.094	290028	0.081	290175	0.075	290174	0.075	290029
1.079	22000.0	12000.0	0.50	0.154	290169	0.058	290028	0.056	290029	0.051	290177	0.051	290175

Таблиця Б.7

Точки найбільших концентрацій діоксиду азоту й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Південний напрямок вітру

С _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
6.235	22000.0	8000.0	0.50	1.573	290169	0.614	290191	0.542	290017	0.469	290170	0.433	290171
2.344	24000.0	8000.0	12.00	0.420	290169	0.201	290170	0.196	420002	0.180	290168	0.176	290017
1.763	26000.0	8000.0	1.31	0.168	290169	0.151	420002	0.140	290177	0.087	290028	0.085	290029
1.433	12000.0	8000.0	1.31	1.255	210016	0.120	190009	0.027	2180009	0.021	2180001	0.008	2180006
1.333	28000.0	8000.0	1.31	0.128	420002	0.109	290169	0.089	290177	0.066	290029	0.060	290028

Таблиця Б.8

Точки найбільших концентрацій діоксиду азоту й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Західний напрямок вітру

С _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
5.402	10000.0	10000.0	1.31	3.978	200013	1.347	200012	0.052	206014	0.009	2180008	0.004	620090
1.307	20000.0	6000.0	0.50	0.236	290169	0.082	290168	0.067	290170	0.056	290016	0.054	290009
1.284	22000.0	4000.0	0.50	0.136	290169	0.086	290175	0.079	290028	0.075	290174	0.071	290029
1.268	10000.0	8000.0	2.62	0.910	200013	0.318	200012	0.020	2180008	0.007	206014	0.006	620090
1.120	22000.0	6000.0	1.31	0.345	290169	0.124	290168	0.083	290170	0.053	290016	0.009	290009

Таблиця Б.9

Точки найбільших концентрацій оксиду вуглецю й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Північний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.131	20000.0	8000.0	0.50	0.052	5530189	0.017	290169	0.008	290168	0.007	290170	0.006	290025
0.075	18000.0	8000.0	2.00	0.040	5530189	0.004	290169	0.004	2636040	0.003	2630052	0.002	290029
0.048	16000.0	8000.0	12.00	0.026	5530189	0.002	290169	0.002	2630052	0.002	2636040	0.001	290029
0.036	14000.0	8000.0	12.00	0.021	5530189	0.001	290169	0.001	2636040	0.001	2630052	0.001	290029
0.034	12000.0	8000.0	12.00	0.017	5530189	0.003	4056005	0.002	640078	0.001	2636040	0.001	290169

Таблиця Б.10

Точки найбільших концентрацій оксиду вуглецю й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Східний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.088	20000.0	10000.0	0.50	0.053	5530189	0.003	290009	0.003	5530134	0.002	263604	0.002	290169
0.064	20000.0	8000.0	12.00	0.060	2636040	0.003	2636042	0.001	2630039	0.001	230001	0.001	2630052
0.036	20000.0	14000.0	2.00	0.009	5530189	0.003	230031	0.002	230001	0.002	230015	0.001	230022
0.034	20000.0	12000.0	0.50	0.014	5530189	0.002	290169	0.001	5530134	0.001	2630052	0.001	5530457
0.030	20000.0	16000.0	12.00	0.016	5530189	0.001	230031	0.001	2636040	0.001	230001	0.001	2630052

Таблиця Б.11

Точки найбільших концентрацій оксиду вуглецю й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Південний напрямок вітру

С _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.184	22000.0	8000.0	0.50	0.095	5530189	0.015	290169	0.007	290171	0.007	296233	0.005	290017
0.057	24000.0	8000.0	12.00	0.027	5530189	0.004	290169	0.002	2630052	0.002	290170	0.002	290168
0.044	26000.0	8000.0	12.00	0.024	5530189	0.002	290169	0.001	2630052	0.001	2636040	0.001	290177
0.035	28000.0	8000.0	12.00	0.019	5530189	0.001	290169	0.001	290029	0.001	2636040	0.001	290177
0.026	30000.0	8000.0	12.00	0.014	5530189	0.001	290029	0.001	290169	0.001	2636040	0.001	290177

Таблиця Б.12

Точки найбільших концентрацій оксиду вуглецю й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Західний напрямок вітру

C _м , частки ГДК	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
0.064	20000.0	6000.0	0.50	0.030	5530189	0.006	2636040	0.002	5530134	0.002	290169	0.002	2630052
0.030	20000.0	4000.0	12.00	0.016	5530189	0.003	2636040	0.002	2630052	0.001	290009	0.001	5530134
0.030	22000.0	4000.0	0.50	0.006	5530189	0.002	290029	0.002	296183	0.001	290169	0.001	290175
0.027	20000.0	2000.0	12.00	0.017	5530189	0.002	2636040	0.001	2630052	0.001	290169	0.000	290009
0.027	22000.0	6000.0	0.50	0.008	5530189	0.002	296183	0.002	290169	0.001	290171	0.001	290172

Таблиця Б.13

Точки найбільших безрозмірних сумарних концентрацій групи сумачій й номера джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Північний напрямок вітру

<i>q</i>	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
22.227	14000.0	12000.0	0.2705	12.788	1216007	3.273	1216002	0.923	4406010	0.714	4406009	0.604	4226013
13.016	14000.0	10000.0	0.2705	6.366	1516002	2.326	1416003	1.076	1416006	0.654	96014	0.578	1376007
10.129	22000.0	8000.0	0.5409	1.776	466017	1.419	466009	1.267	466043	1.246	466047	1.216	466048
10.011	18000.0	14000.0	0.2705	7.029	426020	2.659	420008	0.136	450013	0.037	366075	0.020	420016
7.199	16000.0	12000.0	0.2705	4.363	4226013	0.758	2256037	0.679	4336013	0.358	2256004	0.144	366075

Таблиця Б.14

Точки найбільших безрозмірних сумарних концентрацій групи сумачій й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Східний напрямок вітру

q	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
14.962	14000.0	12000.0	0.2705	6.605	676012	2.576	1416003	1.880	1206030	0.933	1416006	0.932	1516002
14.623	16000.0	12000.0	0.2705	6.944	4406010	4.334	4406009	0.711	1376007	0.547	96014	0.537	2116011
12.569	16000.0	10000.0	0.2705	7.370	96014	4.361	96015	0.643	2290005	0.060	96014	0.055	2290006
6.623	16000.0	14000.0	0.2705	1.059	4426018	0.711	4226013	0.701	4406010	0.536	4406009	0.378	2256004
4.938	14000.0	14000.0	12.0000	1.138	676012	1.054	1416003	0.703	1216007	0.556	1516002	0.470	1206030

Таблиця Б.15

Точки найбільших безрозмірних сумарних концентрацій групи сумачій й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Південний напрямок вітру

q	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
11.973	24000.0	8000.0	0.5409	1.686	466017	1.441	466009	1.316	466043	1.285	466047	1.264	466048
9.069	18000.0	12000.0	0.8114	2.904	4226013	1.120	4426018	0.993	466043	0.756	4406009	0.542	2256037
8.847	22000.0	8000.0	0.8114	4.365	4806001	3.806	590008	0.060	2290005	0.057	1416003	0.049	96014
7.252	16000.0	10000.0	0.8114	3.138	1416003	1.336	1516002	1.182	1416006	0.779	1206030	0.379	3166020
5.188	20000.0	14000.0	0.2705	2.622	426020	0.804	420008	0.176	450013	0.137	3010010	0.103	4426018

Таблиця Б.16

Точки найбільших безрозмірних сумарних концентрацій групи сумачій й номери джерел, що дають найбільший внесок у забруднення повітряного басейну міста Одеси. Західний напрямок вітру

q	Координати розрахункової точки		Швидкість вітру, м/с	Величина внеску й номер джерела, що дає найбільший внесок									
	X	Y		Q 0	N 0	Q 1	N 1	Q 2	N 2	Q 3	N 3	Q 4	N 4
23.037	24000.0	6000.0	0.2705	21.437	5286001	0.186	466017	0.171	466043	0.169	466047	0.164	466048
6.819	16000.0	8000.0	0.2705	1.530	2290005	1.289	96014	0.757	96015	0.322	1416003	0.253	4226013
6.311	14000.0	10000.0	0.2705	2.233	1206030	2.017	676012	0.678	1216007	0.168	1216002	0.103	4896009
6.302	16000.0	10000.0	0.2705	1.156	4226013	0.942	4406010	0.725	4406009	0.494	4426018	0.484	2116011
6.238	14000.0	8000.0	0.8114	1.710	1416003	0.973	1516002	0.655	1206030	0.632	1416006	0.413	676012

Додаток В

Метеорологічні дані за вересень 2014 року

Таблиця В.1 – Дані для побудови рози вітрів

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
Штиль	6	0,85
Пн	77	10,88
ПнПнС	47	6,64
ПнС	101	14,27
СПнС	120	16,95
С	53	7,49
СПдС	12	1,69
ПдС	37	5,23
ПдПдС	74	10,45
Пд	14	1,98
ПдПдЗ	19	2,68
ПдЗ	18	2,54
ЗПдЗ	24	3,39
З	19	2,68
ЗПнЗ	30	4,24
ПнЗ	35	4,94
ПнПнЗ	22	3,11
Сума	708	100

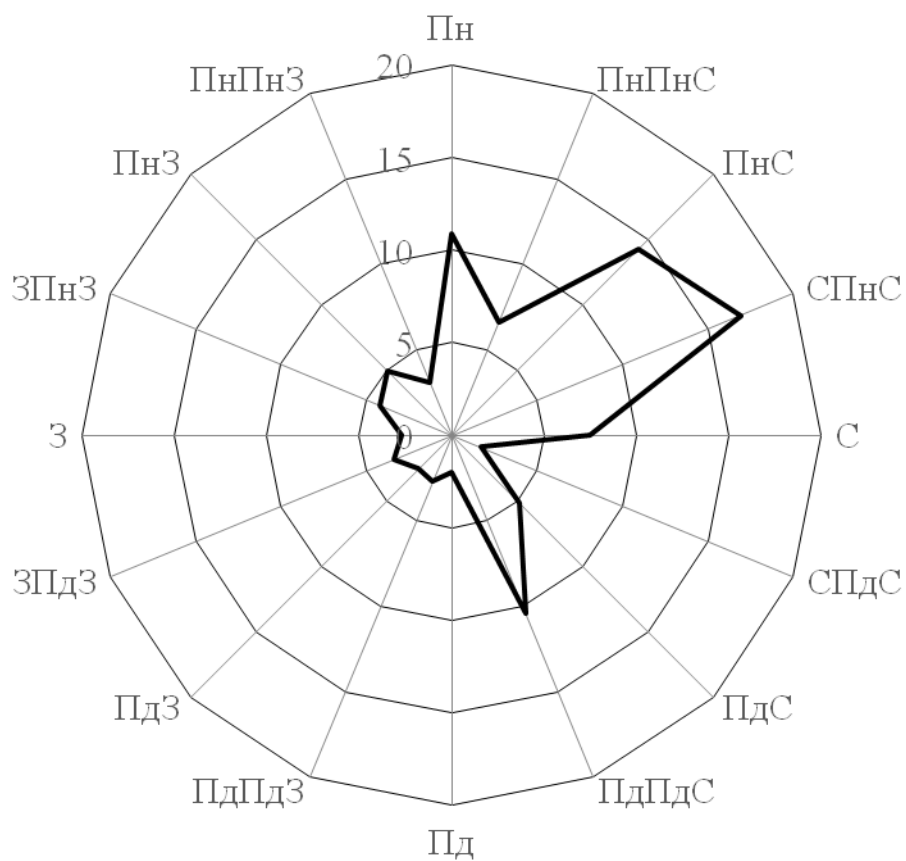


Рисунок В.1 – Роза вітрів за вересень 2014 року

Таблиця В.2 – Метеорологічні дані за вересень 2014 року

Дата	Час	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість вітру, м/с	Пробіг вітру, м/с	Тиск, мм. рт. ст	Середній напрямок вітру	Максималь- ний напрямок вітру
01.10.2012	0:00	20,6	78	2,7	9,66	765,4	ПДЗ	ЗПДЗ
01.10.2012	1:00	21,2	64	1,3	4,83	765,6	ЗПДЗ	ЗПДЗ
01.10.2012	2:00	19,4	81	0,9	3,22	765,9	ЗПНЗ	З
01.10.2012	3:00	18,9	84	1,3	4,83	766,2	ПНПНС	СПНС
01.10.2012	4:00	18,7	79	2,2	8,05	766,4	ПНС	ПНС
01.10.2012	5:00	18,1	80	2,2	8,05	767	ПНС	ПНС
01.10.2012	6:00	17,6	80	2,2	8,05	767,2	СПНС	СПНС
01.10.2012	7:00	17,1	81	2,2	8,05	767,6	СПНС	ПНС
01.10.2012	8:00	17,5	79	2,7	9,66	767,8	СПНС	ПНС
01.10.2012	9:00	18,2	77	3,1	11,27	768,1	СПНС	СПНС
01.10.2012	10:00	19	73	3,1	11,27	768,3	СПНС	СПНС
01.10.2012	11:00	19,6	71	3,1	11,27	768,6	СПНС	СПНС
01.10.2012	0:00	20,4	68	2,2	8,05	768,4	С	С
01.10.2012	13:00	20,6	70	2,2	8,05	768,3	С	С
01.10.2012	14:00	21,3	68	1,8	6,44	768,1	СПДС	СПДС
01.10.2012	15:00	21,9	67	1,3	4,83	768	СПДС	С
01.10.2012	16:00	22,2	67	1,3	4,83	767,8	ПДС	СПДС
01.10.2012	17:00	22	67	0,9	3,22	767,6	ПДС	ПД
01.10.2012	18:00	21,2	70	0,9	3,22	767,4	ПДПДС	ПД
01.10.2012	19:00	20,2	78	0,4	1,61	767,4	ПД	ПДС
01.10.2012	20:00	20,1	77	0	0	767,4	ПДПДЗ	ПДПДС
01.10.2012	21:00	19,6	83	0	0	767,4	ПДПДС	ПДПДС
01.10.2012	22:00	19,4	87	0	0	767,4	ПДПДС	ПДПДС
01.10.2012	23:00	19,2	89	0	0	767,6	ПДС	ПДС
02.10.2012	0:00	19,5	84	0,4	1,61	767,6	СПДС	С
02.10.2012	1:00	19,5	76	0,9	3,22	767,3	ПДС	СПДС
02.10.2012	2:00	19,3	81	1,3	4,83	767,2	ПДС	С
02.10.2012	3:00	19,2	85	0,9	3,22	766,9	ПДС	СПДС
02.10.2012	4:00	19,1	86	0,9	3,22	766,7	ПДС	ПДС
02.10.2012	5:00	18,7	86	0,9	3,22	766,5	ПДС	СПДС
02.10.2012	6:00	18,7	89	0,9	3,22	766,3	ПДС	СПНС
02.10.2012	7:00	18,5	89	1,3	4,83	766,5	ПДС	СПДС

02.10.2012	8:00	18,9	88	0,9	3,22	766,4	СПДС	С
02.10.2012	9:00	19,6	84	1,3	4,83	766,6	С	С
02.10.2012	10:00	20,2	84	1,8	6,44	766,7	СПДС	СПДС
02.10.2012	11:00	20,8	81	1,8	6,44	766,7	С	С
02.10.2012	0:00	21,2	79	1,8	6,44	766,5	С	С
02.10.2012	13:00	21,4	78	1,8	6,44	766,1	С	СПНС
02.10.2012	14:00	21	78	1,3	4,83	765,5	С	С
02.10.2012	15:00	21,1	77	1,3	4,83	765,1	С	С
02.10.2012	16:00	21,9	68	0,9	3,22	764,7	СПНС	СПНС
02.10.2012	17:00	22,1	65	0,9	3,22	764,4	С	СПНС
02.10.2012	18:00	21,9	59	0	0	764,2	С	С
02.10.2012	19:00	21,6	58	0	0	763,9	С	С
02.10.2012	20:00	21,2	65	0	0	763,8	С	С
02.10.2012	21:00	20,3	81	0	0	763,9	С	С
02.10.2012	22:00	21,1	73	0,9	3,22	764	ПДС	СПДС
02.10.2012	23:00	20,2	79	0,9	3,22	763,9	ПДС	СПДС
03.10.2012	0:00	19,8	81	1,3	4,83	763,8	ПДС	СПДС
03.10.2012	1:00	19,5	85	0,9	3,22	763,3	ПДС	С
03.10.2012	2:00	19,3	86	0,9	3,22	763,3	ПДС	ПДС
03.10.2012	3:00	19,2	86	0,9	3,22	762,9	ПДС	СПДС
03.10.2012	4:00	18,6	88	0,9	3,22	762,7	ПДС	СПНС
03.10.2012	5:00	18,4	86	0,9	3,22	762,4	ПДС	СПДС
03.10.2012	6:00	18,4	88	0,9	3,22	762,2	С	СПНС
03.10.2012	7:00	18,2	89	0,9	3,22	762,3	С	СПНС
03.10.2012	8:00	18,6	86	1,3	4,83	762,2	С	СПДС
03.10.2012	9:00	18,9	85	0,9	3,22	762,3	С	СПНС
03.10.2012	10:00	18,9	86	1,3	4,83	762,2	С	СПНС
03.10.2012	11:00	19,6	83	1,3	4,83	761,9	СПДС	С
03.10.2012	0:00	20	83	1,3	4,83	761,7	С	С
03.10.2012	13:00	19,8	84	0,9	3,22	761,4	СПДС	СПДС
03.10.2012	14:00	20,4	82	0,9	3,22	761	С	СПНС
03.10.2012	15:00	20,1	84	0,4	1,61	760,8	С	СПНС
03.10.2012	16:00	20,1	83	0,9	3,22	760,7	С	С
03.10.2012	17:00	20,6	82	0,4	1,61	760,2	С	С
03.10.2012	18:00	21,1	77	0,4	1,61	759,9	С	СПНС
03.10.2012	19:00	21,2	72	0	0	759,8	З	З
03.10.2012	20:00	20,7	74	0	0	759,8	штиль	штиль
03.10.2012	21:00	20,5	75	0	0	759,9	ЗПДЗ	ЗПДЗ
03.10.2012	22:00	20,2	76	0	0	759,9	З	ЗПДЗ
03.10.2012	23:00	19,4	80	0	0	759,8	ЗПНЗ	ЗПНЗ
04.10.2012	0:00	19,6	81	0	0	759,9	ПДПДС	ПД
04.10.2012	1:00	19,1	83	0	0	759,5	штиль	штиль
04.10.2012	2:00	19	83	0	0	759,3	СПДС	СПДС

