

УДК 504.3

А.І. Волков, к. геогр. н.

Одеський державний екологічний університет

РАНЖУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РІВНЕМ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН

Запропоновано комплексний підхід до ранжування території Одеської області за рівнем техногенного навантаження на повітряний басейн. Виконано кластерний аналіз районів області за викидами забруднюючих речовин. Виділені райони Одеської області, що характеризуються найбільшим рівнем техногенного навантаження на атмосферне повітря, створено відповідний картографічний матеріал.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, забруднюючі речовини, кластерний аналіз, геоінформаційні системи, цифрове картографування.

Вступ. Атмосферне повітря є однією із найбільш важливих і вразливих складових навколишнього середовища, що постійно зазнає негативного впливу завдяки діяльності людини. Це зумовлює актуальність проблеми збору, систематизації та аналізу інформації, що характеризує рівень техногенного навантаження на повітряний басейн. Насамперед, для планування заходів, спрямованих на збереження та покращання якості атмосфери необхідне виконання попередньої диференціації і ранжування, що дозволить виявити території, які потребують впровадження першочергових природоохоронних заходів.

Районування є інформаційною базою, необхідною для прийняття рішень щодо керування територіями, оскільки вплив людини, спрямований на природні об'єкти, за звичай, має нерівномірний просторовий розподіл. Районування - досить істотна частина будь-якого повноцінного екологічного дослідження, і нерідко є його важливим організуючим стрижнем [1]. З одного боку, воно належить до початкової стадії вивчення досліджуваного об'єкта і сприяє створенню попереднього уявлення про нерівномірність розподілу техногенного навантаження, що забезпечує виявлення територій з гіршими екологічними умовами, які потребують більш детального розгляду. З іншого боку, районування - комплекс знань про загальний стан досліджуваної території, про подібності й відмінності її ділянок. Таким чином, районування - це початковий і завершальний етапи досліджень [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує безліч робіт, присвячених районуванню територій, однак більшість з них виконані на емпіричному рівні, тому загальноприйнятої теорії районування поки не існує [1, 2]. У багатьох випадках основною проблемою при комплексному районуванні територій є необхідність формування та аналізу загальної картини, що одночасно враховує сукупність різних характеристик території. Це можливо завдяки застосуванню методів багатовимірного статистичного аналізу, який досить часто використовується при вирішенні задач стосовно дослідження стану довкілля [3]. Інше ускладнення пов'язане із постійним змінням екологічного стану, що потребує безперервного нарощування банків даних [4] та поновлення відповідного картографічного матеріалу.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є запропонування та реалізація комплексного підходу до екологічного районування територій, що дозволяє врахувати сукупність факторів, які характеризують рівень техногенного навантаження на атмосферне повітря Одеської області. Отримана диференціація територій може

використовуватись при виборі та обґрунтуванні пріоритетів впровадження заходів, спрямованих на підтримку екологічної привабливості регіону.

Впровадження даного підходу є одним з важливих етапів формування ефективної регіональної політики і повинно включати створення інформаційної бази, що характеризується можливістю:

- постійного відновлення даних,
- візуального подання просторово-орієнтованої інформації, представленої у вигляді картографічного матеріалу;
- складення інтерактивних запитів до наявної бази даних;
- керування картографічними проекціями, масштабом і одиницями виміру;
- створення картографічних добутоків з готових даних.

Матеріали і методи дослідження. База даних повинна включати докладну інформацію про рівень техногенного навантаження на атмосферне повітря районів Одеської області. У якості таких можуть використовуватись статистичні дані національних доповідей про стан навколишнього природного середовища й статистичні щорічники України [5, 6].

Попередню підготовку даних, необхідних для складення тематичних карт, що відображують ранжирування території за рівнем техногенного навантаження, можна умовно представити як декілька етапів, що описують послідовність виконуваних дій (рис. 1).

