

СЕКЦІЯ 2

ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 911.9 (477.51)

DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2019-11-11>

Бездухов О.А.,
старший викладач кафедри географії
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
s.bezdukhov@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3930-889X

КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАКОПИЧЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ (НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

У статті акцентовано увагу на актуальності досліджень, скерованих на спостереження та аналіз динаміки накопичення і просторового розподілу твердих побутових відходів, а також на розроблення та впровадження спеціальної методики диференціювання територій за рівнем техногенного навантаження, що зумовлено впливом відходів на стан навколишнього середовища. Наголошено, що проблема поводження із твердими побутовими відходами є актуальною для всіх регіонів України та потребує вирішення і в Чернігівській області. Зроблено короткий аналіз останніх досліджень і публікацій із даної теми. Розглянуто застосування кластерного підходу до дослідження сучасного стану накопичення і просторового розподілу твердих побутових відходів. Проаналізовано динаміку та сучасний стан накопичення твердих побутових відходів у межах Чернігівської області.

Розглянуто основні етапи алгоритму кластерного аналізу, враховуючи особливості поставленої задачі. Проведено кластерний аналіз для диференціації регіонів за кількістю утворення та накопиченням твердих побутових відходів в межах Чернігівської області. Виділено кластери сучасного стану техногенного навантаження, зумовленого впливом твердих побутових відходів на стан довкілля території області. До одного кластера увійшли адміністративні райони області, які мають подібну специфіку техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля, і водночас відмінні параметри того ж навантаження на території районів інших кластерів. Здійснено відповідне районування області. Для формування просторового уявлення про районування території Чернігівської області результати кластерного аналізу також представлено в картографічному вигляді. Здійснено аналіз виділених кластерів. Результати районування підкреслюють нерівномірність розподілення техногенного навантаження, що зумовлено впливом твердих побутових відходів та відрізняються від ранжування території за окремими показниками. Сумісне використання сукупності показників надає можливість проведення як комплексного картування територій, так і формування загального уявлення щодо розподілу даної складової частини техногенного впливу на стан довкілля.

Ключові слова: тверді побутові відходи, територія, кластер, кластерний підхід, районування, довкілля, Чернігівська область.

Bezdukhov O.A. CLUSTER APPROACH TO STUDYING THE CURRENT STATE OF ACCUMULATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SOLID HOUSEHOLD WASTE (ON THE EXAMPLE OF CHERNIHIV REGION)

In the article attention was focused on the relevance of research aimed at monitoring and analysis of the dynamics of accumulation and spatial distribution of solid household wastes, and on the development and implementation of a special method of territories differentiation according to the level of man-caused loading due to the influence of waste on the environment state. It was noted that the problem of dealing with solid domestic waste is relevant for all regions of Ukraine and needs to be solved in Chernihiv region. A brief analysis of recent research and publications on this topic was made. The application of the cluster approach to studying of the current state of accumulation and spatial distribution of solid household waste was considered. The dynamics and the current state of solid domestic waste accumulation in Chernihiv region was analyzed. The main stages of the cluster analysis algorithm were considered. Cluster analysis to differentiate the regions by the amount of solid waste generation and accumulation in Chernihiv region was done. The clusters of the present state of anthropogenic pressure due to the influence of solid



household waste on the region environment state were distinguished. One cluster includes administrative districts of the region, which have a similar specificity of technogenic load due to the impact of waste on the environment and at the same time, different parameters of the same load in the territories of other clusters. The regional zoning was done. For the formation of the spatial representation of Chernihiv region territory zoning, the results of the cluster analysis were also presented in cartographic form. Analysis of selected clusters was done. The results of zoning emphasized the uneven distribution of man-caused load. This was due to the influence of solid household waste and the differences in the ranking of the territory by individual indicators. The combined use of a set of indicators gives the possibility of carrying out as a complex mapping of territories the formation of a general idea of the distribution of this component of anthropogenic impact on the environment.

Key words: solid domestic waste, territory, cluster, cluster approach, zoning, environment, Chernihiv region.