04.10.2012	3:00	18,8	82	0	0	759,2	ПН	ПН
04.10.2012	4:00	18,5	75	0,9	3,22	758,9	ПНПНС	ПН
04.10.2012	5:00	18	74	0,9	3,22	758,9	ПНПНС	ПНПНС
04.10.2012	6:00	17,7	74	0,9	3,22	758,9	ПНПНС	ПН
04.10.2012	7:00	17,6	70	0,9	3,22	758,9	ПНПНС	ПНПНС
04.10.2012	8:00	17,6	68	1,3	4,83	759,1	ПНПНС	ПНПНС
04.10.2012	9:00	17,8	68	0,9	3,22	759,2	ПНС	СПНС
04.10.2012	10:00	18	67	1,8	6,44	759,4	ПНС	С
04.10.2012	11:00	19,2	63	1,3	4,83	759,4	СПНС	ПНПНС
04.10.2012	0:00	21,1	60	1,3	4,83	759,4	ПНС	ПНПНС
04.10.2012	13:00	21,6	62	1,3	4,83	759,3	СПНС	С
04.10.2012	14:00	21,1	64	0,4	1,61	759,2	С	С
04.10.2012	15:00	21,8	61	0,4	1,61	758,9	С	СПНС
04.10.2012	16:00	22,2	60	0,4	1,61	758,7	С	С
04.10.2012	17:00	22	62	0,4	1,61	758,6	С	СПНС
04.10.2012	18:00	21,1	61	0	0	758,5	СПДС	ПДС
04.10.2012	19:00	20,8	62	0	0	758,7	ПН	ПН
04.10.2012	20:00	20,6	62	0	0	758,9	ПН	ПН
04.10.2012	21:00	20	62	0	0	758,9	ПН	ПНПНС
04.10.2012	22:00	19,3	66	0	0	758,9	ПНС	ПНС
04.10.2012	23:00	18,3	70	0	0	759	ПНС	ПНС
05.10.2012	0:00	17,9	69	0	0	758,9	ПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	1:00	17,7	67	0	0	758,8	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	2:00	17,2	68	0,4	1,61	758,9	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	3:00	15,7	78	0,9	3,22	758,7	ЗПНЗ	З
05.10.2012	4:00	15,8	83	0,9	3,22	758,6	ЗПНЗ	З
05.10.2012	5:00	15,5	86	0,9	3,22	758,9	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	6:00	14,8	87	0,9	3,22	759,1	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	7:00	14,1	89	0,9	3,22	759,1	ЗПНЗ	ЗПДЗ
05.10.2012	8:00	14,6	87	0,4	1,61	759,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	9:00	16,2	83	0,9	3,22	759,6	ПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	10:00	18,3	76	1,3	4,83	760	ПНЗ	ПНЗ
05.10.2012	11:00	19,2	72	2,2	8,05	760,2	ПНЗ	ПНЗ
05.10.2012	0:00	19,9	69	1,8	6,44	760,6	ПНПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	13:00	21,1	63	1,8	6,44	760,7	ПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	14:00	21,6	53	2,2	8,05	760,7	ПНПНЗ	ПНЗ
05.10.2012	15:00	22,7	49	2,2	8,05	760,9	ПНЗ	ПНЗ
05.10.2012	16:00	23	45	1,8	6,44	761,1	ПНПНЗ	ПНЗ
05.10.2012	17:00	22,9	47	1,3	4,83	761,2	ПНЗ	ЗПДЗ
05.10.2012	18:00	22,1	49	0,4	1,61	761,5	ПНЗ	ПНПНЗ
05.10.2012	19:00	21,2	49	0,4	1,61	762,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	20:00	20,4	53	0,4	1,61	762,6	ПНЗ	ЗПНЗ
05.10.2012	21:00	19,4	59	0,4	1,61	763,1	ПНЗ	ПНЗ

05.10.2012	22:00	18,4	59	0,4	1,61	763,4	ПНПНЗ	ПН
05.10.2012	23:00	17,6	63	0,4	1,61	763,8	ПН	ПН
06.10.2012	0:00	17,1	63	0,4	1,61	764,1	ПН	ЗПНЗ
06.10.2012	1:00	16,3	64	0,9	3,22	764,4	ПН	ПН
06.10.2012	2:00	15,9	66	0,4	1,61	764,5	ПНПНЗ	ПНПНС
06.10.2012	3:00	15,4	68	0,4	1,61	764,8	ПНС	ПНС
06.10.2012	4:00	14,9	70	0	0	764,7	ПНС	ПНС
06.10.2012	5:00	14,4	76	0	0	764,7	СПНС	ПНС
06.10.2012	6:00	15,1	76	0	0	764,9	СПДС	С
06.10.2012	7:00	15,7	79	0	0	764,9	СПДС	ПДС
06.10.2012	8:00	16,9	75	0	0	765,2	ПДПДС	СПДС
06.10.2012	9:00	18,6	74	0,4	1,61	765,2	ПД	ПДЗ
06.10.2012	10:00	19,4	74	1,8	6,44	765,4	ПДПДЗ	ПДПДС
06.10.2012	11:00	20,2	73	2,2	8,05	765,4	ПДПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	0:00	21	75	2,2	8,05	765,1	ПДПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	13:00	21,1	77	2,7	9,66	764,6	ПДПДС	ПДС
06.10.2012	14:00	22,3	68	2,7	9,66	764,3	ПДПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	15:00	22,6	69	2,7	9,66	763,9	ПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	16:00	22,1	75	2,2	8,05	763,5	ПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	17:00	21,1	79	2,2	8,05	763,3	ПДПДЗ	ПД
06.10.2012	18:00	20,8	80	0,9	3,22	763,3	ПДЗ	ПД
06.10.2012	19:00	20,2	83	0,9	3,22	763,5	ПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	20:00	19,7	88	1,3	4,83	763,5	ПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	21:00	19,3	89	0,9	3,22	763,4	ПДЗ	ПДЗ
06.10.2012	22:00	18,9	89	1,3	4,83	763,3	ПДЗ	ПДС
06.10.2012	23:00	18,7	84	1,8	6,44	763,1	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	0:00	18,2	88	1,8	6,44	762,8	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	1:00	18	91	2,2	8,05	762,4	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	2:00	18	91	2,2	8,05	762,3	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	3:00	17,9	90	2,2	8,05	761,9	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	4:00	17,8	90	2,2	8,05	761,6	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	5:00	17,9	89	2,2	8,05	761,4	ПДЗ	ПД
07.10.2012	6:00	18	87	2,7	9,66	761,1	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	7:00	17,2	90	2,2	8,05	761,1	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	8:00	17,7	85	2,7	9,66	761,2	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	9:00	19,1	79	3,1	11,27	761,3	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	10:00	21,1	68	3,1	11,27	761,2	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	11:00	22,2	64	3,6	12,87	761	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	0:00	22,8	68	3,6	12,87	760,6	ПДЗ	ЗПДЗ
07.10.2012	13:00	22,6	66	3,6	12,87	760,1	ПДЗ	ПД
07.10.2012	14:00	22,8	63	3,1	11,27	759,6	ПДПДЗ	ПД
07.10.2012	15:00	22,3	64	3,1	11,27	759,2	ПДЗ	ПДПДЗ
07.10.2012	16:00	21,4	72	3,6	12,87	758,6	ПДЗ	ПДЗ

07.10.2012	17:00	20,8	76	3,1	11,27	758,2	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	18:00	19,8	80	3,1	11,27	758	ПДЗ	ПДПДЗ
07.10.2012	19:00	19,4	82	2,7	9,66	757,8	ПДПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	20:00	19,4	85	2,2	8,05	757,7	ПДПДЗ	ПДПДЗ
07.10.2012	21:00	19,4	85	2,2	8,05	757,4	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	22:00	19,3	85	2,2	8,05	757,1	ПДЗ	ПДЗ
07.10.2012	23:00	19,1	85	1,8	6,44	756,7	ПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	0:00	19	85	1,8	6,44	756,2	ПДПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	1:00	19	84	2,2	8,05	755,6	ПДПДЗ	ПДПДЗ
08.10.2012	2:00	18,9	84	2,2	8,05	755,2	ПДПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	3:00	18,8	84	2,2	8,05	754,4	ПДПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	4:00	18,8	85	2,2	8,05	753,8	ПДЗ	ПДПДЗ
08.10.2012	5:00	18,8	85	2,7	9,66	753,3	ПДПДЗ	ПДПДЗ
08.10.2012	6:00	18,8	87	2,7	9,66	752,7	ПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	7:00	18,9	87	2,7	9,66	752,1	ПДЗ	ПДПДС
08.10.2012	8:00	19,2	88	2,7	9,66	751,9	ПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	9:00	19,7	88	2,7	9,66	751,6	ПДЗ	ПДЗ
08.10.2012	10:00	20,1	77	2,7	9,66	751,5	ПДЗ	ПДПДЗ
08.10.2012	11:00	18,6	78	2,2	8,05	751,6	З	ЗПНЗ
08.10.2012	0:00	14,7	76	3,6	12,87	752,3	ЗПНЗ	ПНЗ
08.10.2012	13:00	13,7	75	4	14,48	752,8	ЗПНЗ	З
08.10.2012	14:00	12,9	71	4	14,48	753,4	ПНЗ	ПНПНЗ
08.10.2012	15:00	11,6	79	4	14,48	754,4	ПНЗ	ЗПНЗ
08.10.2012	16:00	11,2	74	3,6	12,87	754,9	ПНЗ	ПНЗ
08.10.2012	17:00	11,3	71	3,1	11,27	755,5	ПНЗ	ЗПНЗ
08.10.2012	18:00	11,4	69	3,6	12,87	756,1	ПНЗ	ПН
08.10.2012	19:00	10,2	81	3,1	11,27	757	ПНЗ	ЗПНЗ
08.10.2012	20:00	10,2	82	2,7	9,66	757,6	ПНЗ	ЗПНЗ
08.10.2012	21:00	10	78	3,1	11,27	758	ПНЗ	ПДЗ
08.10.2012	22:00	9,7	79	2,7	9,66	758,1	ПНЗ	ПНЗ
08.10.2012	23:00	9,8	73	2,7	9,66	758	ПНЗ	З
09.10.2012	0:00	9,3	77	2,2	8,05	758,2	ПНЗ	ПНЗ
09.10.2012	1:00	8,4	79	2,2	8,05	758,5	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	2:00	7,6	80	2,7	9,66	759	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	3:00	7,2	81	2,2	8,05	759,1	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	4:00	7,1	83	2,2	8,05	759,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	5:00	6,8	84	2,2	8,05	759,4	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	6:00	6,9	84	2,7	9,66	759,5	ПНЗ	ПНПНЗ
09.10.2012	7:00	6,7	85	2,2	8,05	759,5	ЗПНЗ	ПНЗ
09.10.2012	8:00	7,1	85	1,8	6,44	759,9	ЗПНЗ	ПНПНЗ
09.10.2012	9:00	8,4	81	2,2	8,05	760,3	З	ПНЗ
09.10.2012	10:00	9,8	77	2,2	8,05	760,4	З	ЗПНЗ
09.10.2012	11:00	11,6	70	1,8	6,44	760,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ

09.10.2012	0:00	12,6	62	2,2	8,05	760,1	ЗПНЗ	З
09.10.2012	13:00	13,4	50	1,8	6,44	759,8	ПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	14:00	13,8	45	1,8	6,44	759,6	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	15:00	14,1	43	2,7	9,66	759,5	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	16:00	14,1	44	2,2	8,05	759,4	ЗПНЗ	ЗПНЗ
09.10.2012	17:00	14,3	44	1,3	4,83	759,2	ПНЗ	ПНЗ
09.10.2012	18:00	13,7	44	1,8	6,44	759,3	З	ЗПНЗ
09.10.2012	19:00	12,4	52	0	0	759,4	ЗПНЗ	ПНЗ
09.10.2012	20:00	11,2	59	0	0	759,3	штиль	штиль
09.10.2012	21:00	10,9	59	0	0	759,2	ПДЗ	ПДПДЗ
09.10.2012	22:00	10,8	59	0,4	1,61	759	ПДЗ	ПДЗ
09.10.2012	23:00	10,9	59	1,3	4,83	758,9	ПДПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	0:00	10,9	67	1,3	4,83	758,6	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	1:00	11,6	69	0,9	3,22	758,3	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	2:00	12,5	66	1,3	4,83	757,9	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	3:00	11,9	72	1,8	6,44	757,7	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	4:00	11	76	2,2	8,05	757,5	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	5:00	10,4	79	1,8	6,44	757,3	ЗПДЗ	ЗПДЗ
10.10.2012	6:00	9,8	80	2,2	8,05	757,4	ПДЗ	ПД
10.10.2012	7:00	9,3	77	1,8	6,44	757,4	ПДЗ	ЗПДЗ
10.10.2012	8:00	9	74	1,8	6,44	757,9	З	ЗПНЗ
10.10.2012	9:00	10,2	65	1,8	6,44	758,3	ЗПНЗ	ЗПДЗ
10.10.2012	10:00	11,8	58	1,3	4,83	758,6	ЗПНЗ	ПНЗ
10.10.2012	11:00	14,1	52	1,3	4,83	758,9	ПНЗ	З
10.10.2012	0:00	15,7	52	1,3	4,83	759	ПН	ПНПНЗ
10.10.2012	13:00	16,4	44	1,3	4,83	758,7	ПНПНС	ЗПНЗ
10.10.2012	14:00	17,2	42	1,3	4,83	758,7	ПН	СПНС
10.10.2012	15:00	17,7	43	0,9	3,22	758,8	ПН	ЗПНЗ
10.10.2012	16:00	17,6	44	0,9	3,22	758,8	С	СПНС
10.10.2012	17:00	16,8	53	1,3	4,83	759	ПДС	ПД
10.10.2012	18:00	15,3	61	1,3	4,83	759,2	ПДПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	19:00	14,6	65	1,3	4,83	759,5	ПДПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	20:00	14,1	66	0,9	3,22	759,7	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	21:00	13,8	67	0	0	760	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	22:00	13,6	69	0	0	760,1	ПДЗ	ПДЗ
10.10.2012	23:00	13,2	71	0	0	760	ПДЗ	ПДЗ
11.10.2012	0:00	12,3	74	0	0	759,9	ПДЗ	ПДЗ
11.10.2012	1:00	12,6	74	0	0	759,8	ПДЗ	ПДЗ
11.10.2012	2:00	13,2	79	0	0	759,7	ПДПДС	ПДПДС
11.10.2012	3:00	15	61	0,9	3,22	759,4	ПДПДС	ПДС
11.10.2012	4:00	15,4	67	1,3	4,83	759,2	ПДПДС	ПДПДС
11.10.2012	5:00	14,7	73	0,4	1,61	759,1	ПД	ПДПДЗ
11.10.2012	6:00	15,8	73	0,9	3,22	759	ПДПДС	ПДС