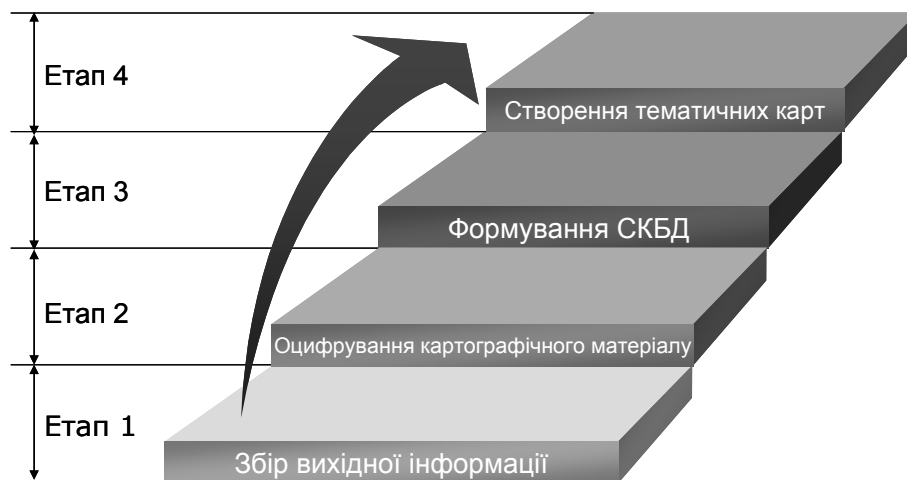


Рис. 1 - Етапи формування банку даних (СКБД - система керування банком даних).

На першому етапі формується база даних. Вона складається із двох інформаційних блоків: базового і тематичного. Базовий блок включає шари географічних даних, зокрема, шар даних територіально-адміністративного розподілу та тематичний - інформацію про рівень техногенного навантаження. Другий етап - це узагальнення існуючого картографічного матеріалу, що описує аналізовану територію. На третьому етапі виконується інтерпретація аналізованої інформації і здійснюється вибір відповідного алгоритму диференціювання території. Оскільки кожен елемент інтегральної карти щодо рівня техногенного навантаження утворюється завдяки накладенням декількох вихідних зображень, для його подання зручно використати векторну величину:

$$X(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \quad (1)$$

де x_i - i -й показник рівня техногенного навантаження.

Таким чином, кожен запис бази даних буде представлений відповідним вектором (1). На відміну від елементів вихідних зображень, описаних скалярними величинами, елементи інтегральної карти, які представлені векторами, можуть використовуватись як вихідний матеріал для проведення кластерного аналізу території. Він полягає в об'єднанні елементів карти в групи за ступенем схожості, відповідно до обраного набору величин, що їх характеризують.

Детально існуючі алгоритми кластерного аналізу представлені у [7]. Один з найбільш простих є алгоритм максимінної відстані, важливою перевагою якого є відсутність жорстких вимог до статистичного матеріалу, що аналізується.

Стисло алгоритм кластерного аналізу, що базується на максимінній відстані, можна представити у вигляді таких кроків [8] (рис. 2):

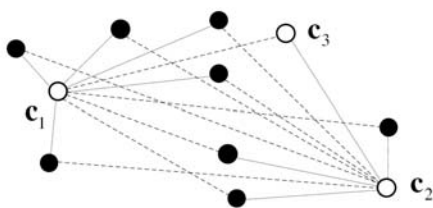


Рис. 2 - Схематичне представлення процесу кластеризації на прикладі двовимірного простору.

1. Як перший центр кластера обирається елемент $c_1=x_1$.

2. Як другий центр кластера обирається той елемент $c_2=x_{j_2}$, що знаходиться на найбільшій відстані від c_1 , тобто

$$\|x_{j_2} - c_1\| = \max_{x \in \Xi} \|x - c_1\|.$$

3. Припустимо, що обрано k центрів $C^{(k)} = \{c_1, \dots, c_k\}$ кластерів. Як черговий $(k+1)$ -й центр кластера обирається той елемент $x_{j_{k+1}}$, що знаходиться на найбільшій відстані від найближчого від центрів c_1, \dots, c_k , тобто $\min_{c \in C^{(k)}} \|x_{j_{k+1}} - c\| = \max_{x \in \Xi \setminus C^{(k)}} \min_{c \in C^{(k)}} \|x - c\|$.