Постановка проблеми. На початку ХХ століття питання поводження з побутовими відходами посідають одне із чільних місць в екологічній безпеці та сталому розвитку держави. Проблема поводження із твердими побутовими відходами (ТПВ) є актуальною для всіх регіонів України. Потребує вирішення ця проблема і в Чернігівській області.

Важливим є той факт, що техногенне навантаження взагалі та кількість накопичених відходів в межах області зокрема характеризуються нерівномірним територіальним розподілом. Усе це свідчить про актуальність досліджень, скерованих на спостереження та аналіз динаміки накопичення і просторового розподілу ТПВ, а також на розроблення та впровадження спеціальної методики диференціювання територій за рівнем техногенного навантаження, що зумовлено впливом відходів на стан навколишнього середовища.

Для формування загального уявлення про наявний стан навколишнього середовища необхідно провести систематизацію, узагальнення та оброблення статистичної інформації, що стосується динаміки накопичення відходів, а також формування системного подання просторової картини, яка структурно буде відображати території з найбільш складною ситуацією у сфері накопичення відходів (Сафранов, Клименко, 2012).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані із кластерами, активно розглядаються західними вченими-економістами (Портер, 2002). В останні роки зростає цікавість до кластерного підходу серед вітчизняних вчених-економістів (Майстер, 2014, Федорова, 2011). Сучасний стан накопичення твердих побутових відходів, як на державному, так і на регіональному рівні розглядалось вітчизняними фахівцями, як правило, в рамках проведення різноманітних геоекологічних досліджень (Березюк, Котляр, 2017; Мельни-

ченко, Радькова, 2017; Сафранов, Черкез, & Шаталін, 2018). Проте регіональні особливості поводження з ТПВ та методика їхньої інвентаризації висвітлені недостатньо.

Постановка завдання. Метою дослідження є проведення кластерного аналізу для диференціації регіонів за кількістю утворення та накопиченням ТПВ у межах Чернігівської області. Виходячи з мети, розв'язувалися такі завдання:

- розглянути динаміку та сучасний стан накопичення твердих побутових відходів у межах Чернігівської області;
- розглянути застосування кластерного підходу до дослідження просторового розподілу ТПВ;
- здійснити кластерний аналіз просторового розподілу ТПВ на території Чернігівської області;
- здійснити аналіз виділених кластерів сучасного стану накопичення ТПВ в межах області.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо більш детально проблему накопичення відходів на території Чернігівської області. Так, за 2017 р. у Чернігівській області було утворено 732,7 тис. т ТПВ, тобто на кожного жителя області припало майже 718 кг. Унаслідок відсутності в області сміттєпереробних заводів основна маса цих відходів вивозиться на звалища і полігони. Площа звалищ і обсяг відходів, накопичених на них, постійно зростають. Так, якщо на кінець 2012 р. площа звалищ в Чернігівській області складала 469 га, а обсяг ТПВ, накопичених на них, – 9,7 млн. т, то на початок 2018 р. звалища займали 571 га, а обсяг відходів на них перевищив 11,2 млн. т, тобто за останні 6 років площа звалищ збільшилась на 22%, обсяг накопичених відходів – на 11%. (Бездухов, 2018). За даними Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області, на

початок 2018 р. найбільшу площу сміттєзвалища займають у Городнянському районі – 68,12 га, що складає 12% від загальної площі сміттєзвалищ, найменшу – у Варвинському (3,57 га) (Табл. 2).

Такий ріст спостерігається не в останню чергу через невідповідність темпів утворення і утилізації відходів. Так, за 2017 р. було утворено 732,7, а утилізовано лише 130,6 тис т, що складає лише 18%. (Рис. 1., Табл. 1) Найбільше відходів було утворено у Прилуцькому районі – 235531,3 т, що складає приблизно 32% від їх загальної кількості, найменше – у Талалаївському (130,6 т). Найбільше відходів було утилізовано у Чернігівському районі – 28244,4 т, що складає приблизно 22 % від загальної кількості, в Бахмацькому, Бобровицькому, Борзнянському, Коропському, Корюківському, Носівському, Сновському і Талалаївському районах не утилізовано жодної тони. (Табл. 2).