11.10.2012	7:00	15,9	79	1,3	4,83	758,9	ПДПДС	СПДС
11.10.2012	8:00	14,6	90	1,3	4,83	759	ПДПДЗ	ПДЗ
11.10.2012	9:00	14,8	87	0,9	3,22	759,2	ПД	ПД
11.10.2012	10:00	14,4	89	1,3	4,83	759,4	ПДПДЗ	ПДПДЗ
11.10.2012	11:00	14,3	92	0,4	1,61	759,5	ПД	ПДС
11.10.2012	0:00	15,4	90	0,9	3,22	759,2	ПДПДС	ПДС
11.10.2012	13:00	16,2	84	1,8	6,44	758,8	ПДПДС	ПДС
11.10.2012	14:00	15,6	86	0,9	3,22	758,5	ПДС	ПДПДС
11.10.2012	15:00	16,5	82	1,3	4,83	758,3	ПДПДС	ПДПДС
11.10.2012	16:00	15,9	83	1,8	6,44	758,1	ПДС	ПДС
11.10.2012	17:00	15,9	83	1,3	4,83	758,4	ПДПДС	ПДПДС
11.10.2012	18:00	13,6	87	0,9	3,22	758,6	СПНС	С
11.10.2012	19:00	13,1	92	0,9	3,22	758,8	С	СПНС
11.10.2012	20:00	13,2	91	0,9	3,22	758,8	СПНС	СПНС
11.10.2012	21:00	13,2	90	0,4	1,61	759	СПНС	СПНС
11.10.2012	22:00	12,6	90	0	0	759,3	ПНЗ	ПНЗ
11.10.2012	23:00	12,6	92	0,4	1,61	759,5	ЗПНЗ	ЗПНЗ
12.10.2012	0:00	11,6	85	0,9	3,22	759,4	ЗПНЗ	ЗПНЗ
12.10.2012	1:00	10,8	87	1,3	4,83	759,7	ПНЗ	ЗПНЗ
12.10.2012	2:00	9,9	88	0,9	3,22	759,8	ПНЗ	ЗПНЗ
12.10.2012	3:00	8,7	89	1,3	4,83	760	ПНЗ	ПНЗ
12.10.2012	4:00	8,2	90	1,3	4,83	760,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
12.10.2012	5:00	7,5	91	0,9	3,22	760,7	ЗПНЗ	ПНЗ
12.10.2012	6:00	7,1	91	1,3	4,83	761	ПНПНЗ	ПНЗ
12.10.2012	7:00	6,7	86	2,2	8,05	761,3	ПНПНЗ	ПНЗ
12.10.2012	8:00	6	88	2,2	8,05	761,7	ПН	ПН
12.10.2012	9:00	7	85	1,3	4,83	762,1	ПН	ПНПНС
12.10.2012	10:00	7,8	83	0,9	3,22	762,5	ПН	ПН
12.10.2012	11:00	10,3	72	0,4	1,61	762,8	ПН	ПНПНС
12.10.2012	0:00	11,9	65	0,4	1,61	762,8	ПНПНС	С
12.10.2012	13:00	12,6	62	0,9	3,22	763	С	СПНС
12.10.2012	14:00	13,4	61	0,9	3,22	762,8	С	С
12.10.2012	15:00	13,6	63	0,9	3,22	762,9	С	СПНС
12.10.2012	16:00	13,9	61	0,9	3,22	762,9	С	СПНС
12.10.2012	17:00	13,5	57	0,9	3,22	763,3	ПДПДС	ПДЗ
12.10.2012	18:00	12,8	60	0,4	1,61	763,3	ПД	ПД
12.10.2012	19:00	12,9	62	0,4	1,61	763,6	ПДПДЗ	ПДЗ
12.10.2012	20:00	12,9	66	0,4	1,61	763,8	ПДЗ	ПДЗ
12.10.2012	21:00	12,8	68	0	0	763,9	ПДПДЗ	ПДЗ
12.10.2012	22:00	12,5	67	0	0	764,1	ПДЗ	ПДПДЗ
12.10.2012	23:00	12,4	70	0	0	764,2	штиль	штиль
13.10.2012	0:00	12,8	69	0	0	764,2	ПДЗ	ПДЗ
13.10.2012	1:00	11,4	82	0,4	1,61	764,1	ПНПНС	ПНПНС

13.10.2012	2:00	11,8	82	0,4	1,61	764,2	ПНПНС	СПНС
13.10.2012	3:00	13,2	81	0,9	3,22	764,1	ПНПНС	СПНС
13.10.2012	4:00	13,7	72	1,3	4,83	764	С	СПДС
13.10.2012	5:00	13,8	76	1,3	4,83	763,9	СПДС	СПДС
13.10.2012	6:00	13,9	68	1,8	6,44	764	ПДС	ПДС
13.10.2012	7:00	13,7	70	2,2	8,05	763,9	ПДС	ПДС
13.10.2012	8:00	13,7	72	2,2	8,05	764,1	ПДС	ПДС
13.10.2012	9:00	12,5	85	1,8	6,44	764,1	ПДС	ПДС
13.10.2012	10:00	13,1	88	1,8	6,44	764,1	СПДС	ПДС
13.10.2012	11:00	12,9	89	2,2	8,05	764	ПДС	СПДС
13.10.2012	0:00	12,1	89	2,2	8,05	763,9	ПДС	СПДС
13.10.2012	13:00	11,9	91	2,7	9,66	763,7	ПДС	СПНС
13.10.2012	14:00	12,3	91	2,2	8,05	763,4	ПДС	С
13.10.2012	15:00	12,6	90	2,2	8,05	763,1	ПДС	СПДС
13.10.2012	16:00	12,7	91	2,7	9,66	762,5	СПДС	ПДПДС
13.10.2012	17:00	13	91	2,7	9,66	762	ПДС	ПДС
13.10.2012	18:00	13,3	92	3,1	11,27	761,4	ПДС	СПДС
13.10.2012	19:00	13,6	93	3,1	11,27	761,5	ПДС	ПДС
13.10.2012	20:00	13,2	93	2,7	9,66	761,2	ПДС	СПДС
13.10.2012	21:00	13,4	93	2,7	9,66	760,9	ПДС	ПДПДС
13.10.2012	22:00	13,3	94	2,7	9,66	760,6	ПДС	СПНС
13.10.2012	23:00	13,7	94	2,7	9,66	760,1	ПДС	ПДС
14.10.2012	0:00	15,3	95	2,7	9,66	759,4	ПДС	ПДС
14.10.2012	1:00	16,1	96	2,2	8,05	759,2	ПДС	СПДС
14.10.2012	2:00	16,9	96	0,4	1,61	758,9	ПДЗ	ПДЗ
14.10.2012	3:00	16,6	96	0,4	1,61	758,8	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	4:00	15,8	96	1,8	6,44	758,8	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	5:00	13,9	96	2,2	8,05	758,9	ЗПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	6:00	13,3	97	1,8	6,44	759	ПДЗ	ПДЗ
14.10.2012	7:00	12,8	97	1,8	6,44	759,2	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	8:00	12,2	97	0,9	3,22	759,7	З	ЗПДЗ
14.10.2012	9:00	11,8	97	1,3	4,83	760	ПДЗ	ПДЗ
14.10.2012	10:00	11,7	97	1,8	6,44	760,1	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	11:00	12,1	97	0,9	3,22	760	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	0:00	12,3	96	0,9	3,22	760,1	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	13:00	12,4	95	1,3	4,83	759,9	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	14:00	12,7	94	1,3	4,83	759,9	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	15:00	13,2	91	0,9	3,22	759,8	ПДЗ	ЗПДЗ
14.10.2012	16:00	14	91	0,4	1,61	759,7	ПДЗ	З
14.10.2012	17:00	13,8	92	0,4	1,61	759,4	СПДС	СПНС
14.10.2012	18:00	13,7	92	0	0	759,5	ПД	ПДС
14.10.2012	19:00	13,7	93	0	0	759,5	З	З
14.10.2012	20:00	13,8	94	0	0	759,7	ПН	ПНЗ

14.10.2012	21:00	13,8	95	0,4	1,61	759,5	СПНС	С
14.10.2012	22:00	14	95	0,4	1,61	759,3	СПНС	С
14.10.2012	23:00	14,4	96	0,4	1,61	759,3	С	СПНС
15.10.2012	0:00	14,7	96	0,4	1,61	759,3	С	СПНС
15.10.2012	1:00	14,7	96	0,4	1,61	759,2	С	С
15.10.2012	2:00	14,7	96	0	0	759,2	С	С
15.10.2012	3:00	16,2	98	0	0	758,7	ПД	ПДПДЗ
15.10.2012	4:00	16,9	98	0,4	1,61	758,5	ПДПДЗ	ПДПДС
15.10.2012	5:00	17,6	98	0,4	1,61	758,5	ПД	ПДПДС
15.10.2012	6:00	17,8	98	0,9	3,22	758,5	ПДПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	7:00	17,8	98	0,4	1,61	758,7	ПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	8:00	17,4	97	0,9	3,22	759,1	ПДЗ	ЗПДЗ
15.10.2012	9:00	17,1	98	0,4	1,61	759,7	ПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	10:00	17,4	97	0,9	3,22	759,8	ЗПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	11:00	16,4	96	0,9	3,22	760,1	ЗПНЗ	ПДЗ
15.10.2012	0:00	16,3	95	0,9	3,22	760,4	ЗПНЗ	ПНПНЗ
15.10.2012	13:00	17,7	88	0,9	3,22	760,3	ЗПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	14:00	19,6	78	0,9	3,22	760,2	ПДЗ	ПДЗ
15.10.2012	15:00	20,4	79	0,4	1,61	760,5	ПДЗ	ПДПДЗ
15.10.2012	16:00	18,9	86	1,3	4,83	760,5	ПДПДС	ПДС
15.10.2012	17:00	18,3	88	0,9	3,22	760,6	ПДПДС	ПДПДС
15.10.2012	18:00	16,9	93	0,4	1,61	760,9	ПДПДС	ПД
15.10.2012	19:00	16,6	95	0	0	760,8	ПДС	ПДПДС
15.10.2012	20:00	16,6	96	0	0	761,2	ПДС	СПДС
15.10.2012	21:00	16,4	96	0	0	761,4	ПД	ПД
15.10.2012	22:00	16,8	97	0	0	761,6	ПДПДС	ПДПДС
15.10.2012	23:00	16,9	97	0	0	761,7	ПДПДС	ПДПДС
16.10.2012	0:00	17	97	0	0	761,7	С	СПНС
16.10.2012	1:00	16,7	98	0,4	1,61	761,9	СПНС	С
16.10.2012	2:00	16,9	98	0	0	762,2	С	С
16.10.2012	3:00	17,2	98	0	0	762,1	С	С
16.10.2012	4:00	17,8	98	0	0	762	ПД	ПДПДС
16.10.2012	5:00	17,7	98	0	0	762	ПДПДЗ	ПДЗ
16.10.2012	6:00	17,4	98	0	0	761,8	ПДПДЗ	ПДПДЗ
16.10.2012	7:00	17,2	98	0	0	761,9	С	ПДС
16.10.2012	8:00	17,2	98	0	0	762,3	ПДПДС	ПДПДС
16.10.2012	9:00	17,8	98	0,9	3,22	762,5	ПДПДС	ПДПДС
16.10.2012	10:00	17,8	99	0,4	1,61	762,5	ПДС	СПДС
16.10.2012	11:00	17,8	99	0,4	1,61	762,5	ПДС	ПДС
16.10.2012	0:00	18,3	99	0,4	1,61	762,5	ПДС	ПД
16.10.2012	13:00	18,5	99	0,9	3,22	762,4	ПДС	СПДС
16.10.2012	14:00	18,8	99	1,3	4,83	762,6	ПДПДС	ПДПДС
16.10.2012	15:00	19,3	98	0,9	3,22	762,5	ПДПДС	ПД

16.10.2012	16:00	19,4	95	0,9	3,22	761,9	ПДПДС	ПДПДС
16.10.2012	17:00	18,8	96	0,4	1,61	761,7	ПДС	ПДС
16.10.2012	18:00	18,7	97	0,4	1,61	761,8	ПДПДС	ПДС
16.10.2012	19:00	18,6	97	0,4	1,61	761,7	ПДПДС	ПДПДЗ
16.10.2012	20:00	18,3	97	0,9	3,22	761,6	ПДПДЗ	ПД
16.10.2012	21:00	18,3	98	0,9	3,22	761,4	ПДПДЗ	ПДЗ
16.10.2012	22:00	18,3	98	1,3	4,83	761,8	ПДПДЗ	ПДЗ
16.10.2012	23:00	18,3	97	1,8	6,44	762	ПДЗ	ЗПДЗ
17.10.2012	0:00	18,3	96	1,8	6,44	761,6	ПДПДЗ	ПД
17.10.2012	1:00	18,4	95	1,8	6,44	761,4	ПДЗ	ПД
17.10.2012	2:00	18,2	97	1,8	6,44	761	ПДПДЗ	ПДЗ
17.10.2012	3:00	17,9	98	1,3	4,83	760,8	ПДПДЗ	ПДЗ
17.10.2012	4:00	18,1	98	1,3	4,83	760,3	ПДПДС	ПДС
17.10.2012	5:00	18	99	1,8	6,44	760	ПДПДЗ	ПД
17.10.2012	6:00	18,2	99	2,2	8,05	759,7	ПДПДС	ПДПДС
17.10.2012	7:00	17,9	99	2,2	8,05	759,5	ПДПДС	СПДС
17.10.2012	8:00	18,2	98	1,8	6,44	759,3	ПДПДЗ	ПДПДЗ
17.10.2012	9:00	19,1	96	3,1	11,27	759,3	ПДПДЗ	ПДЗ
17.10.2012	10:00	20,1	92	2,2	8,05	759,6	ПДЗ	ПДЗ
17.10.2012	11:00	20,8	83	3,1	11,27	759,8	ЗПДЗ	ЗПДЗ
17.10.2012	0:00	21,3	76	2,7	9,66	760,4	ЗПНЗ	З
17.10.2012	13:00	21,4	53	3,1	11,27	760,9	ЗПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	14:00	21,5	52	3,6	12,87	761,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	15:00	21,3	50	2,7	9,66	761,7	ПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	16:00	21,3	46	2,2	8,05	762	ЗПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	17:00	20,4	45	1,8	6,44	762,3	ПНЗ	ПНЗ
17.10.2012	18:00	19,1	51	0,9	3,22	762,7	ПНЗ	ПНЗ
17.10.2012	19:00	17,7	58	0	0	763,1	ЗПНЗ	ПДЗ
17.10.2012	20:00	16,8	63	0	0	763,7	ЗПНЗ	ПНЗ
17.10.2012	21:00	16,4	65	0,4	1,61	764,5	ПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	22:00	15,3	67	0,9	3,22	765,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
17.10.2012	23:00	14,4	67	1,3	4,83	765,3	ПНЗ	ПНПНЗ
18.10.2012	0:00	14,4	64	1,8	6,44	765,8	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	1:00	13,1	67	2,2	8,05	766,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	2:00	12,3	66	1,8	6,44	766,4	З	ПНЗ
18.10.2012	3:00	11,5	69	1,3	4,83	766,5	З	ПНЗ
18.10.2012	4:00	11,2	71	1,3	4,83	766,5	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	5:00	11,2	71	1,8	6,44	766,6	ЗПНЗ	З
18.10.2012	6:00	10,9	73	1,8	6,44	766,7	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	7:00	11,2	72	1,8	6,44	766,8	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	8:00	10,9	73	2,7	9,66	767	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	9:00	11,8	70	3,1	11,27	767,2	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	10:00	12,7	64	2,7	9,66	767,3	ЗПНЗ	З

18.10.2012	11:00	13,9	57	2,7	9,66	767,2	ЗПНЗ	ПНПНЗ
18.10.2012	0:00	15,3	51	2,7	9,66	767,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	13:00	16,3	48	2,7	9,66	767	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	14:00	16,8	44	2,7	9,66	766,8	ЗПНЗ	ПНПНЗ
18.10.2012	15:00	17,4	42	2,2	8,05	766,9	ЗПНЗ	ПНПНЗ
18.10.2012	16:00	18,2	42	2,2	8,05	766,5	ЗПНЗ	З
18.10.2012	17:00	17,4	44	1,8	6,44	766,6	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	18:00	16,3	51	1,3	4,83	766,8	ПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	19:00	15,3	53	0,9	3,22	767,2	ЗПНЗ	ПНЗ
18.10.2012	20:00	14,4	57	0,9	3,22	767,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	21:00	13,6	60	0,9	3,22	767,6	ЗПНЗ	З
18.10.2012	22:00	12,9	62	0,4	1,61	767,9	ЗПНЗ	ЗПНЗ
18.10.2012	23:00	12,4	63	0,4	1,61	767,9	ЗПНЗ	З
19.10.2012	0:00	11,4	68	0,4	1,61	768	ЗПНЗ	ЗПНЗ
19.10.2012	1:00	11,3	68	0,4	1,61	768,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
19.10.2012	2:00	11,2	70	0,9	3,22	768,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
19.10.2012	3:00	10,8	70	0,9	3,22	768,4	ПН	ПНПНС
19.10.2012	4:00	10,1	72	0,9	3,22	768,2	ПН	ПН
19.10.2012	5:00	9,8	75	0,9	3,22	768,2	ПНПНЗ	ПНПНС
19.10.2012	6:00	9,8	77	0,9	3,22	768,1	ПНПНЗ	ПНЗ
19.10.2012	7:00	9,5	81	0,9	3,22	768,1	ПНПНЗ	ПН
19.10.2012	8:00	10,1	82	0,4	1,61	768,3	ПНПНЗ	ПНПНЗ
19.10.2012	9:00	11	82	0,4	1,61	768,5	ЗПНЗ	ПН
19.10.2012	10:00	12,4	80	0,4	1,61	768,5	ПНЗ	ПНЗ
19.10.2012	11:00	12,7	79	0,9	3,22	768,3	ПН	ЗПНЗ
19.10.2012	0:00	13,3	78	0,9	3,22	768,3	ПНПНЗ	ЗПНЗ
19.10.2012	13:00	14,3	75	0,9	3,22	768,1	ПН	ПНПНС
19.10.2012	14:00	15,2	68	1,3	4,83	767,8	ПН	ПНПНС
19.10.2012	15:00	15,2	68	1,3	4,83	767,7	ПН	С
19.10.2012	16:00	15,1	70	1,3	4,83	767,7	ПН	ПНС
19.10.2012	17:00	14,8	72	1,3	4,83	767,5	ПНС	С
19.10.2012	18:00	14,2	77	1,3	4,83	767,6	ПНПНС	СПНС
19.10.2012	19:00	13,8	80	1,3	4,83	767,8	ПН	ПНПНС
19.10.2012	20:00	13,3	83	1,3	4,83	767,7	ПНПНС	ПНС
19.10.2012	21:00	13,6	82	1,3	4,83	767,8	ПНПНС	ПН
19.10.2012	22:00	13,3	83	1,8	6,44	767,8	ПНПНС	С
19.10.2012	23:00	12,9	87	1,3	4,83	767,7	ПНС	ПНПНС
20.10.2012	0:00	12,8	89	1,3	4,83	767,7	ПНС	ПНПНС
20.10.2012	1:00	12,1	91	1,3	4,83	767,7	ПНС	С
20.10.2012	2:00	11,8	92	1,3	4,83	767,6	ПНС	СПНС
20.10.2012	3:00	11,9	91	0,9	3,22	767,4	ПН	ПНПНС
20.10.2012	4:00	11,8	91	0,9	3,22	767,3	ПНПНС	ПНПНС
20.10.2012	5:00	11,7	92	1,3	4,83	767,5	ПНС	ПНПНС