4. Перевіряється умова «останова». Умовою «останова» алгоритму може бути виконання нерівності $Q_{(k+1)} / Q_{(k)} \geq \gamma$, де $\gamma \in (0,1)$, тобто деякого порогового значення, близького до одиниці. Виконання останньої умови означає, що при появі нового центра кластера дисперсія змінюється незначно.

В свою чергу технічна реалізація комплексної інформаційної системи можлива за допомогою використання пакету Mapinfo Professional. Пакет Mapinfo (США, Mapping Information Systems Corp.) в останні роки має провідні позиції серед геоінформаційних систем для персональних комп'ютерів. Mapping Information Systems належить до числа найбільш успішно розвинених компаній США.

Пакет Mapinfo спеціально спроектований для обробки і аналізу інформації, що має адресну або просторову прив'язку [9]. Операції, що підтримують звернення до бази даних, настільки прості, що, маючи невеликий досвід роботи з будь-якою базою даних, можна відразу використати можливості комп'ютерної картографії для вирішення широкого спектра завдань. Mapinfo - це картографічна база даних. Інтегрована потужна мова запитів SQL MM, завдяки географічному розширенню, дозволяє організувати вибірки з урахуванням просторових відносин об'єктів, таких як відстань, вкладення, перекриття, перетинання, площі й т.п. Запити до бази даних можна зберігати у вигляді шаблонів для багаторазового використання. В Mapinfo є можливість пошуку й нанесення об'єктів на карту по координатах, адресі або системі індексів.

Mapinfo дозволяє редагувати й створювати електронні карти. Оцифрування можливе як за допомогою дигітайзера, так і по сканованому зображенню. Mapinfo підтримує растрові формати GI, JPEG, TIFF, PCX, BMP, TGA (Targa), BI (SPOT-спутникові фотографії). Універсальний транслятор Mapinfo імпортує карти, створені у

форматах інших геоінформаційних і САПР-систем: AutoCAD (DXF, DWG), Intergraph/MicroStation Design (DGN), ESRI Shape файл, AtlasGi, ARC/INFO Export (E00).

В Mapinfo можна працювати з даними у форматах Excel, Access, xBASE, Lotus 1-2-3 і текстовому форматі, тому конвертація файлів даних не потрібна. Пакет Mapinfo може працювати із базами даних, сформованими у ORACLE, SYBASE, INFORMI, INGRES, QE Lib, DB2, Microsoft SQL та ін.

В Mapinfo можна будувати тематичні карти таких основних типів: картограми, стовпчасті й кругові діаграми, густина точок, метод безперервної поверхні. Поєднання тематичних шарів і методів буферизації, районування, злиття й розбивки об'єктів просторової й атрибутивної класифікації дозволяє створювати синтетичні багатокомпонентні карти з ієрархічною структурою легенди.

Mapinfo - відкрита система. Мова програмування MapBasic дозволяє створювати на базі Mapinfo власні ГІС.

Результати досліджень та їх аналіз. Одеська область - регіон, що виділяється у господарському комплексі України своїми транспортно-розподільчими функціями, розвиненою промисловістю, інтенсивним сільськогосподарським виробництвом. Загальна кількість підприємств, що у процесі діяльності впливають на стан атмосферного повітря, становить понад 2323 суб'єктів господарювання, із них 486 підприємств завдають (або можуть завдати) шкідливого впливу на здоров'я людей і стан атмосферного повітря [10].

Значний внесок у викиди від стаціонарних джерел справляють підприємства, які виробляють електроенергію, постачають газ та воду, підприємства обробної промисловості, транспортні підприємства. Однак на стан атмосферного повітря населених міст області значною мірою впливають викиди пересувних джерел і, особливо, автомобільний транспорт.

Надходження шкідливих речовин від автотранспорту домінують над викидами від стаціонарних джерел майже в усіх районах та містах Одеської області і складають 81 відсоток від загальної кількості забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря.

Причиною цього є значне зростання кількості приватного транспорту, його незадовільний технічний стан через значний вік, низьку якість, відсутній дієвий контроль за якістю пального та ін.

Найбільше навантаження від пересувних джерел припадає на атмосферне повітря м. Одеса. В останні роки, наприклад, внесок забруднення транспортними засобами в найбільш розвинених в економічному відношенні (після Одеси) містах Ізмаїл і Іллічівськ становить майже 70 відсотків.