Одночасно зросла і кількість полігонів та сміттєзвалищ з 315 в 2012 р до 498 в 2017 р., тобто на 58%. Станом на 01.01.2018 р. в обласний реєстр місць видалення відходів внесено 9 полігонів та 489 сміттєзвалищ (Доповідь, 2018).

Наведена статистична звітність свідчить про дуже нерівномірне розподілення техногенного навантаження ТПВ на території Чернігівської області. Існує багато алгоритмів щодо районування територій, тому вибір методу повинен спиратись на об'єм та особливості статистичної інформації, що характеризують територіальні об'єкти. Із метою урахування особливостей динаміки накопичення та утворення відходів доцільно кожен із регіонів області характеризувати сукупністю показників таким чином, щоб до кожного із регіонів можна було співвідносити відповідну величину. Пере-

вага даного підходу полягає у представленні інформації через комплексний опис вихідних об'єктів (в даному випадку адміністративних районів Чернігівської області.), який надає можливість застосовувати методи багатовимірної статистики для аналізу даних.

Під час реалізації комплексного районування Чернігівської області за рівнем техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля, доцільно застосовувати метод кластерного аналізу, що дозволяє диференціювати об'єкти за певною кількістю ознак. Такий кластерний аналіз проведено за допомогою пакету програми Statistica 6.0., він здійснювався в декілька етапів. Зупинимось на основних етапах алгоритму, враховуючи особливості поставленої задачі.

1. *Формування матриці вихідних даних.* Візьмемо в якості вихідних даних кількість ТПВ відповідно до даних щорічної статистичної звітності. Оскільки статистична інформація, що характеризує стан забруднення

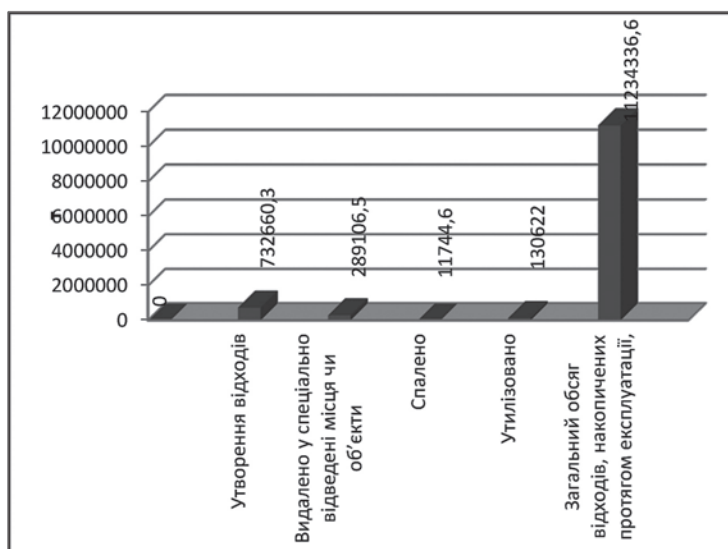


Рис. 1. Основні показники поводження з відходами на території Чернігівської області у 2017 році, т

Таблиця 1

Динаміка основних показників поводження з відходами

	2012 рік	2013 рік	2014 рік	2015 рік	2016 рік	2017 рік
Кількість полігонів та звалищ	315	326	406	448	479	498
Площа, зайнята полігонами та звалищами, га	469	390	475	531,9	559	571
Утворення відходів(тис т.)	739,7	674,7	848,3	867,3	720,6	732,7
Використано (утилізовано) (тис т.)	103,1	233,4	107,3	133,5	104,3	130,6
Накопичено відходів(тис т.)	9723,9	9891,0	10184,5	10445,9	10930,8	11234,3



довкілля відходами, узагальнюється згідно з територіально-адміністративним устроєм, то за елемент (запис) банку даних треба взяти адміністративний район Чернігівської області. Проведемо об'єднання інформації в табличному вигляді (табл. 2). До кластерного аналізу залучено 6 показників, що відображають різноманітні параметри техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля території області (Табл. 2).