20.10.2012	6:00	11,4	92	0,9	3,22	767,3	ПНПНС	ПН
20.10.2012	7:00	11,3	93	1,3	4,83	767,2	ПНС	СПНС
20.10.2012	8:00	11,2	93	1,3	4,83	767,4	ПНС	СПНС
20.10.2012	9:00	11,7	93	1,3	4,83	767,8	ПНС	С
20.10.2012	10:00	11,7	95	1,8	6,44	768	СПНС	СПНС
20.10.2012	11:00	12,2	96	1,8	6,44	768	СПНС	С
20.10.2012	0:00	13,5	95	1,3	4,83	768	ПНС	ПН
20.10.2012	13:00	14,9	91	1,3	4,83	767,9	СПНС	С
20.10.2012	14:00	15,1	89	2,2	8,05	767,9	СПНС	С
20.10.2012	15:00	15,8	87	1,3	4,83	767,7	ПНС	СПНС
20.10.2012	16:00	16,8	85	0,9	3,22	767,6	ПНС	ПНПНС
20.10.2012	17:00	16,7	84	0,4	1,61	767,4	СПНС	СПНС
20.10.2012	18:00	16,8	84	0,4	1,61	767,6	ПНПНС	ПН
20.10.2012	19:00	16,4	88	0,4	1,61	768	ПНС	ПНПНС
20.10.2012	20:00	16,2	89	0,4	1,61	768,1	ПНС	ПНПНС
20.10.2012	21:00	15,8	89	0,9	3,22	768,1	ПНС	СПНС
20.10.2012	22:00	15,4	89	0,9	3,22	768,2	СПНС	СПДС
20.10.2012	23:00	14,6	91	0,4	1,61	768,2	СПНС	СПНС
21.10.2012	0:00	14,1	91	0	0	767,9	ПНС	ПН
21.10.2012	1:00	13,5	93	0	0	767,9	ПНС	ПНС
21.10.2012	2:00	13,2	95	0	0	767,7	ПНС	ПН
21.10.2012	3:00	12,5	94	0,4	1,61	767,3	ПНПНС	ПН
21.10.2012	4:00	12,1	94	0,9	3,22	767,3	ПНС	СПНС
21.10.2012	5:00	12	94	0,4	1,61	767,2	ПНС	ПНПНС
21.10.2012	6:00	11,8	93	0,9	3,22	767,1	ПНС	СПНС
21.10.2012	7:00	11,2	92	1,8	6,44	767,1	СПНС	СПНС
21.10.2012	8:00	11,6	92	1,8	6,44	767,1	СПНС	ПНС
21.10.2012	9:00	11,9	91	1,8	6,44	767,6	СПНС	СПНС
21.10.2012	10:00	13,3	86	1,8	6,44	767,6	СПНС	СПНС
21.10.2012	11:00	14,4	82	1,8	6,44	767,4	СПНС	С
21.10.2012	0:00	15,8	77	1,3	4,83	767,2	СПНС	С
21.10.2012	13:00	17	73	1,8	6,44	766,9	ПНС	ПНС
21.10.2012	14:00	18,3	71	1,3	4,83	766,6	СПНС	СПНС
21.10.2012	15:00	17,9	70	1,8	6,44	766,3	СПНС	С
21.10.2012	16:00	18,2	70	1,3	4,83	766	СПНС	СПНС
21.10.2012	17:00	17,5	71	0,9	3,22	765,8	СПНС	С
21.10.2012	18:00	16,8	76	0,4	1,61	765,9	СПНС	С
21.10.2012	19:00	16,5	77	0,4	1,61	766	ПНС	СПНС
21.10.2012	20:00	16,1	72	0,9	3,22	766,1	ПНПНС	ПНС
21.10.2012	21:00	15,3	73	1,3	4,83	765,9	ПНС	СПНС
21.10.2012	22:00	15,1	77	1,3	4,83	766,1	ПНС	СПНС
21.10.2012	23:00	14,9	79	1,8	6,44	766,2	СПНС	С
22.10.2012	0:00	14,6	84	1,8	6,44	766,1	СПНС	С

22.10.2012	1:00	14,1	87	1,3	4,83	766,2	СПНС	СПНС
22.10.2012	2:00	13,1	89	0,9	3,22	766,2	ПНС	С
22.10.2012	3:00	13,2	87	2,2	8,05	766,2	СПНС	СПНС
22.10.2012	4:00	13,3	86	1,8	6,44	765,9	С	С
22.10.2012	5:00	13,7	87	1,3	4,83	765,8	С	СПНС
22.10.2012	6:00	13,7	89	1,3	4,83	765,7	СПНС	СПНС
22.10.2012	7:00	12,9	89	1,3	4,83	765,8	ПНС	СПНС
22.10.2012	8:00	12,4	89	0,9	3,22	766	ПНС	ПНС
22.10.2012	9:00	12,3	86	0,9	3,22	766,1	ПНС	СПНС
22.10.2012	10:00	12,4	84	1,3	4,83	766	ПНС	СПНС
22.10.2012	11:00	14,2	81	1,3	4,83	766,1	СПНС	СПНС
22.10.2012	0:00	15,3	79	1,8	6,44	766	С	С
22.10.2012	13:00	16,4	74	1,3	4,83	765,5	С	ПНС
22.10.2012	14:00	16,4	74	1,3	4,83	765,3	С	СПНС
22.10.2012	15:00	17,2	69	0,9	3,22	765	С	СПНС
22.10.2012	16:00	17,8	66	0,4	1,61	764,8	С	СПНС
22.10.2012	17:00	17,4	66	0	0	764,7	СПДС	СПДС
22.10.2012	18:00	16,6	69	0	0	764,7	штиль	штиль
22.10.2012	19:00	15,8	74	0	0	764,8	ПН	ПН
22.10.2012	20:00	15,3	75	0,4	1,61	764,7	ПН	ПН
22.10.2012	21:00	14,8	72	0,4	1,61	764,6	ПН	ПНПНС
22.10.2012	22:00	14,4	73	0,4	1,61	764,9	ПНПНС	ПНС
22.10.2012	23:00	13,2	77	0	0	765	ПН	ПН
23.10.2012	0:00	12,4	78	0,4	1,61	765,1	ПНЗ	ПНЗ
23.10.2012	1:00	12,3	79	0,4	1,61	765	ПНПНЗ	ПН
23.10.2012	2:00	11,6	80	0,4	1,61	764,9	ПНПНЗ	ПНПНЗ
23.10.2012	3:00	11,1	79	0,4	1,61	764,7	ПНЗ	ПН
23.10.2012	4:00	10,6	79	0,4	1,61	764,7	ПНЗ	ПНПНС
23.10.2012	5:00	10,1	82	0	0	764,6	ПНПНЗ	ПНПНЗ
23.10.2012	6:00	9,8	83	0,4	1,61	764,4	ПНПНЗ	ПНЗ
23.10.2012	7:00	9,6	89	0,9	3,22	764,5	ПНПНЗ	ПНПНЗ
23.10.2012	8:00	9,2	87	1,8	6,44	764,8	ПНПНЗ	ПНПНЗ
23.10.2012	9:00	8,7	88	2,2	8,05	765,1	ПНПНЗ	ПНС
23.10.2012	10:00	7,9	91	1,8	6,44	765,2	ПНЗ	ПНС
23.10.2012	11:00	8,4	93	1,8	6,44	765,1	ПНЗ	ЗПНЗ
23.10.2012	0:00	9,1	92	1,8	6,44	765,2	ПН	ПНПНЗ
23.10.2012	13:00	10,1	91	1,3	4,83	765,2	ПНПНЗ	ПНЗ
23.10.2012	14:00	10,8	90	1,8	6,44	765	ПНПНЗ	ПНПНС
23.10.2012	15:00	11,7	86	1,3	4,83	764,8	ПНПНЗ	ПН
23.10.2012	16:00	12,1	86	1,3	4,83	764,4	ПН	ПНЗ
23.10.2012	17:00	12,3	84	1,3	4,83	764,2	ПН	З
23.10.2012	18:00	12,2	84	1,3	4,83	764,2	ПНЗ	ЗПНЗ
23.10.2012	19:00	11,6	81	1,3	4,83	764,3	ПН	ПНПНЗ

23.10.2012	20:00	11	82	1,3	4,83	764,2	ПН	ПН
23.10.2012	21:00	10,5	85	1,3	4,83	764,3	ПН	ПН
23.10.2012	22:00	11	87	1,3	4,83	764,3	ПН	ПНЗ
23.10.2012	23:00	11,4	87	1,8	6,44	764,1	ПН	ПНПНЗ
24.10.2012	0:00	11,4	87	1,8	6,44	763,9	ПН	ПНС
24.10.2012	1:00	11,4	87	1,8	6,44	763,7	ПН	ПН
24.10.2012	2:00	11,4	88	1,3	4,83	763,5	ПНПНЗ	ПН
24.10.2012	3:00	11,4	87	1,3	4,83	763,3	ПНПНЗ	ПНС
24.10.2012	4:00	11,5	87	0,9	3,22	763	ПНПНЗ	ПНПНС
24.10.2012	5:00	11,6	85	1,8	6,44	762,9	ПН	ПНПНЗ
24.10.2012	6:00	11,3	87	1,3	4,83	762,9	ПНПНЗ	ПНПНС
24.10.2012	7:00	11,3	87	1,3	4,83	762,7	ПН	ПН
24.10.2012	8:00	11,3	87	1,8	6,44	763	ПН	ПНЗ
24.10.2012	9:00	11,3	86	1,8	6,44	763,3	ПН	ПН
24.10.2012	10:00	11,8	75	1,8	6,44	763,4	ПН	ПН
24.10.2012	11:00	12,8	70	2,2	8,05	763,4	ПН	ПН
24.10.2012	0:00	12,8	70	2,2	8,05	763,5	ПН	ПН
24.10.2012	13:00	13,1	68	2,2	8,05	763,2	ПН	СПНС
24.10.2012	14:00	13,2	66	2,7	9,66	763,1	ПНПНС	ПНС
24.10.2012	15:00	13,8	63	2,2	8,05	762,9	ПН	ПНПНС
24.10.2012	16:00	14,1	59	1,8	6,44	762,9	ПН	ПН
24.10.2012	17:00	13,7	61	1,3	4,83	763,1	ПН	ПНС
24.10.2012	18:00	13,1	62	1,3	4,83	763,1	ПНПНС	ПНПНС
24.10.2012	19:00	12,5	68	0,9	3,22	763,3	ПНС	СПДС
24.10.2012	20:00	11,8	76	1,3	4,83	763,4	СПНС	СПНС
24.10.2012	21:00	10,8	80	1,8	6,44	763,6	СПНС	С
24.10.2012	22:00	10,2	80	1,3	4,83	763,8	СПНС	С
24.10.2012	23:00	10,2	80	0,9	3,22	763,5	СПНС	СПНС
25.10.2012	0:00	10,2	80	0,4	1,61	763,4	СПНС	СПНС
25.10.2012	1:00	10,2	79	0,4	1,61	763,5	СПНС	СПНС
25.10.2012	2:00	10,1	81	0	0	763,2	СПДС	С
25.10.2012	3:00	10,2	81	0	0	762,8	СПДС	ПДС
25.10.2012	4:00	10,2	83	0	0	762,5	С	СПНС
25.10.2012	5:00	10,2	82	0	0	762,3	С	С
25.10.2012	6:00	10	84	0	0	761,8	С	СПДС
25.10.2012	7:00	9,9	85	0	0	761,4	СПДС	СПДС
25.10.2012	8:00	9,8	87	0	0	761,5	ПНПНС	ПНПНС
25.10.2012	9:00	11,4	82	0	0	761,5	штиль	штиль
25.10.2012	10:00	12,5	79	0	0	761,4	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	11:00	12,9	66	0,9	3,22	761	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	0:00	12,9	63	1,3	4,83	760,8	ЗПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	13:00	13,3	61	1,3	4,83	760,2	ПДЗ	ЗПДЗ
25.10.2012	14:00	13,4	60	1,3	4,83	759,7	ПДЗ	ЗПДЗ

25.10.2012	15:00	13,7	56	1,3	4,83	759,2	ПДЗ	ПДПДЗ
25.10.2012	16:00	13,7	63	1,8	6,44	758,7	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	17:00	13,6	65	1,8	6,44	758,3	ПДЗ	ПД
25.10.2012	18:00	13,6	67	1,3	4,83	758	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	19:00	13,3	70	0,9	3,22	757,9	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	20:00	13,1	71	1,8	6,44	757,5	ПДЗ	ЗПДЗ
25.10.2012	21:00	13,1	76	2,7	9,66	756,8	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	22:00	12,8	78	3,1	11,27	757	ПДЗ	ПДЗ
25.10.2012	23:00	12,2	79	2,7	9,66	756,7	ПДЗ	ЗПДЗ
26.10.2012	0:00	12,4	80	2,2	8,05	756,2	ПДЗ	ЗПДЗ
26.10.2012	1:00	12,4	81	1,3	4,83	756	ПДЗ	ЗПДЗ
26.10.2012	2:00	13,2	82	2,2	8,05	755,2	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	3:00	13,6	84	2,7	9,66	754,6	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	4:00	13,1	87	2,2	8,05	754,3	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	5:00	12,7	86	2,2	8,05	753,8	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	6:00	12,6	82	3,1	11,27	753,4	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	7:00	11,8	81	3,1	11,27	753,3	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	8:00	11,2	82	3,1	11,27	753,8	ПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	9:00	10,8	82	1,8	6,44	754	ЗПДЗ	ПДЗ
26.10.2012	10:00	11,1	81	1,8	6,44	754,3	ЗПНЗ	ЗПНЗ
26.10.2012	11:00	12,8	75	1,8	6,44	754,6	ПНЗ	ЗПНЗ
26.10.2012	0:00	14,3	70	1,3	4,83	754,8	ПН	ПН
26.10.2012	13:00	15,4	60	1,8	6,44	754,8	ПН	ПНПНС
26.10.2012	14:00	16,3	56	1,3	4,83	754,8	ПН	ПН
26.10.2012	15:00	16,8	51	1,8	6,44	755	ПНЗ	З
26.10.2012	16:00	16,3	53	1,8	6,44	755,5	ПНЗ	ПНЗ
26.10.2012	17:00	15,4	56	1,3	4,83	756	ПН	ПНПНС
26.10.2012	18:00	14,8	57	1,3	4,83	756,7	ПН	ПНПНЗ
26.10.2012	19:00	14,3	57	0,9	3,22	757,4	ПНЗ	ЗПНЗ
26.10.2012	20:00	13,6	60	0,4	1,61	757,9	ПНЗ	ПНЗ
26.10.2012	21:00	12,4	65	0,9	3,22	758,7	ПН	ПН
26.10.2012	22:00	11,3	66	1,3	4,83	759,5	ПН	ПНПНС
26.10.2012	23:00	10,6	65	1,3	4,83	760	ПН	ПНС
27.10.2012	0:00	10,3	65	0,9	3,22	760	ПН	ПНПНС
27.10.2012	1:00	10,3	65	1,3	4,83	760,2	СПНС	С
27.10.2012	2:00	9,9	60	1,8	6,44	760,5	СПНС	С
27.10.2012	3:00	9,7	65	2,7	9,66	760,5	СПНС	С
27.10.2012	4:00	9,3	67	2,2	8,05	760,4	СПНС	СПНС
27.10.2012	5:00	9,4	68	2,2	8,05	760,2	С	СПНС
27.10.2012	6:00	9,9	70	1,8	6,44	760,2	СПДС	СПДС
27.10.2012	7:00	10,2	70	1,3	4,83	760	ПДС	ПДС
27.10.2012	8:00	10,6	67	1,8	6,44	760,2	ПДС	ПДС
27.10.2012	9:00	11,8	75	1,8	6,44	759,9	ПДС	СПДС