Протягом 2010 року у повітряний басейн Одеської області від стаціонарних джерел потрапило 29,2 тис. тонн шкідливих речовин, що на 3,3 тис. т більше, ніж у 2009 році. Динаміка змінення викидів у атмосферне повітря представлена на рис. 3 і 4 [5, 6].

Як видно із наведених графіків, кількість забруднюючих речовин, що надходять у атмосферне повітря завдяки викидам пересувних джерел, перевищує викиди стаціонарних джерел та має тенденцію до зростання, що зумовлено поступовим збільшенням кількості транспортних засобів у регіоні.

Згідно [5, 6] обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними і пересувними джерелами в атмосферне повітря по районах області у 2010 р. наведені у табл. 1, 2.

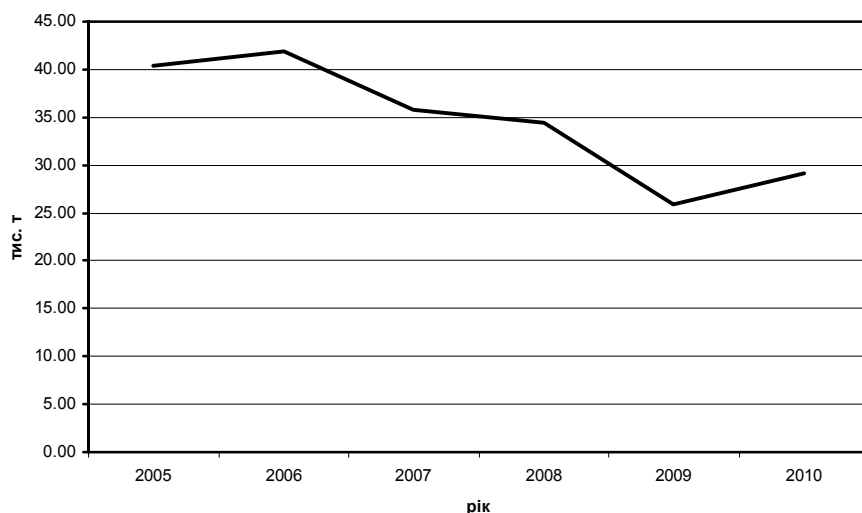


Рис. 3 - Динаміка викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами

Таблиця 1 - Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.*

Район	Обсяги викидів, тонн			
	SO_2	NO_2	CO	сажа
Ананівський	1	83	207	0
Арцизький	54	3	19	1
Балтський	104	24	48	0
Білгород-Дністровський	63	8	44	1
Біляївський	22	2	20	0
Березівський	0	5	21	1
Болградський	2	1	3	–
Велико-Михайлівський	1	1	3	0
Іванівський	1	1	3	0
Ізмаїльський	2	1	1	–
Кілійський	58	11	29	0
Кодимський	189	10	58	–
Комінтернівський	6	11	27	1
Котовський	5	1	5	0
Красноокнянський	7	0	5	–
Любашівський	–	1	4	–
Миколаївський	4	2	6	–
Овідіопольський	6	17	28	0
Роздільнянський	32	14	61	0
Ренійський	11	207	706	2
Савранський	4	0	0	1
Саратський	18	7	22	1
Тарутинський	0	94	187	0
Татарбунарський	6	0	0	–
Фрунзівський	5	1	2	–
Ширяївський	2	2	8	–