2. *Формування матриці нормованих (стандартизованих) показників.* Для адекватного відображення таксономічних відстаней між об'єктами (районами) проведено стандартизацію вихідних показників.

3. *Формування матриці таксономічних відстаней.* Для встановлення міри подібності між районами області розраховано таксо-

номічні відстані на основі евклідової відстані (метрики).

4. *Формування груп (кластерів) подібних об'єктів методом Варда.* Цей метод дає змогу оптимізувати мінімальну дисперсію всередині кластерів. У результаті чого об'єднуються ті об'єкти, для яких сума квадратів відхилень отримує мінімальне значення. Метод має тенденцію до знаходження (або створення) кластерів приблизно рівних розмірів (Бездухов, 2015, учебник по статистике StatSoft, Э., 2012, Федорова, 2011).

5. *Визначення оптимальної кількості кластерів.* Оптимальну кількість кластерів можна визначити за допомогою порогової відстані – відстані, під час перевищення якої об'єднуються будуть уже далекі один від одного об'єкти. У нашому дослідженні порогова відстань

Таблиця 2

Поводження з відходами по районах у 2017 році

Територіально-адміністративні одиниці Чернігівської області	Площа, зайнята полігонами та звалищами, га	Утворення відходів, т	Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, т	Спалено, т	Утилізовано, т	Загальний обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації, т
Чернігівська обл.	571,4592	732660,3	289106,5	11744,6	130622,0	11234336,6
Бахмацький	22,62	3979,7	5297,5	1,0	–	123923,8
Бобровицький	33,2	1140,0	1218,6	–	–	139805,6
Борзнянський	45,25	6498,9	1000,0	–	–	128313,5
Варвинський	3,57	3038,3	40,4	–	239,4	523,7
Городнянський	68,12	112417,7	–	22,0	22643,0	325549,8
Ічнянський	45,74	24289,4	1088,1	–	27955,2	11830,7
Козелецький	18,0	5399,8	802,3	982,3	0,2	3333,1
Коропський	24,345	614,7	633,6	–	–	1719,3
Корюківський	30,0	13586,9	5503,2	59,1	–	46984,3
Куликівський	5,2	15306,2	11865,1	4,4	4686,4	21990,2
Менський	13,61	21462,1	4567,7	–	7180,1	84735,7
Ніжинський	43,51	31156	23562,3	5020,7	3079,1	732384,2
Н.-Сіверський	16,28	3991,5	835,0	1760,0	40,7	28346,0
Носівський	11,52	3447,0	5131,9	–	–	25234,8
Прилуцький	33,57	235531,3	21411,2	–	7554,7	128228,4
Ріпкинський	41,2	16762,5	369,8	610,3	11062,8	6127,6
Семенівський	15,2	38672,0	1339,4	1750,0	11271,4	61186,4
Сновський	20,1	31088,5	1216,0	453,4	–	15283,0
Сосницький	17,8	9181,6	1084,5	–	6663,0	52536,7
Срібнянський	3,48	1298,4	448,5	–	1,6	797,1
Талалаївський	10,1	130,6	155,0	–	–	53289,2
Чернігівський	33,9	153667,2	201536,4	1081,4	28244,4	9242213,5