27.10.2012	10:00	12,9	82	2,2	8,05	759,3	ПДС	ПДПДС
27.10.2012	11:00	14,2	72	3,1	11,27	759,1	ПДПДС	ПДС
27.10.2012	0:00	14,7	70	3,6	12,87	758,3	ПДПДС	ПДПДС
27.10.2012	13:00	15,2	66	3,6	12,87	757,9	ПДПДС	С
27.10.2012	14:00	15,4	70	3,6	12,87	757,1	ПДС	ПДПДС
27.10.2012	15:00	15,4	74	3,6	12,87	756,1	ПДПДС	ПДС
27.10.2012	16:00	16,1	82	4	14,48	755,5	ПДПДС	ПДС
27.10.2012	17:00	15,9	82	3,1	11,27	754,8	ПДПДС	ПДС
27.10.2012	18:00	16,2	86	2,7	9,66	754,3	ПДС	ПДС
27.10.2012	19:00	16,3	89	3,1	11,27	754	ПДПДЗ	ПДПДЗ
27.10.2012	20:00	16,6	90	3,6	12,87	753,3	ПДС	ПДС
27.10.2012	21:00	16,8	90	3,6	12,87	753,2	ПДПДЗ	ПД
27.10.2012	22:00	16,8	90	4	14,48	753,3	ПДПДЗ	ПДПДЗ
27.10.2012	23:00	16,8	90	4,5	16,09	752,8	ПДПДЗ	ЗПДЗ
28.10.2012	0:00	16,7	91	4	14,48	752,3	ПДПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	1:00	16,9	89	4	14,48	752	ПДПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	2:00	17	88	3,6	12,87	751,4	ПДПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	3:00	17,3	87	4	14,48	751,1	ПДПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	4:00	17,5	87	4	14,48	750,6	ПДПДЗ	ПД
28.10.2012	5:00	17,7	87	3,6	12,87	750,4	ПДПДЗ	СПДС
28.10.2012	6:00	17,8	88	4,5	16,09	750,1	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	7:00	17,6	90	4	14,48	750	ПДЗ	ПД
28.10.2012	8:00	17,5	92	4	14,48	750,3	ПДЗ	ЗПДЗ
28.10.2012	9:00	17,7	92	4	14,48	750,4	ПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	10:00	17,8	92	3,6	12,87	750,7	ПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	11:00	18,4	90	3,1	11,27	750,9	ПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	0:00	18,7	90	3,6	12,87	751	ПДЗ	ЗПДЗ
28.10.2012	13:00	19,8	85	3,1	11,27	750,6	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	14:00	19,6	85	3,6	12,87	750,7	ПДЗ	ПД
28.10.2012	15:00	18,7	89	3,6	12,87	750,9	ПДЗ	ПДПДЗ
28.10.2012	16:00	18,9	88	3,6	12,87	750,5	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	17:00	18,3	89	3,6	12,87	750,5	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	18:00	18,1	90	3,1	11,27	750,9	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	19:00	17,8	91	2,2	8,05	751,5	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	20:00	17,4	93	2,7	9,66	751,8	ПДЗ	ЗПДЗ
28.10.2012	21:00	17,2	93	2,2	8,05	752,2	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	22:00	17,2	93	1,8	6,44	752,6	ПДЗ	ПДЗ
28.10.2012	23:00	17	94	0,9	3,22	752,9	ПДЗ	ПД
29.10.2012	0:00	16,6	95	0,4	1,61	752,9	ПДЗ	ПДЗ
29.10.2012	1:00	16,3	95	0,4	1,61	753,1	ЗПДЗ	ЗПДЗ
29.10.2012	2:00	13,5	89	1,3	4,83	753,7	ЗПНЗ	ПНС
29.10.2012	3:00	11,7	89	2,7	9,66	753,9	ПНПНЗ	ПНЗ
29.10.2012	4:00	10,9	92	2,7	9,66	754,2	ПН	ПНПНЗ

29.10.2012	5:00	10,4	90	2,7	9,66	754,4	ПНПНЗ	ПНПНЗ
29.10.2012	6:00	9,8	91	2,2	8,05	754,4	ПН	ПН
29.10.2012	7:00	9,3	91	2,7	9,66	754,9	ПН	ПН
29.10.2012	8:00	8,5	88	2,2	8,05	755	ПНПНЗ	ПНПНС
29.10.2012	9:00	8,8	88	2,2	8,05	754,9	ПН	ПН
29.10.2012	10:00	8,8	90	2,7	9,66	754,9	ПН	ПНПНС
29.10.2012	11:00	8,6	92	1,3	4,83	754,6	ПН	ПНПНЗ
29.10.2012	0:00	8,4	93	1,3	4,83	754,7	ПН	ПН
29.10.2012	13:00	7,9	95	1,3	4,83	754,4	ПНПНЗ	ПНПНЗ
29.10.2012	14:00	7,7	94	1,8	6,44	754,9	ПНЗ	ЗПНЗ
29.10.2012	15:00	7,8	94	1,8	6,44	754,9	ПНЗ	ПНЗ
29.10.2012	16:00	7,9	93	1,3	4,83	754,9	ПНЗ	ПНЗ
29.10.2012	17:00	7,6	92	1,8	6,44	754,7	ПН	ЗПНЗ
29.10.2012	18:00	7,3	91	1,8	6,44	754,8	ПН	ПНЗ
29.10.2012	19:00	7,4	91	1,8	6,44	755,3	ПН	ПНПНЗ
29.10.2012	20:00	7,5	90	0,4	1,61	755,5	ПН	ПН
29.10.2012	21:00	7,4	91	0,9	3,22	755	ПН	З
29.10.2012	22:00	7,4	92	0,4	1,61	755,3	ПНПНС	ПНПНС
29.10.2012	23:00	7,6	92	0,4	1,61	754,9	ПНПНС	ПН
30.10.2012	0:00	7,2	92	0,4	1,61	755	ПНПНЗ	ПНПНС
30.10.2012	1:00	6,9	95	0,4	1,61	754,7	ПНЗ	ПНЗ
30.10.2012	2:00	6,9	95	0,4	1,61	754	ПНПНС	С
30.10.2012	3:00	7,1	96	0,9	3,22	753,5	ПН	ПНПНС
30.10.2012	4:00	7,3	96	0,9	3,22	752,6	СПНС	С
30.10.2012	5:00	7,7	97	1,3	4,83	751,9	ПНС	СПНС
30.10.2012	6:00	8,6	97	1,3	4,83	751,2	СПНС	СПНС
30.10.2012	7:00	8,2	97	1,3	4,83	750,3	ПНС	СПНС
30.10.2012	8:00	7,6	97	1,3	4,83	750	ПН	ПН
30.10.2012	9:00	6,8	97	1,8	6,44	750,3	ПНПНЗ	ЗПНЗ
30.10.2012	10:00	6,9	96	1,8	6,44	750,6	ПНПНЗ	ПНПНЗ
30.10.2012	11:00	7,4	96	1,3	4,83	750,6	ПНЗ	ПНЗ
30.10.2012	0:00	7,2	96	1,3	4,83	750,9	ПНПНЗ	З
30.10.2012	13:00	8,6	91	1,3	4,83	750,6	ЗПНЗ	ЗПНЗ
30.10.2012	14:00	8,4	89	1,8	6,44	750,1	ПНЗ	ПНПНЗ
30.10.2012	15:00	7,7	91	1,8	6,44	750,5	ПНПНЗ	ЗПНЗ
30.10.2012	16:00	6,9	93	1,8	6,44	751,2	ПНЗ	З
30.10.2012	17:00	6,2	94	1,8	6,44	751,6	ПНЗ	ПНЗ
30.10.2012	18:00	5,5	95	2,2	8,05	752,7	ПНЗ	ЗПНЗ
30.10.2012	19:00	4,8	94	2,2	8,05	753,6	ПНЗ	ПНЗ
30.10.2012	20:00	4,5	93	2,7	9,66	754,9	ЗПНЗ	З
30.10.2012	21:00	4,3	93	2,2	8,05	756,1	ЗПНЗ	З
30.10.2012	22:00	4,8	92	1,3	4,83	756,9	ЗПНЗ	ЗПНЗ
30.10.2012	23:00	4,9	93	1,3	4,83	757,8	З	ПНЗ

31.10.2012	0:00	5,2	92	0,9	3,22	758,5	3	ЗПНЗ
31.10.2012	1:00	5,4	90	1,3	4,83	759,4	ПДЗ	ПДЗ
31.10.2012	2:00	5,4	90	1,3	4,83	759,7	ПДЗ	ЗПДЗ
31.10.2012	3:00	5,1	92	0,4	1,61	760,1	ПДЗ	ПДЗ
31.10.2012	4:00	5,4	89	1,3	4,83	760,2	ПДЗ	ПДЗ
31.10.2012	5:00	5,6	89	0,4	1,61	760,8	ПДЗ	ПДЗ
31.10.2012	6:00	5,8	90	0,4	1,61	761,1	ПДЗ	ПДЗ
31.10.2012	7:00	5,9	91	0,9	3,22	761,7	ПДЗ	ЗПДЗ
31.10.2012	8:00	6	90	0	0	762,2	ЗПНЗ	ПНЗ
31.10.2012	9:00	6,6	87	0	0	762,8	ЗПНЗ	ЗПНЗ
31.10.2012	10:00	7,7	85	0	0	763,2	ЗПНЗ	ЗПНЗ
31.10.2012	11:00	8,8	83	0,4	1,61	763,3	С	ПН
31.10.2012	0:00	9	83	0,9	3,22	763,4	СПНС	С
31.10.2012	13:00	9,4	81	0,9	3,22	763,5	С	С
31.10.2012	14:00	10,3	79	1,3	4,83	763,3	С	СПНС
31.10.2012	15:00	10,3	79	0,9	3,22	763,5	С	СПНС
31.10.2012	16:00	10,2	81	0,4	1,61	763,8	С	СПНС
31.10.2012	17:00	10,3	81	0,4	1,61	764	СПНС	С
31.10.2012	18:00	10,3	83	0,4	1,61	764,3	СПНС	СПНС
31.10.2012	19:00	10,4	84	1,3	4,83	764,5	СПНС	С
31.10.2012	20:00	10,3	83	1,3	4,83	764,7	ПНС	СПДС
31.10.2012	21:00	10,3	85	1,3	4,83	764,7	СПНС	СПНС
31.10.2012	22:00	10,5	84	1,3	4,83	765	СПНС	С
31.10.2012	23:00	10,2	87	1,3	4,83	765,1	СПНС	СПНС

Додаток Г

Рози вітрів за 2012 – 2014 роки

Таблиця Г.1 – Дані для побудови рози вітрів за жовтень 2012 року

Напрям вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	6	0,85
Пн	47	6,64
ПнПнС	41	5,79
ПнС	26	3,67
СПнС	77	10,88
С	64	9,04
СПдС	37	5,23
ПдС	39	5,51
ПдПдС	27	3,81
Пд	26	3,67
ПдПдЗ	26	3,67
ПдЗ	93	13,14
ЗПдЗ	41	5,79
З	19	2,68
ЗПнЗ	63	8,90
ПнЗ	50	7,06
ПнПнЗ	26	3,67

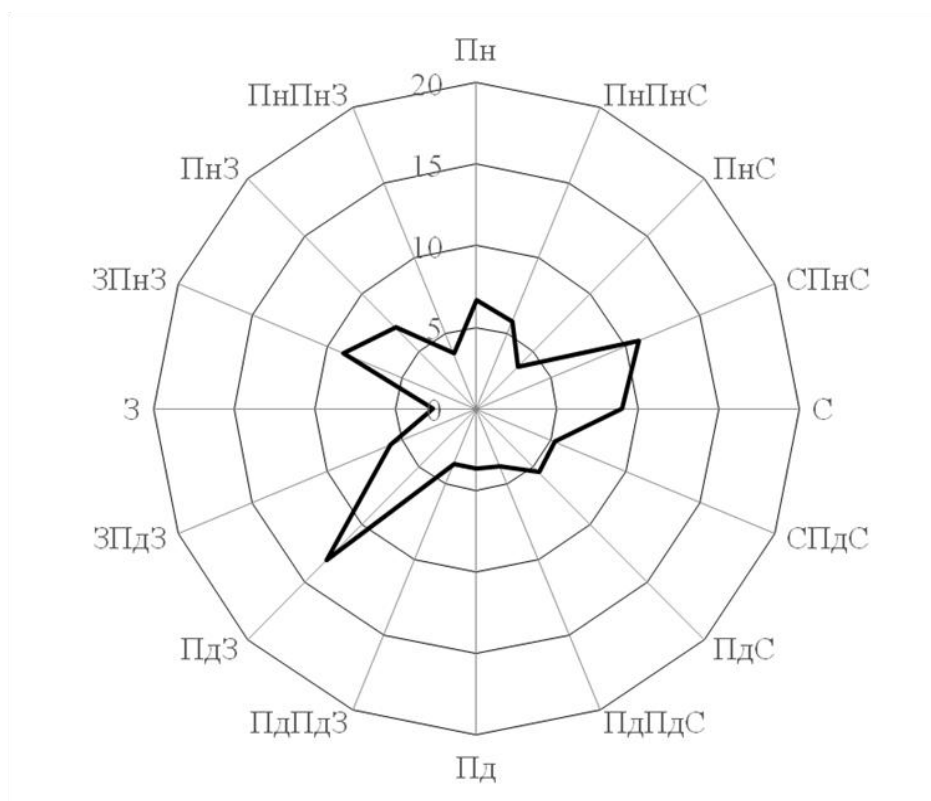


Рисунок Г.1 – Роза вітрів за жовтень 2012 року

Таблиця Г.2 – Дані для побудови рози вітрів за листопад 2012 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	9	1,27
Пн	75	10,59
ПнПнС	69	9,75
ПнС	62	8,76
СПнС	68	9,60
С	35	4,94
СПдС	18	2,54
ПдС	53	7,49
ПдПдС	24	3,39
Пд	13	1,84
ПдПдЗ	61	8,62
ПдЗ	101	14,27
ЗПдЗ	6	0,85
З	16	2,26
ЗПнЗ	41	5,79
ПнЗ	33	4,66
ПнПнЗ	24	3,39

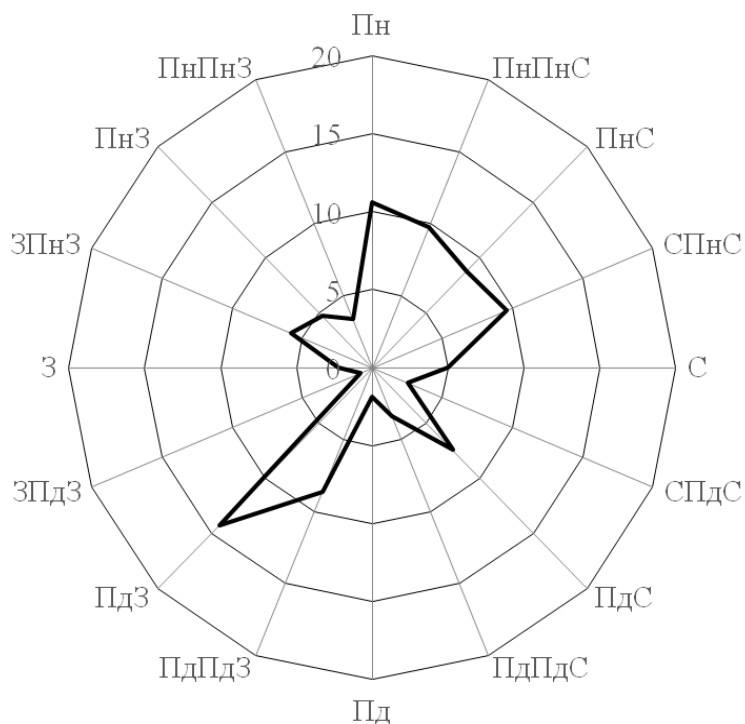


Рисунок Г.2 – Роза вітрів за листопад 2012 року

Таблиця Г.3 – Дані для побудови рози вітрів грудень за 2012 року

Напрям вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	78	11,02
ПнПнС	23	3,25
ПнС	33	4,66
СПнС	60	8,47
С	96	13,56
СПдС	71	10,03
ПдС	77	10,88
ПдПдС	6	0,85
Пд	2	0,28
ПдПдЗ	20	2,82
ПдЗ	61	8,62
ЗПдЗ	5	0,71
З	13	1,84
ЗПнЗ	42	5,93
ПнЗ	49	6,92
ПнПнЗ	71	10,03

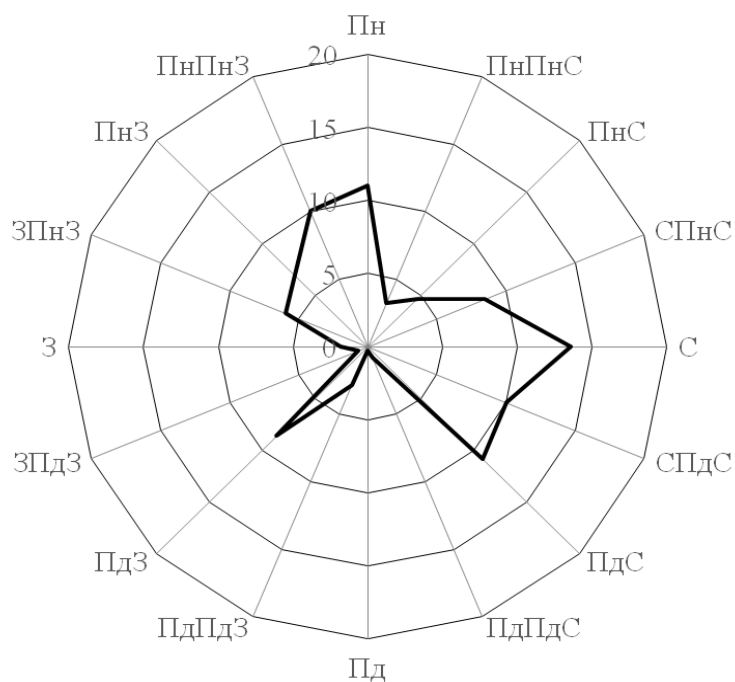


Рисунок Г.3 – Роза вітрів за грудень 2012 року

Таблиця Г.4 – Дані для побудови рози вітрів за січень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	0	0
Пн	64	9,04
ПнПнС	19	2,68
ПнС	23	3,25
СПнС	19	2,68
С	21	2,97
СПдС	15	2,12
ПдС	37	5,23
ПдПдС	9	1,27
Пд	3	0,42
ПдПдЗ	65	9,18
ПдЗ	129	18,22
ЗПдЗ	4	0,56
З	18	2,54
ЗПнЗ	96	13,56
ПнЗ	60	8,47
ПнПнЗ	0	0