* - без урахування викидів по місту Одеса

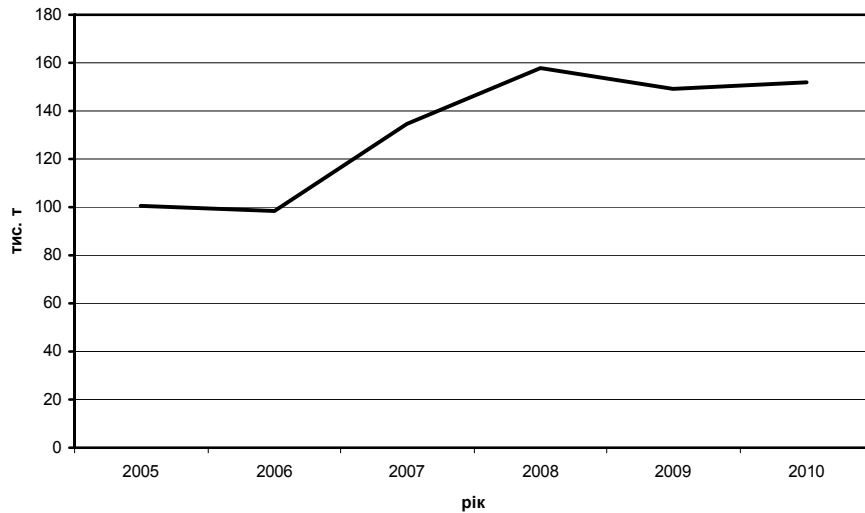


Рис. 4 - Динаміка викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами.

Таблиця 2 - Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.*

Район	Обсяги викидів, тонн			
	SO ₂	NO ₂	CO	сажа
Ананьївський	16	163	1288	17
Арцизький	31	304	2220	32
Балтський	35	338	2570	37
Білгород-Дністровський	48	442	2813	51
Біляївський	51	506	4067	58
Березівський	27	245	1638	27
Болградський	40	391	2953	41
Великомихайлівський	23	212	1368	23
Іванівський	23	214	1329	24
Ізмаїльський	26	260	2111	27
Кілійський	37	352	2480	38
Кодимський	17	164	1292	16
Комінтернівський	48	449	3152	50
Котовський	21	194	1291	20
Красноокнянський	19	175	1082	18
Любашівський	23	211	1379	23
Миколаївський	15	142	894	15
Овідіопольський	54	478	3050	64
Роздільнянський	29	293	2372	29
Ренійський	20	208	1565	22
Савранський	16	147	988	16
Саратський	41	363	2194	40
Тарутинський	29	277	1948	29
Татарбунарський	25	235	1711	28
Фрунзівський	13	118	832	14
Ширяївський	25	224	1339	26

* - без урахування викидів по місту Одеса

Картування Одеської області за окремими інгредієнтами представлено на рис. 5-8.

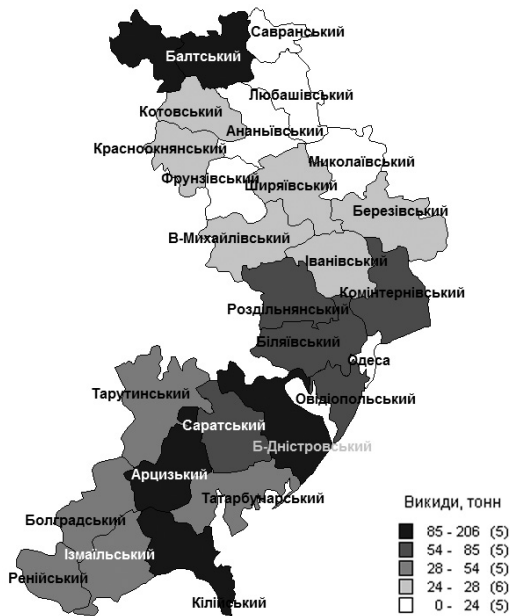


Рис. 5 - Викиди SO_2 в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.

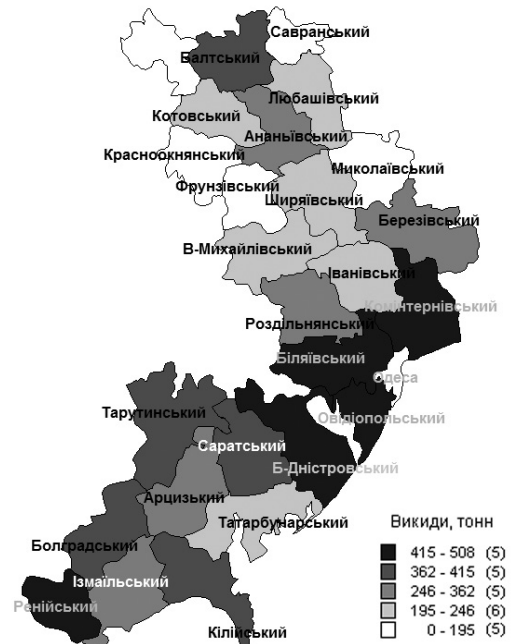


Рис. 6 - Викиди NO_2 в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.