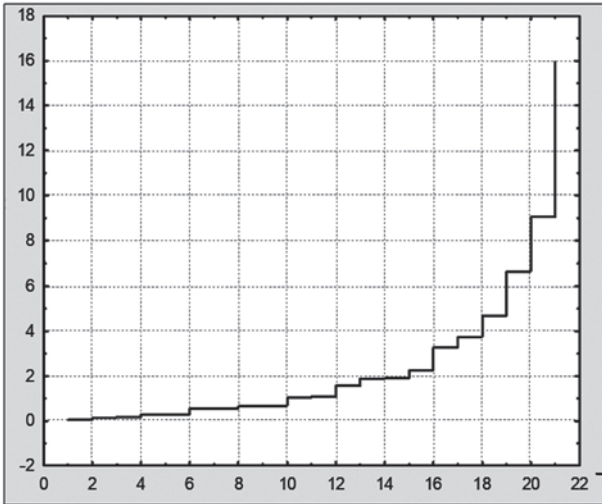


Рис. 3. Графік об'єднання районів Чернігівської області у кластери методом Варда

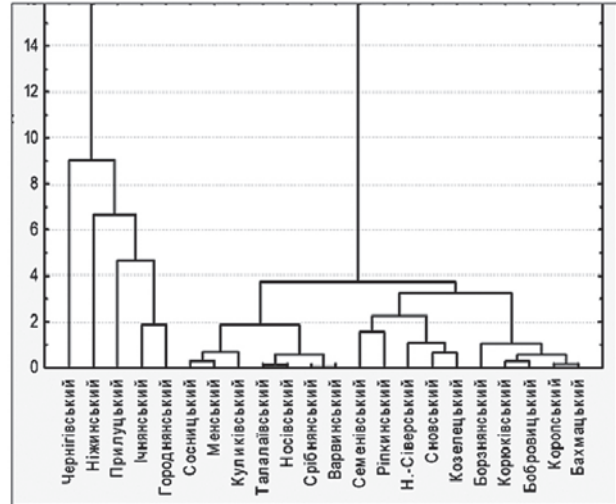


Рис. 4. Дендродіаграма кластерного аналізу території Чернігівської області

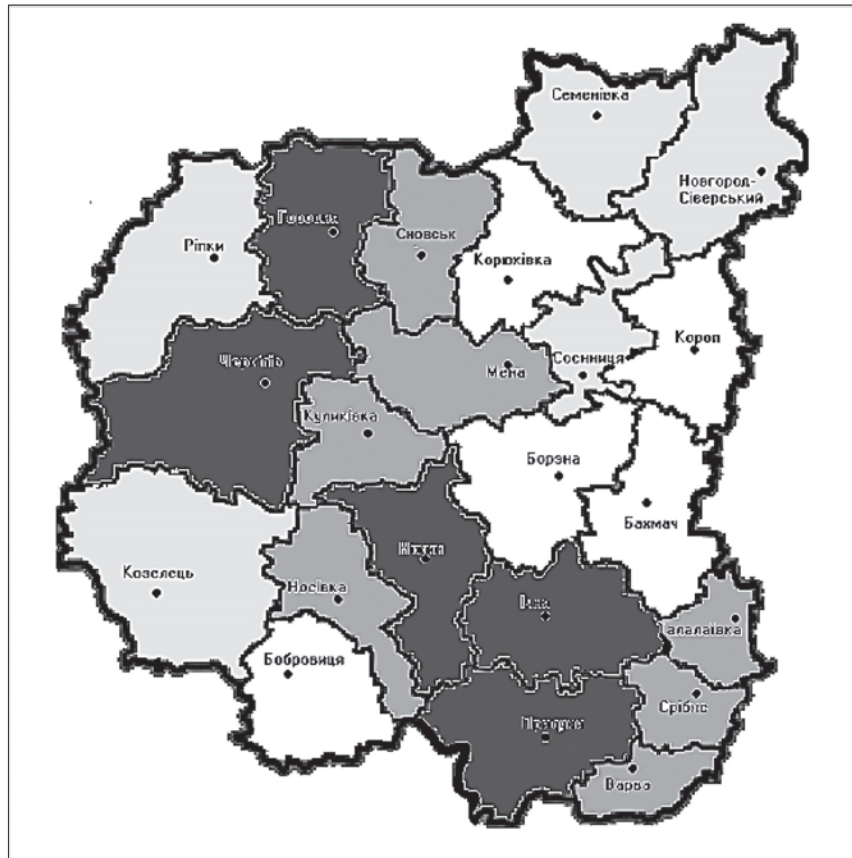


Рис. 5. Карта районування Чернігівської області за рівнем техногенного навантаження, зумовленого впливом ТПВ (кластери наведені у порядку зменшення гостроти проблеми відходів)



становить 6 (рис. 3). Одним із доступних у пакеті програми Statistica інструментів для вибору кількості кластерів є графік процесу об'єднання (рис. 4). На графіку об'єднання знаходиться точка «перелому» і номер кроку (m), на якому відбувся «перелом», тоді кількість кластерів визначається як $n-m$, де n – кількість об'єктів. На нашу думку, такою точкою перелому є крок під номером 18. Виходячи із цього, оптимальна кількість кластерів – 4 ($22-18=4$).