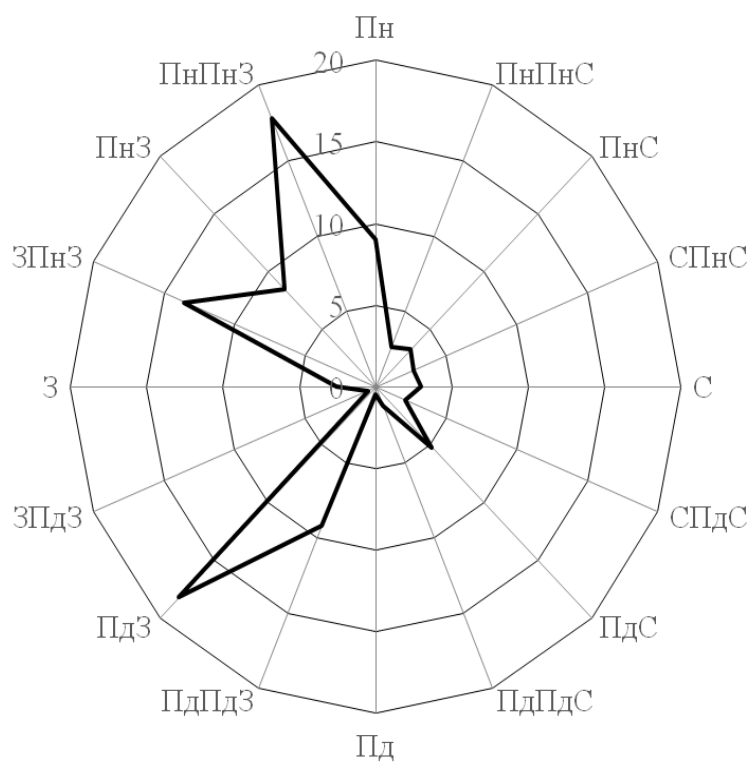


Рисунок Г.4 – Роза вітрів за січень 2013 року

Таблиця Г.5 – Дані для побудови рози вітрів за лютий 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	48	6,78
ПнПнС	19	2,68
ПнС	22	3,11
СПнС	51	7,20
С	121	17,09
СПдС	59	8,33
ПдС	83	11,72
ПдПдС	23	3,25
Пд	4	0,56
ПдПдЗ	50	7,06
ПдЗ	78	11,02
ЗПдЗ	4	0,56
З	14	1,98
ЗПнЗ	40	5,65
ПнЗ	17	2,40
ПнПнЗ	38	5,37

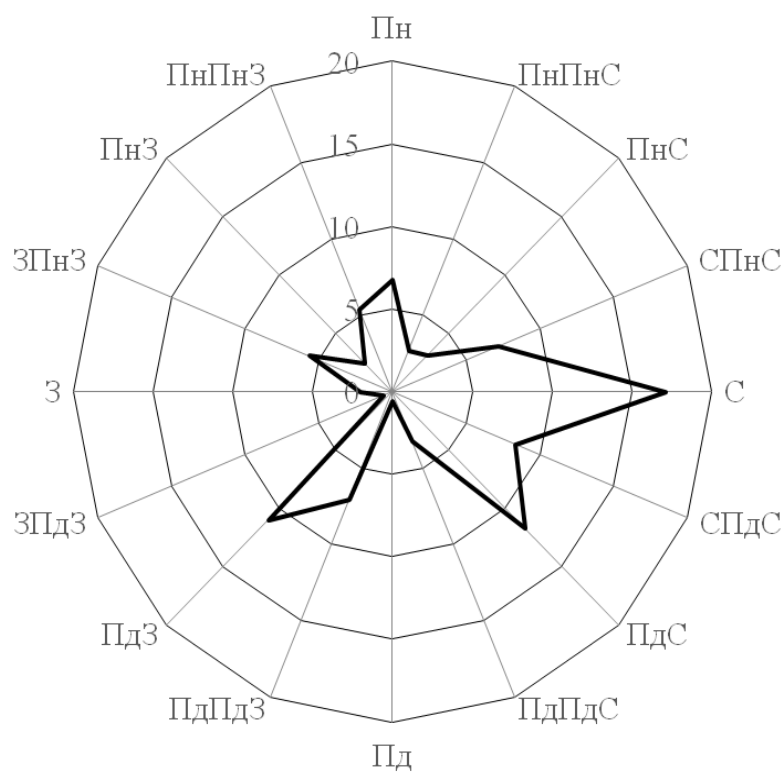


Рисунок Г.5 – Роза вітрів за лютий 2013 року

Таблиця Г.6 – Дані для побудови рози вітрів за березень 2013 року

Напря́м ві́тру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	3	0,42
Пн	33	4,66
ПнПнС	12	1,69
ПнС	41	5,79
СПнС	47	6,64
С	35	4,94
СПдС	33	4,66
ПдС	99	13,98
ПдПдС	19	2,68
Пд	1	0,14
ПдПдЗ	47	6,64
ПдЗ	111	15,68
ЗПдЗ	3	0,42
З	17	2,40
ЗПнЗ	64	9,04
ПнЗ	77	10,88
ПнПнЗ	66	9,32

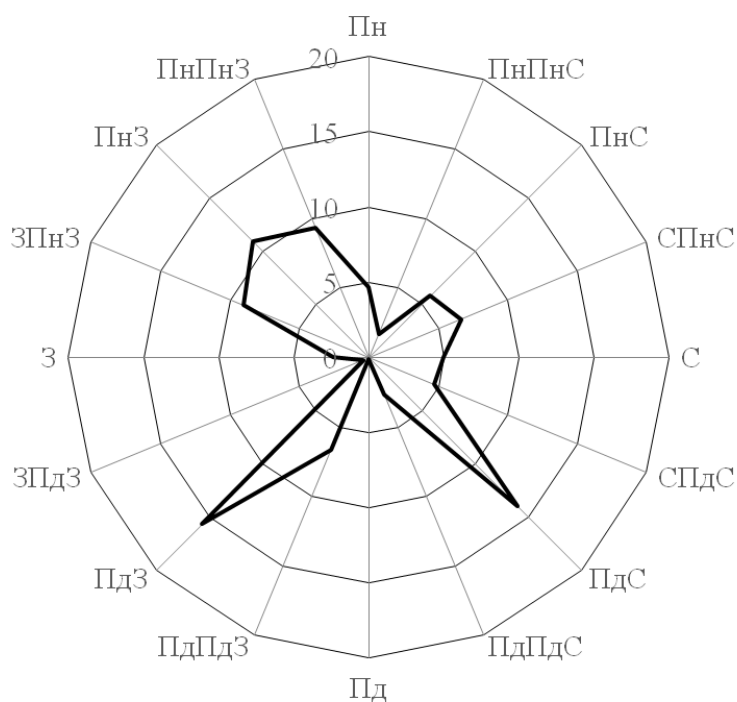


Рисунок Г.6 – Роза вітрів за березень 2013 року

Таблиця Г.7 – Дані для побудови рози вітрів за квітень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	94	13,28
ПнПнС	34	4,80
ПнС	36	5,08
СПнС	49	6,92
С	54	7,63
СПдС	30	4,24
ПдС	52	7,34
ПдПдС	16	2,26
Пд	12	1,69
ПдПдЗ	72	10,17
ПдЗ	148	20,90
ЗПдЗ	16	2,26
З	9	1,27
ЗПнЗ	18	2,54
ПнЗ	16	2,26
ПнПнЗ	51	7,20

Таблиця Г.8 – Дані для побудови рози вітрів за травень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	6	0,85
Пн	29	4,10
ПнПнС	8	1,13
ПнС	5	0,71
СПнС	53	7,49
С	77	10,88
СПдС	22	3,11
ПдС	67	9,46
ПдПдС	58	8,19
Пд	16	2,26
ПдПдЗ	82	11,58
ПдЗ	174	24,58
ЗПдЗ	37	5,23
З	16	2,26
ЗПнЗ	16	2,26
ПнЗ	9	1,27
ПнПнЗ	33	4,66

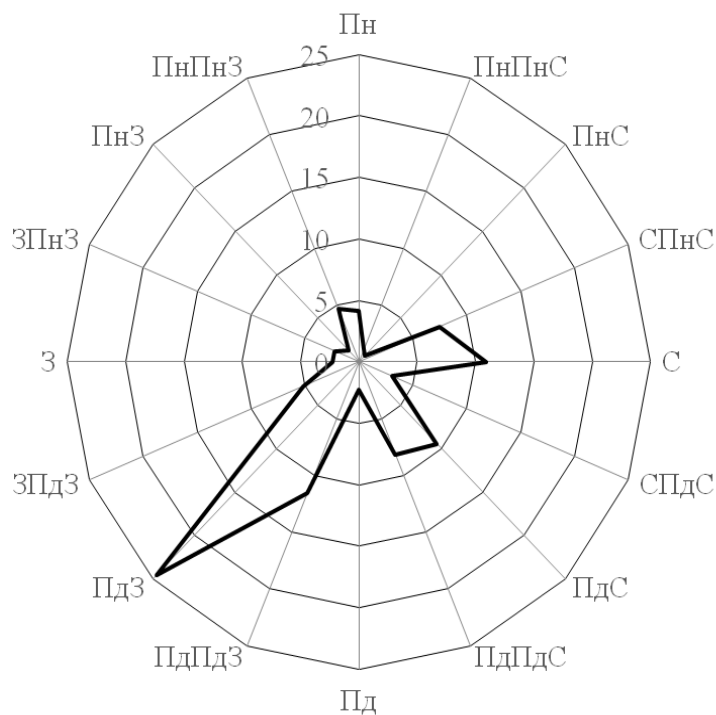


Рисунок Г.8 – Роза вітрів за травень 2013 року

Таблиця Г.9 – Дані для побудови рози вітрів за червень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	3	0,42
Пн	115	16,24
ПнПнС	32	4,52
ПнС	25	3,53
СПнС	46	6,50
С	43	6,07
СПдС	17	2,40
ПдС	51	7,20
ПдПдС	52	7,34
Пд	8	1,13
ПдПдЗ	36	5,08
ПдЗ	126	17,80
ЗПдЗ	24	3,39
З	10	1,41
ЗПнЗ	51	7,20
ПнЗ	39	5,51
ПнПнЗ	30	4,24

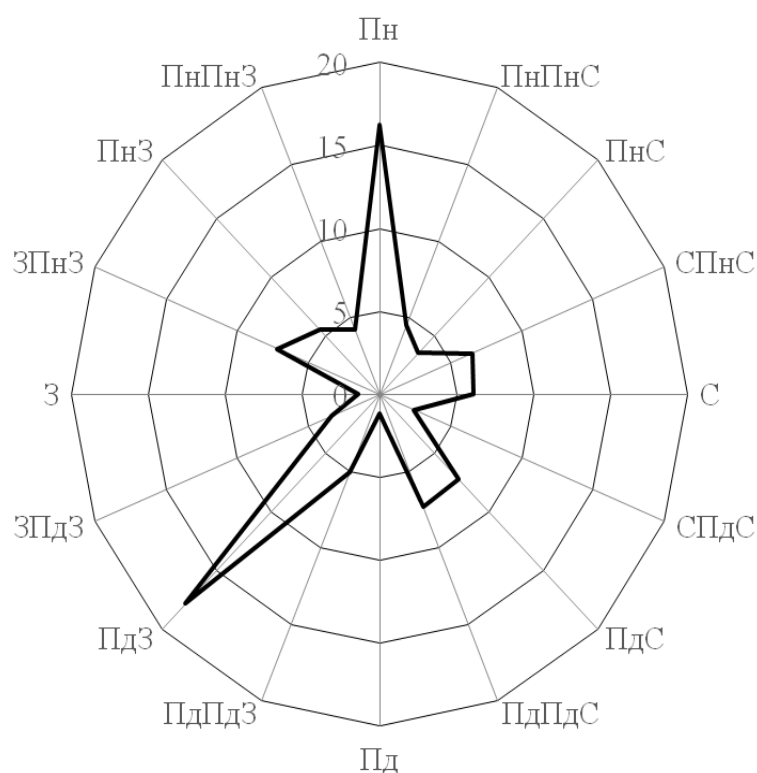


Рисунок Г.9 – Роза вітрів за червень 2013 року

Таблиця Г.10 – Дані для побудови рози вітрів за липень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	166	23,45
ПнПнС	28	3,95
ПнС	26	3,67
СПнС	27	3,81
С	24	3,39
СПдС	4	0,56
ПдС	18	2,54
ПдПдС	7	0,99
Пд	2	0,28
ПдПдЗ	14	1,98
ПдЗ	51	7,20
ЗПдЗ	14	1,98
З	20	2,82
ЗПнЗ	81	11,44
ПнЗ	102	14,41
ПнПнЗ	123	17,37

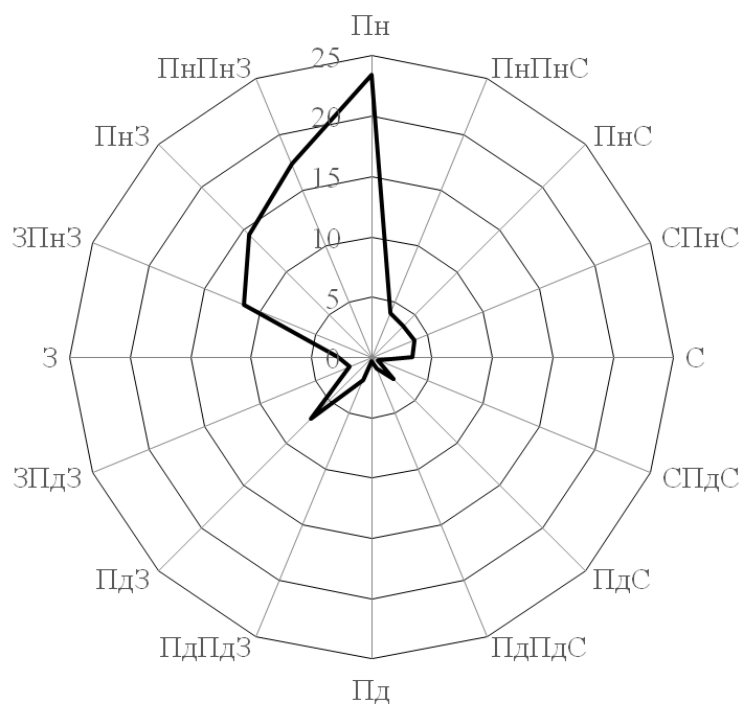


Рисунок Г.10 – Роза вітрів за липень 2013 року

Таблиця Г.11 – Дані для побудови рози вітрів за серпень 2013 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	3	0,42
Пн	209	29,52
ПнПнС	64	9,04
ПнС	35	4,94
СПнС	49	6,92
С	40	5,65
СПдС	15	2,12
ПдС	31	4,38
ПдПдС	25	3,53
Пд	7	0,99
ПдПдЗ	11	1,55
ПдЗ	30	4,24
ЗПдЗ	5	0,71
З	12	1,69
ЗПнЗ	37	5,23
ПнЗ	43	6,07
ПнПнЗ	92	12,99

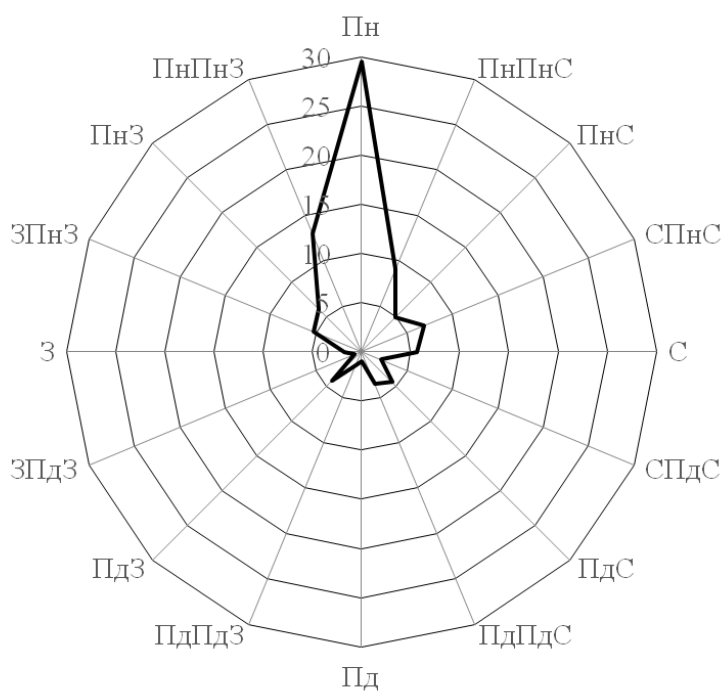


Рисунок Г.11 – Роза вітрів за серпень 2013 року

Таблиця Г.12 – Дані для побудови рози вітрів за вересень 2013 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	4	0,56
Пн	50	7,06
ПнПнС	20	2,82
ПнС	3	0,42
СПнС	5	0,71
С	6	0,85
СПдС	6	0,85
ПдС	45	6,36
ПдПдС	49	6,92
Пд	4	0,56
ПдПдЗ	28	3,95
ПдЗ	92	12,99
ЗПдЗ	13	1,84
З	61	8,62
ЗПнЗ	166	23,45
ПнЗ	106	14,97
ПнПнЗ	50	7,06