Із наведеного картографічного матеріалу складно сформуванати загальне уявлення про стан атмосферного басейну, оскільки розподіл техногенного навантаження за різними інгредієнтами досить різниться. Виникає необхідність застосування підходу, що дозволить одночасно врахувати вплив всіх інгредієнтів. В якості такого підходу зручно використати алгоритм кластерного аналізу, наведений вище.

Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу представлені на рис. 9. Для наочного зображення послідовності ранжування процес кластеризації можна представити у вигляді дендрограми (рис. 10).

За результатами кластерного аналізу, до найбільш забруднених віднесені Овідіопольський і Ренійський райони Одеської області, що, насамперед, обумовлено відносно високим внеском автотранспорту. Окрім того, на території Овідіопольського району [11] функціонує 21 промислове підприємство. Також в районі розвинені виробництво будівельних матеріалів і машинобудівна галузь.

Висновки. Використаний підхід надає можливість сформуванати детальне уявлення про стан довкілля Одеської області, зокрема про рівень техногенного навантаження на атмосферне повітря. В свою чергу, поєднання інформації у єдиний банк даних є важливим етапом для подальшої розробки системи підтримки та прийняття рішень, функцією якої є виявлення територій, що потребують концентрації зусиль на зниження загального рівня техногенного навантаження і надання рекомендацій до впровадження відповідних превентивних заходів. [12].

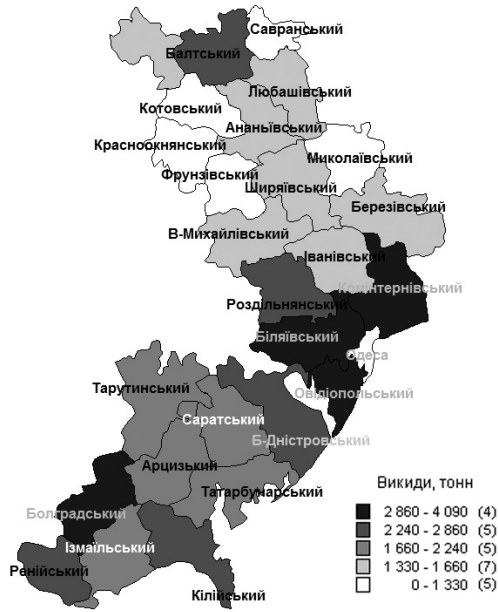


Рис. 7 - Викиди CO в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.

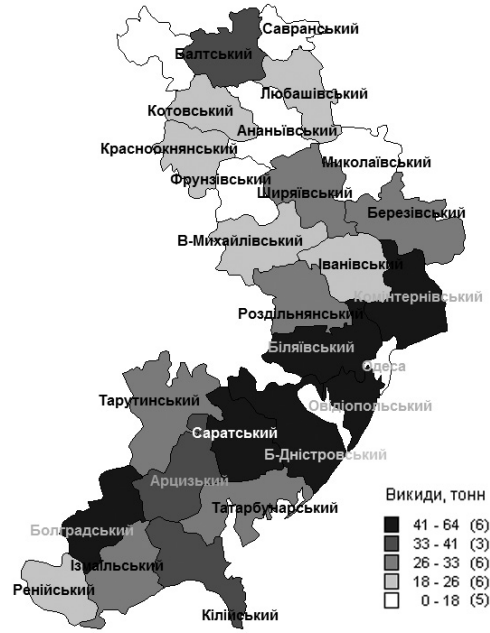


Рис. 8 - Викиди сажі в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по районах Одеської області у 2010 р.



Рис. 9 - Карта районування території Одеської області за рівнем техногенного навантаження на атмосферне повітря (2010р.)