6. *Інтерпретація та аналіз виділених кластерів.* Результатом кластерного аналізу є виділення груп подібних об'єктів, які потребують інтерпретації та детального аналізу. Для виявлення регіональних особливостей сучасного стану накопичення ТПВ у межах території Чернігівської області проведено ієрархічний кластерний аналіз. У результаті проведеного кластерного аналізу виділено чотири кластери особливостей сучасного стану накопичення ТПВ (рис. 4). До одного кластера увійшли адміністративні райони області, які мають подібну специфіку техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля, і водночас відмінні параметри того ж навантаження на території районів інших кластерів. Для формування просторового уявлення про районування території Чернігівської області результати кластерного аналізу також доцільно представити в картографічному вигляді (рис. 5).

Аналізуючи отримані результати, слід зазначити, що максимальний рівень техногенного навантаження, зумовлений впливом ТПВ, взагалі припадає на території п'яти районів Чернігівської області (Городнянський, Ічнянський, Ніжинський, Прилуцький, Чернігівський райони). Усі ці райони віднесені до *першого кластеру*. Для районів цього кластеру характерні найбільші площі, зайняті полігонами та звалищами ТПВ, найбільша кількість утворених відходів і, як наслідок, – найбільший загальний обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації. Щоправда, ці райони мають і найвищий рівень утилізації та знешкодження ТПВ.

Другий і третій кластери характеризуються середніми значеннями параметрів техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля. До *другого кластеру* віднесено сім районів (Варвинський, Куликівський, Менський, Носівський, Сновський, Срібнянський, Талалаївський райони). До *третього кластеру* віднесено п'ять районів (Козе-

лецький, Новгород-Сіверський, Ріпкинський, Семенівський, Сосницький райони).

До четвертого кластеру віднесено п'ять районів (Бахмацький, Бобровицький, Борзнянський, Коропський, Корюківський райони). Райони цього кластеру мають найменші значення параметрів техногенного навантаження, зумовленого впливом відходів на стан довкілля, а утилізація ТПВ тут не здійснюється взагалі.

Висновки з проведеного дослідження. Важливою перевагою наведеного підходу до районування є врахування не лише кількостей накопичених в областях відходів, але і спроможності регіонів до зменшення їх об'ємів шляхом знешкодження і утилізації.

Результати районування підкреслюють нерівномірність розподілення техногенного навантаження, що зумовлено впливом ТПВ у межах Чернігівської області, та відрізняються від ранжування території за окремими показниками. Максимальний рівень техногенного навантаження, зумовлений впливом ТПВ, припадає на території п'яти районів області (кластер 1), що, вочевидь, є наслідком історично сформованого розташування тут виробничих потужностей. Важливою перевагою наведеного підходу до районування є врахування не лише кількостей накопичених в областях відходів, але і спроможності регіонів до зменшення їхніх об'ємів шляхом знешкодження і утилізації. Адже на території п'яти районів області (кластер 4) утилізація ТПВ не здійснюється взагалі.

Сумісне використання сукупності показників надає можливість проведення комплексного картування територій та формування загального уявлення щодо розподілу даної складової техногенного впливу на стан довкілля. Результати даного дослідження доцільно взяти до уваги під час укладання обласних «Програми поводження з твердими побутовими відходами» та «Програми охорони навколишнього природного середовища» на наступні роки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бездухов, О.А. (2015). Кластерний підхід до дослідження господарської освоєності в межах еколого-геоморфологічного аналізу території (на прикладі Чернігівської області). *Physical Geography and Geomorphology*, 79(3), 115–120. Київ : МСП-680 [Bezdukhov, O.A. (2015). Cluster approach of the economic development studying for ecological-geomorphological analysis of the territory (on the

example of Chernihiv region). *Physical Geography and Geomorphology*, 79 (3), 115–120. К. : MSP-680].