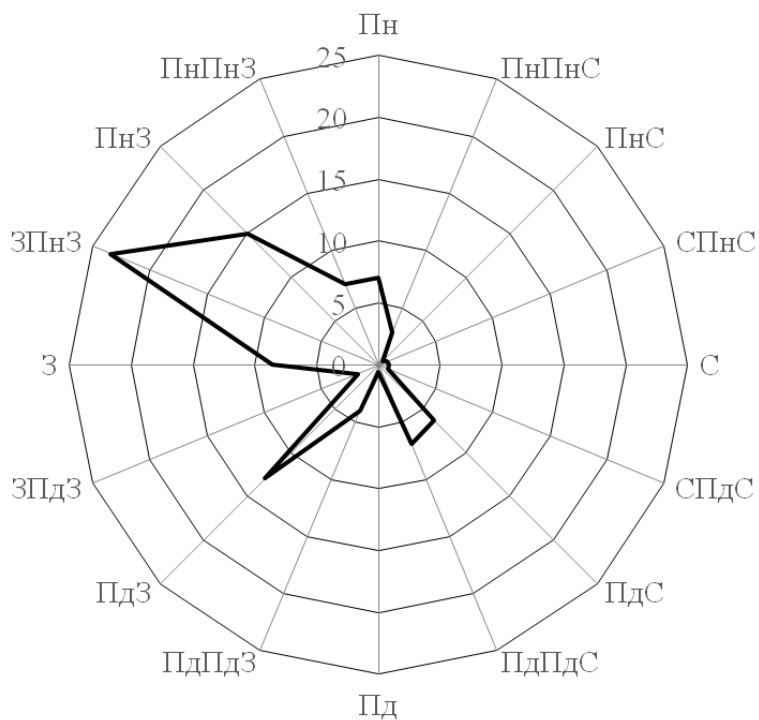


Рисунок Г.12 – Роза вітрів за вересень 2013 року

Таблиця Г.13 – Дані для побудови рози вітрів за жовтень 2013 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	19	2,68
Пн	108	15,25
ПнПнС	18	2,54
ПнС	20	2,82
СПнС	41	5,79
С	44	6,21
СПдС	22	3,11
ПдС	65	9,18
ПдПдС	42	5,93
Пд	8	1,13
ПдПдЗ	73	10,31
ПдЗ	149	21,05
ЗПдЗ	17	2,40
З	0	0,00
ЗПнЗ	22	3,11
ПнЗ	29	4,10
ПнПнЗ	31	4,38

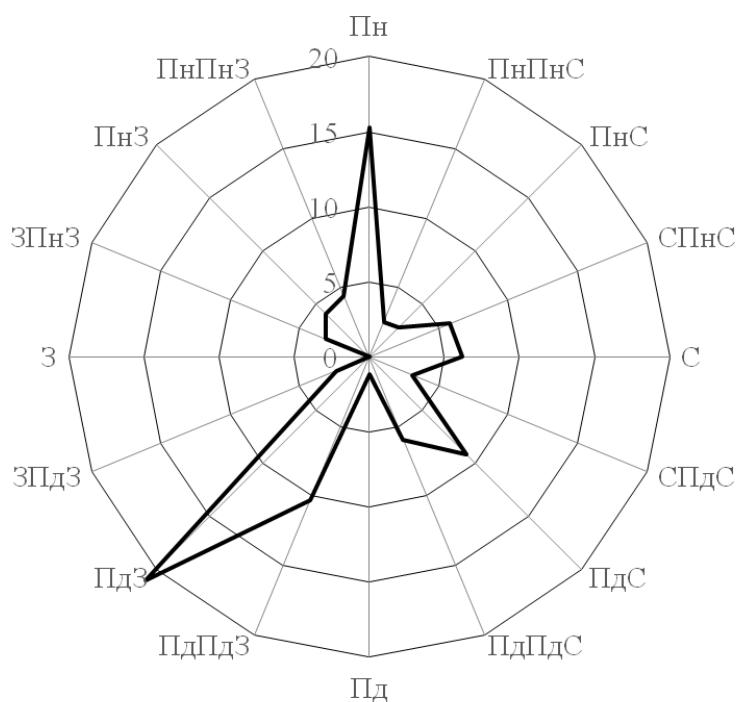


Рисунок Г.13 – Роза вітрів за жовтень 2013 року

Таблиця Г. 14 – Дані для побудови рози вітрів за листопад 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	93	13,14
ПнПнС	25	3,53
ПнС	8	1,13
СПнС	9	1,27
С	34	4,80
СПдС	41	5,79
ПдС	119	16,81
ПдПдС	27	3,81
Пд	6	0,85
ПдПдЗ	85	12,01
ПдЗ	113	15,96
ЗПдЗ	1	0,14
З	30	4,24
ЗПнЗ	57	8,05
ПнЗ	21	2,97
ПнПнЗ	38	5,37

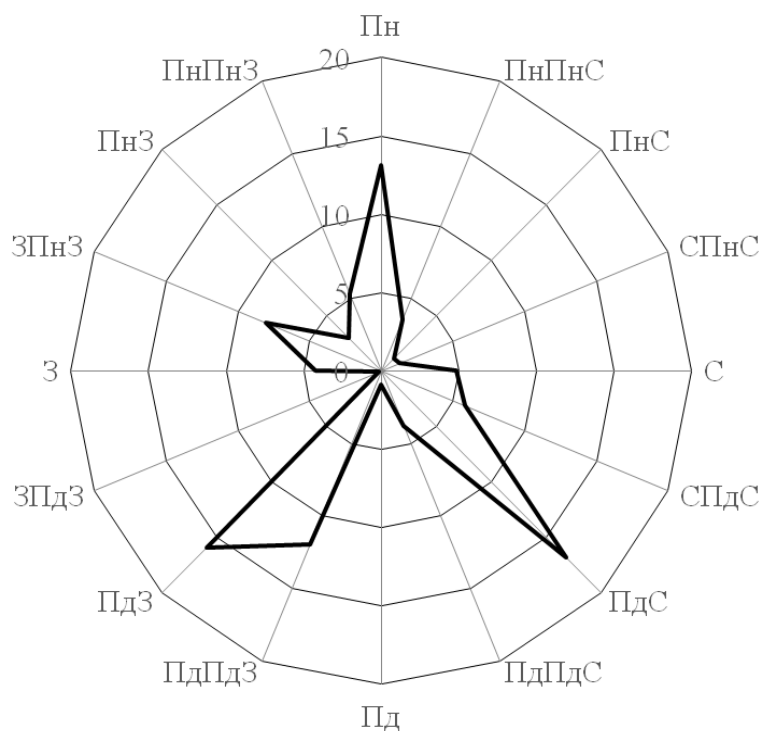


Рисунок Г.14 – Роза вітрів за листопад 2013 року

Таблиця Г.15 – Дані для побудови рози вітрів за грудень 2013 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	55	7,77
ПнПнС	12	1,69
ПнС	8	1,13
СПнС	4	0,56
С	32	4,52
СПдС	22	3,11
ПдС	66	9,32
ПдПдС	10	1,41
Пд	2	0,28
ПдПдЗ	17	2,40
ПдЗ	205	28,95
ЗПдЗ	11	1,55
З	37	5,23
ЗПнЗ	105	14,83
ПнЗ	47	6,64
ПнПнЗ	74	10,45

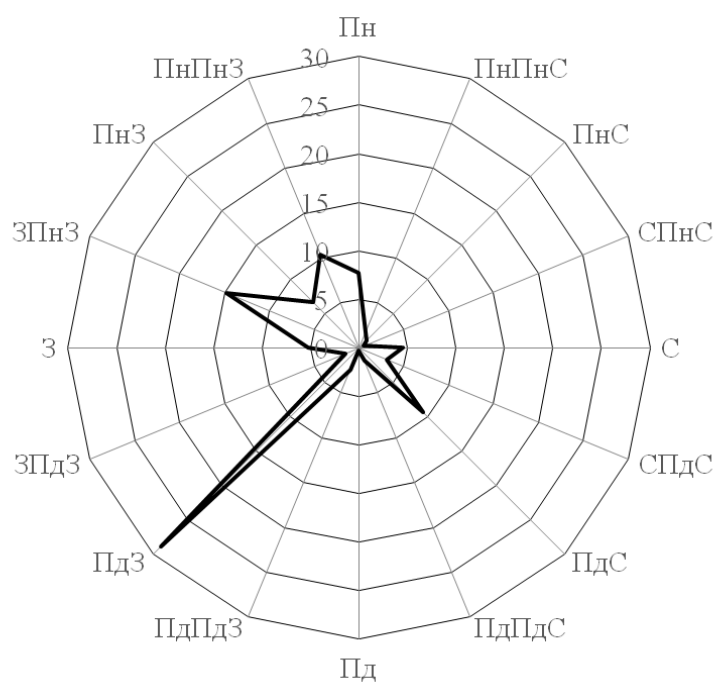


Рисунок Г. 15 – Роза вітрів за грудень 2013 року

Таблиця Г.16 – Дані для побудови рози вітрів за січень 2014 року

Напрямок вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	131	18,50
Пн	17	2,40
ПнПнС	2	0,28
ПнС	11	1,55
СПнС	28	3,95
С	85	12,01
СПдС	35	4,94
ПдС	57	8,05
ПдПдС	18	2,54
Пд	4	0,56
ПдПдЗ	48	6,78
ПдЗ	145	20,48
ЗПдЗ	10	1,41
З	24	3,39
ЗПнЗ	58	8,19
ПнЗ	22	3,11
ПнПнЗ	13	1,84

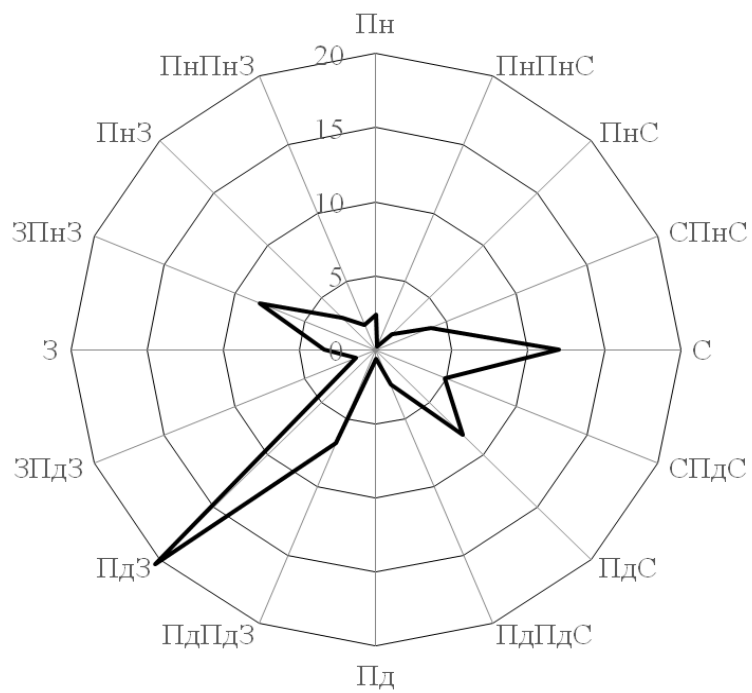


Рисунок Г.16 – Роза вітрів за січень 2014 року

Таблиця Г.17 – Дані для побудови рози вітрів за лютий 2014 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	14	1,98
Пн	50	7,06
ПнПнС	18	2,54
ПнС	37	5,23
СПнС	68	9,60
С	126	17,80
СПдС	72	10,17
ПдС	72	10,17
ПдПдС	12	1,69
Пд	4	0,56
ПдПдЗ	38	5,37
ПдЗ	97	13,70
ЗПдЗ	7	0,99
З	4	0,56
ЗПнЗ	18	2,54
ПнЗ	38	5,37
ПнПнЗ	33	4,66

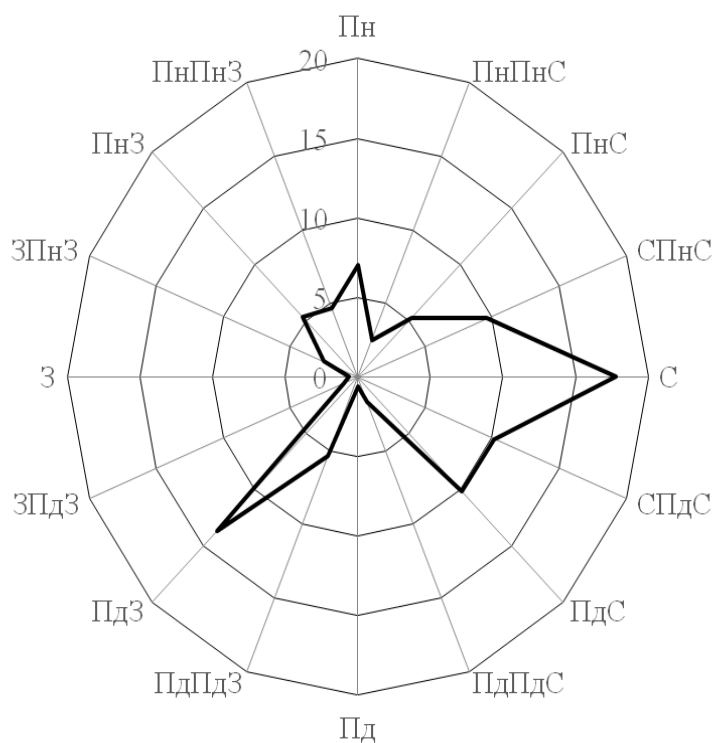


Рисунок Г.17 – Роза вітрів за лютий 2014 року

Таблиця Г.18 – Дані для побудови рози вітрів за березень 2014 року

Напря́м ві́тру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	0	0
Пн	74	10,45
ПнПнС	31	4,38
ПнС	45	6,36
СПнС	106	14,97
С	36	5,08
СПдС	16	2,26
ПдС	64	9,04
ПдПдС	15	2,12
Пд	4	0,56
ПдПдЗ	37	5,23
ПдЗ	86	12,15
ЗПдЗ	4	0,56
З	24	3,39
ЗПнЗ	73	10,31
ПнЗ	43	6,07
ПнПнЗ	48	6,78

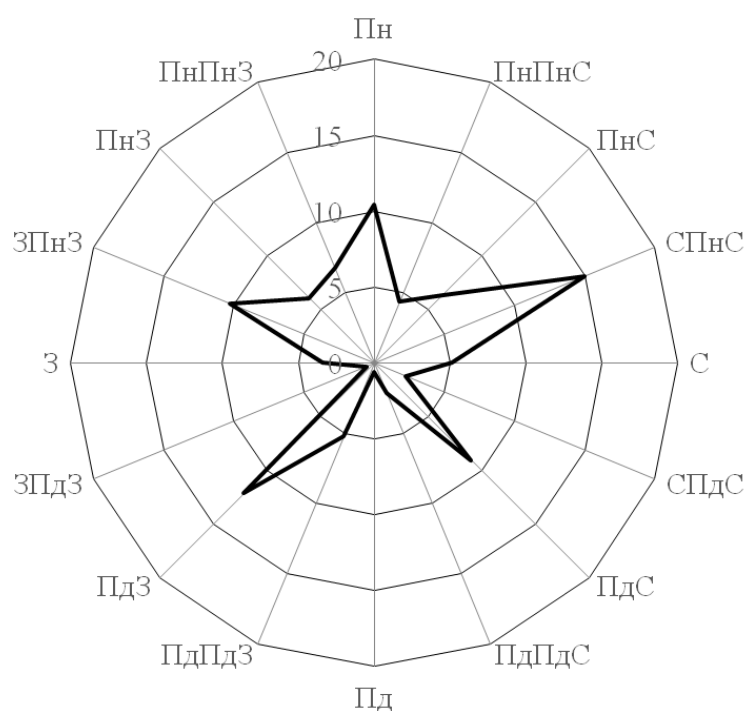


Рисунок Г.18 – Роза вітрів за березень 2014 року

Таблиця Г. 19 – Дані для побудови рози вітрів за квітень 2014 року

Напря́м ві́тру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	3	0,42
Пн	38	5,37
ПнПнС	15	2,12
ПнС	20	2,82
СПнС	42	5,93
С	85	12,01
СПдС	52	7,34
ПдС	114	16,10
ПдПдС	37	5,23
Пд	10	1,41
ПдПдЗ	70	9,89
ПдЗ	150	21,19
ЗПдЗ	12	1,69
З	13	1,84
ЗПнЗ	20	2,82
ПнЗ	14	1,98
ПнПнЗ	13	1,84

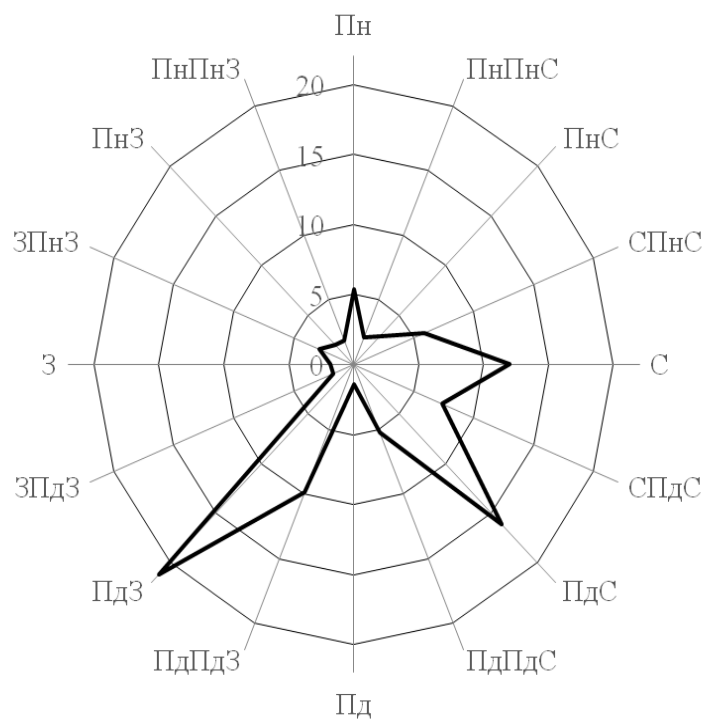


Рисунок Г.19 – Роза вітрів за квітень 2014 року

Таблиця Г.20 – Дані для побудови рози вітрів за травень 2014 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	0	0,00
Пн	77	10,88
ПнПнС	21	2,97
ПнС	23	3,25
СПнС	40	5,65
С	62	8,76
СПдС	18	2,54
ПдС	76	10,73
ПдПдС	57	8,05
Пд	6	0,85
ПдПдЗ	76	10,73
ПдЗ	103	14,55
ЗПдЗ	24	3,39
З	38	5,37
ЗПнЗ	40	5,65
ПнЗ	24	3,39
ПнПнЗ	23	3,25