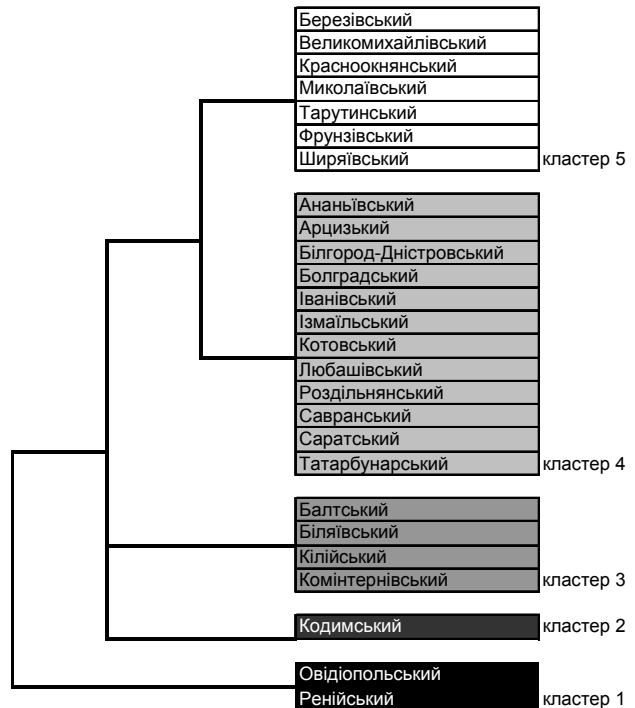


Рис. 10 - Результати диференціації районів Одеської області за рівнем техногенного навантаження на атмосферне повітря (2010р.)

Список літератури

1. *Баканов А.И.* Теоретические основы экологического районирования водохранилищ // Водные ресурсы. - 1997. - Т. 24, № 3. - С. 336-343
2. *Янковська Л.В.* Еколого-географічне районування обласного регіону (на матеріалах Тернопільської області) // Автореф. дис. канд. геогр. наук. – Чернівці, 2004. – 20 с.
3. *Мовчан И.Б., Яковлева А.А., Кузнецов В.С.* Экологическое районирование территории мегаполиса по результатам геохимической съемки и факторного анализа // Горный информационный аналитический бюллетень МГГУ – М., 2011. – С. 125-129.
4. *Шевченко О.Г.* Оцінка та прогнозування сучасного стану забруднення атмосферного повітря у м.Києві // : Автореф. дис. канд. геогр. наук. - К., 2009. - 20с.
5. Статистичний щорічник Одеської області за 2010р. / За редакцією Т.В. Копилової. Головне управління статистики Одеської області. - Одеса, 2011. - 540 с.
6. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
7. *Школьный С.П., Лосева И.Д., Гончарова Л.Д.* Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник. - К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.
8. *Ланский А.Е., Броневиц А.Г.* Математические методы распознавания образов: Курс лекций. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
9. MapInfo Professional User Guide - Stamford: Pitney Bowes MapInfo Corporation, 2007. - 568 p.
10. Причорноморський екологічний бюлетень №3 (29). Науково-практичний журнал. / Ред. Примак В.О. - Одеса, 2008. - 188 с.
11. Профіль Одеської агломерації. Матеріали до Стратегічного плану економічного розвитку. - Одеса, 2010. - 107 с.
12. Статистичний аналіз якості атмосферного повітря України. Науковий вісник НЛТУ України. - Вип. 20.9. - Львів, 2010. - С. 83-88.

Ранжирование территории Одесской области по уровню техногенной нагрузки на воздушный бассейн. Волков А.И.

Предложен комплексный подход к ранжированию территории Одесской области по уровню техногенной нагрузки на воздушный бассейн. Выполнено зонирование региона с использованием кластерного анализа в соответствии с выбросами загрязняющих веществ. Выделены районы Одесской области, характеризующиеся наиболее высоким уровнем техногенной нагрузки на атмосферный воздух, создан соответствующий картографический материал.

Ключевые слова: *загрязнения атмосферного воздуха, кластерный анализ, геоинформационные системы, цифровое картографирование.*

Ranking of Odessa Region districts by technogenic load on the air. Volkov A.I.

The author develops a comprehensive approach to ranking Odessa region districts by anthropogenic load on their air. Odessa region is zoned as per emissions of air pollutants. Odessa Region districts are ranked to reveal those with the highest air pollution. All results are illustrated as digital maps.

Key words: *air pollution, cluster analysis, geographical informational systems, digital mapping.*