2. Бездухов, О.А. (2018). Тверді побутові відходи: динаміка накопичення та сучасний стан (на прикладі Чернігівської області). *Матеріали Всеукраїнської наук. Конф. Суми : СумДПУ імені А.С. Макаренка*. [Bezdukhov, O.A. (2018). Solid Domestic Waste: Dynamics of Accumulation and the Present State (on the example of Chernihiv region), *Materials of the All-Ukrainian Scientific Conference, Sumy : Sumy SPU named after A.S. Makarenko*].

3. Березюк, О.В. Котляр, Ю.О. (2017). Сучасний стан поводження з твердими побутовими відходами в Україні. *Матеріали XLVI регіональної науково-технічної конференції ВНТУ* [Bereziuk, O.V. Kotliar, Yu.O. (2017). The current state of solid waste management in Ukraine. *Materials of the XLVI Regional Scientific and Technical Conference of VNTU*].

4. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2017 рік. (2018). Чернігів. [The environment state in the Chernihiv region report, 2017 (2018). Chernihiv].

5. Ким, Д.О. (1989). *Факторний, дискримінантний і кластерний аналіз*. Рипол Классик. [Kim, D. O. (1989). *Factor, discriminant and cluster analysis*. Ripol Classic].

6. Майстер, А.А. (2014). Кластерний підхід до дослідження сільськогосподарської освоєності території (на прикладі Волинської області). *Геополітика і екогеодинаміка регіонів*, 10(2), 647–651. Симферополь : КНЦ [Maister, A. A. (2014). Cluster approach to the study of agricultural development of the territory (on the example of the Volyn region). *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*, 10 (2), 647–651. Simferopol : KSC].

7. Мельниченко, О.А., Радькова, О.С. (2017). Методи та засоби публічного управління у сфері поводження з твердими побутовими відходами: узагальнення надбань української науки. *Вісник Національного університету цивільного захисту*

України. Серія : Державне управління. Вип. 2. С. 35–43. [Melnychenko, O.A., Radkova, O.S. (2017). *Methods and ways of public management in the field of solid waste management: generalizing the acquisitions of Ukrainian science*. *Bulletin of the National University of Civil Protection of Ukraine. Series : Public Administration*. No. 2, pp. 35–43].

8. Портер, М. (2001). *Конкуренция : пер. с англ. / под ред. ЯВ Заблоцкого*. Москва : Издательский дом «Вильямс». [Porter, M. (2001). *Competition: translated from English / edited by Ya.V. Zablotskyi*. М. : Williams Publishing House].

9. Сафранов, Т.А., Черкез, Є.А., & Шаталін, С.М. (2018). Оцінка сприятливості території Одеської області для розміщення полігонів твердих побутових відходів. *Український гідрометеорологічний журнал*, 21, 98–109. [Safranov, T.A., Cherkez, E.A., Shatalin, S.M. (2018). Assessment of the Odessa region territory favorable for the landfills municipal solid waste placement. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 21, 98–109].

10. Федорова, В.Г. (2011). Теоретико-методичні підходи до визначення поняття кластер. *Ефективна економіка*, (9). [Fedorova, V.G. (2011). Theoretical and methodological approaches to the cluster concept defining. *Efficient economy*, (9)].

11. Шаніна, Т.П., Губанова, О.Р., Клименко, М.О., Сафранов, Т.А., Коріневська, В.Ю., Бедункова, О.О., & Волков, А.І. (2012). *Управління та поводження з відходами : підручник*. Одеса : ОДЕУ. [Shanina T.P., Gubanova O.R., Klymenko M.A., Safranov T.A., Korinevska V. Yu., Biedunkova A.A., Volkov A.I. (2012). *Waste management and handling: Textbook*. Odessa : ODEU].

12. *Учебник по статистике StatSoft (2012). Электронный ресурс. Статистический портал StatSoft*. [Statistics StatSoft textbook. (2012). Electronic resource. Statistical portal StatSoft].

Стаття надійшла до редакції 29.05.2019

The article was submitted for publication on 29.05.2019