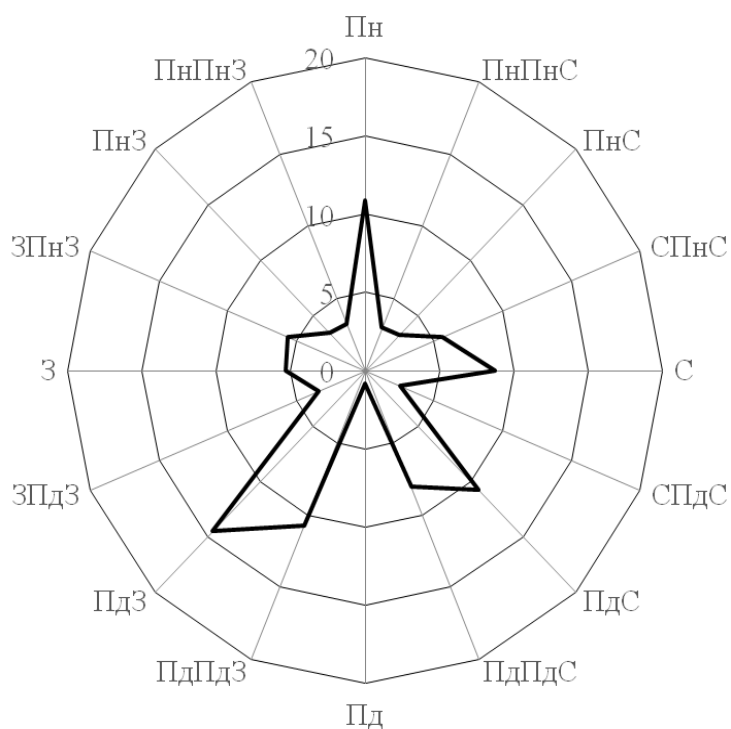


Рисунок Г.20 – Роза вітрів за травень 2014 року

Таблиця Г.21 – Дані для побудови рози вітрів за червень 2014 року

Напрям вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	1	0,14
Пн	154	21,75
ПнПнС	53	7,49
ПнС	23	3,25
СПнС	46	6,50
С	37	5,23
СПдС	14	1,98
ПдС	32	4,52
ПдПдС	27	3,81
Пд	5	0,71
ПдПдЗ	29	4,10
ПдЗ	55	7,77
ЗПдЗ	16	2,26
З	22	3,11
ЗПнЗ	62	8,76
ПнЗ	71	10,03
ПнПнЗ	61	8,62

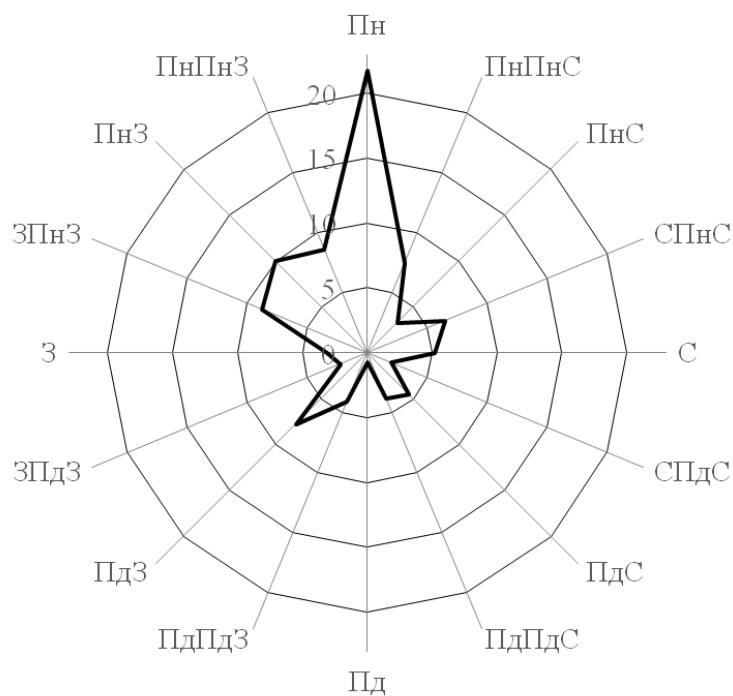


Рисунок Г.21 – Роза вітрів за червень 2014 року

Таблиця Г.22 – Дані для побудови рози вітрів за липень 2014 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	3	0,42
Пн	99	13,98
ПнПнС	50	7,06
ПнС	48	6,78
СПнС	96	13,56
С	66	9,32
СПдС	16	2,26
ПдС	45	6,36
ПдПдС	61	8,62
Пд	8	1,13
ПдПдЗ	62	8,76
ПдЗ	43	6,07
ЗПдЗ	17	2,40
З	13	1,84
ЗПнЗ	17	2,40
ПнЗ	26	3,67
ПнПнЗ	38	5,37

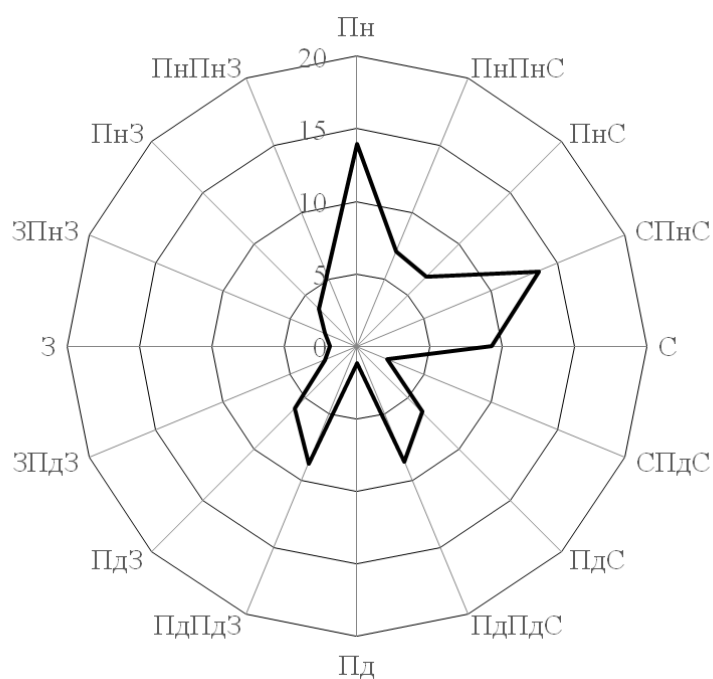


Рисунок Г.22 – Роза вітрів за липень 2014 року

Таблиця Г.23 – Дані для побудови рози вітрів за серпень 2014 року

Напря́м вітру	Кількість повторюваностей	Повторюваність, %
штиль	6	0,85
Пн	106	14,97
ПнПнС	43	6,07
ПнС	33	4,66
СПнС	59	8,33
С	29	4,10
СПдС	8	1,13
ПдС	45	6,36
ПдПдС	55	7,77
Пд	10	1,41
ПдПдЗ	60	8,47
ПдЗ	99	13,98
ЗПдЗ	20	2,82
З	6	0,85
ЗПнЗ	39	5,51
ПнЗ	37	5,23
ПнПнЗ	53	7,49

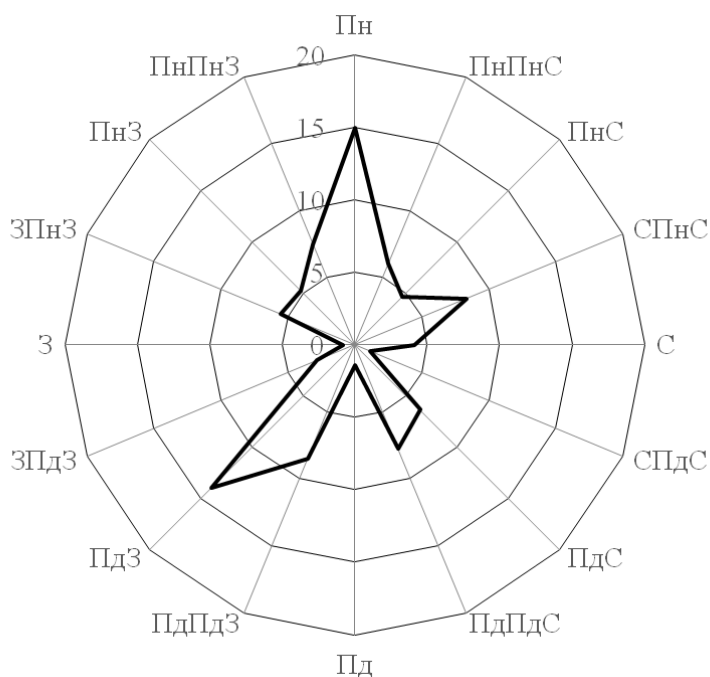


Рисунок Г.23 – Роза вітрів за серпень 2014 року

Додаток Е

Схеми розташування екологічно небезпечних об'єктів м. Одеси

Однією з найбільш гострих екологічних проблем області, яка суттєво впливає не тільки на соціально-економічну позицію, але і національну безпеку є проблема утворення, захоронення, утилізації та обеззараження промислових відходів I-III класу небезпеки. Їх кількість стрімко зростає. Причинами цього зростання є збільшення кількості промислових підприємств, які отримали дозвіл і ліміти на створення та розміщення відходів, збільшення кількості виробництва на території області, внаслідок чого збільшується об'єм утворення відходів у вигляді гідролізної кислоти, а також налагодження системи обліку відходів на підприємствах .

Основними забруднювачами навколишнього середовища відходами є такі підприємства:

- ВАТ “Одеський Припортовий Завод”
- МП “Одеський Морський Торговий Порт”
- ВАТ “Лукойл – Одеський Нафтопереробний завод”.

Не менш гостро стоїть проблема утилізації твердих побутових відходів. Щороку в місті Одеса утворюється більш ніж 2 млн. куб. м ТБО. Слід зазначити, що більша частина полігонів ТБО вичерпала свій потенціал. Розташування екологічно небезпечних об'єктів, які найбільше забруднюють місто Одесу відходами зображено на рис. 1.

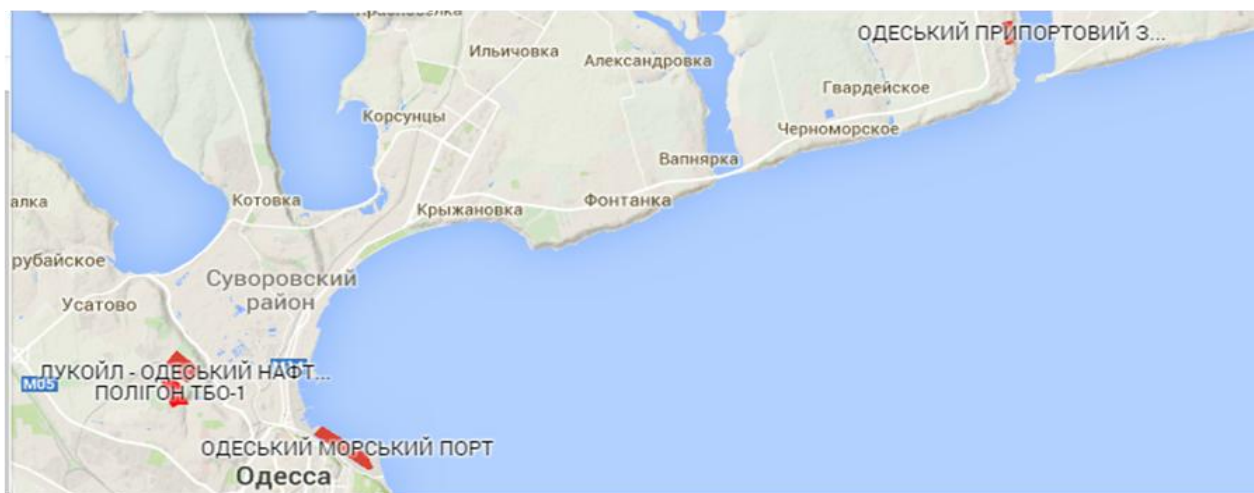


Рисунок Е.1 – Картосхема розташування екологічно небезпечних об'єктів, які забруднюють місто Одесу відходами

Екологічну небезпеку для жителів міст, в тому числі Одеси, несуть підприємства, які забруднюють атмосферне повітря. Причинами надмірних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є робота підприємств в умовах зношення основних фондів, недосконалість технологічних процесів базових галузей промисловості, недостатня забезпеченість промислових підприємств очисними спорудами для уловлення та утилізації забруднюючих речовин, запуск нових підприємств та ін. Основними забруднювачами атмосфери міста Одеси залишаються підприємства нафтопереробної, хімічної промисловості та підприємства, які виробляють цемент та підприємства, які розподіляють газ. На вищеназвані підприємства приходить 70 % забруднюючих речовин, які викидаються підприємствами. Зокрема, Одесу в 2014 році забруднили 2 094 тис. тонн твердих забруднюючих речовин, 1532 тонни діоксиду сірки, 36 471 тис. тонн оксиду вуглецю, 7 310 тис. тонн оксиду азоту, 19 676 тис. тонн вуглеводнів, 1 521 тонни легких органічних речовин та ін.

Залишається гострою проблема забруднення повітря пересувними джерелами, а особливо автотранспортом. Надходження від автотранспорту домінують над викидами від стаціонарних джерел, і складає 81 % від загальної кількості забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Підприємства, які найбільше забруднюють атмосферу міста Одеси:

- ВАТ “Одеський Припортовий Завод”
- МП “Одеський Морський Торговий Порт”
- ВАТ “Лукойл – Одеський Нафтопереробний завод”
- ВАТ «Одесцемент»
- ТЭЦ-1
- ВАТ «Одесагаз»
- ВАТ «Одесанафтопродукт».

Екологічно небезпечні підприємства, які вносять найбільший вклад в забруднення атмосфери міста Одеси зображені на рис. 2.

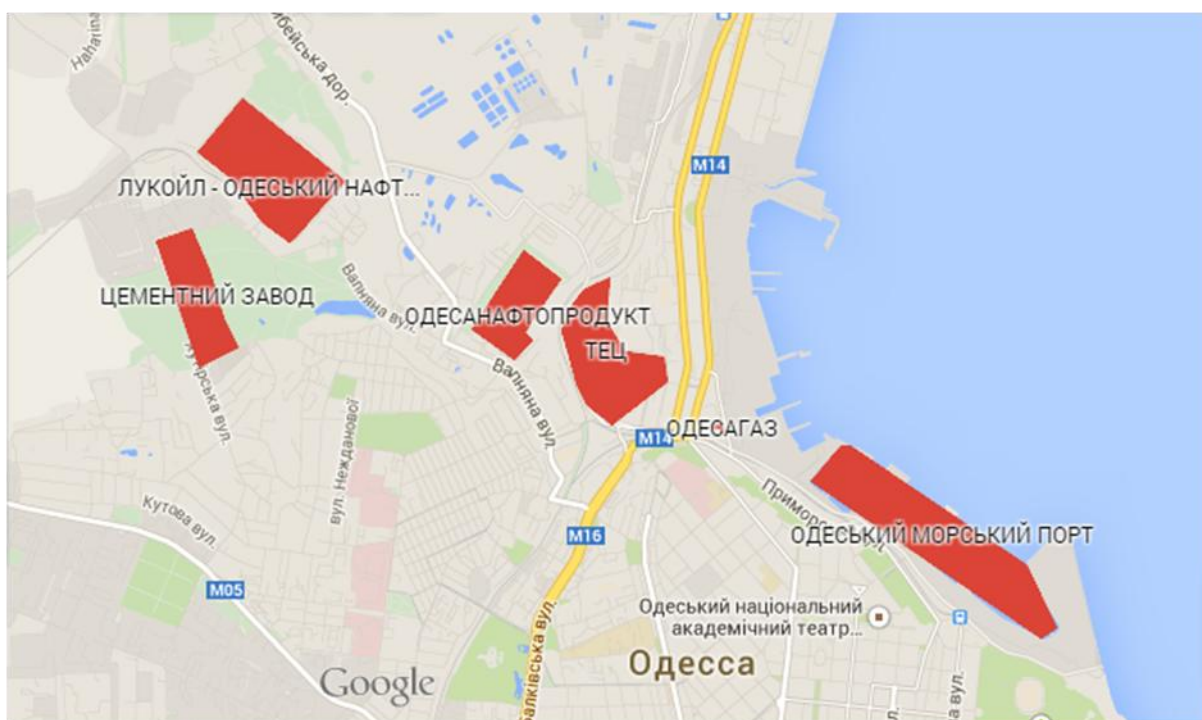


Рисунок Е.2 – Картосхема розташування екологічно небезпечних об’єктів, які забруднюють атмосферу Одеси