

УДК 504

А. В. ЧУГАЙ, канд. геогр. наук, доц., **В. В. ПИЛИП'ЮК**, канд. геогр. наук,
Г. О. БОРОВСЬКА, канд. геогр. наук, доц.
Одеський державний екологічний університет, м. Одеса
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016
e-mail: avchugai@ukr.net

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мета. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря і поверхневих вод Запорізької області, а також оцінка техногенного навантаження на природне середовище регіону за багаторічний період. **Методи.** Статистичні. **Результати.** Виконано оцінку рівня забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод регіону. Оцінено модуль техногенного навантаження на регіон за багаторічний період. Розраховано та проаналізовано рівень техногенного навантаження на природне середовище Запорізької області. **Висновки.** Запорізька область відноситься до техногенно-напружених регіонів. Першочерговими завданнями щодо покращення стану довкілля є заходи, пов'язані із зменшенням кількості викидів ЗР в атмосферне повітря і утворення відходів.

Ключові слова: оцінка якості, повітря, водне середовище, модуль техногенного навантаження

Chugai A. V., Pilipyuk V. V., Borovska H. O.

Odessa State Environmental University

ANALYSIS OF TECHNOGENIC LOADING ON THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE ZAPOROZHYE REGION

Purpose. To assess the level of pollution of the atmospheric air and the surface waters of the Zaporozhye region, as well as assessing the technogenic loading on the natural environment of the region. **Methods.** Statistical. **Results.** The obtained results indicate that the highest values of the atmospheric pollution index are defined in such substances as formaldehyde, phenol, nitrogen dioxide and nitrogen oxide. The surface waters quality of the Zaporozhye region was characterized as "poorly polluted", class I – "polluted", class II. The assessment of the loading on the air basin showed a gradual decrease in the level of loading. The contribution of mobile sources is about 50 % of the total emissions. For the surface water, there is also a significant decrease in a loading module index. With the amount of accumulated waste, a loading level increases. For a generated waste amount, a maximum amount is solid household waste. The overall assessment of a technogenic loading on the region shows that in 2010 – 2012, the maximum values of a man-caused load module were characterized. A slight decrease in an anthropogenic pressure level is noted. This is due to the reduction of pollutants emissions into the atmosphere and the generation of waste in 2013 – 2015. **Conclusion.** Zaporozhye region belongs to the technogenically stressed regions. Priorities for improving the state of the environment are activities related to reducing the amount of pollutant emissions into the atmosphere and the generation of waste.

Key words: natural environment, polluting substance, quality assessment, technogenic loading module

Чугай А. В., Пилипюк В. В., Боровская Г. А.

Одесский государственный экологический университет

АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ЗАПОРОЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод Запорожской области, а также оценка техногенной нагрузки на природную среду региона за многолетний период. **Методы.** Статистические. **Результаты.** Выполнена оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод региона. Рассмотрены и проанализированы уровень техногенной нагрузки на природную среду Запорожской области. Оценен модуль техногенной нагрузки на регион за многолетний период. **Выводы.** Запорожская область относится к техногенно-напряженным регионам. Первоочередными задачами по улучшению состояния окружающей среды являются мероприятия, связанные с уменьшением количества выбросов ЗВ в атмосферный воздух и образования отходов.

Ключевые слова: природная среда, загрязняющее вещество, оценка качества, модуль техногенной нагрузки

Вступ

Запорізька область відноситься до регіонів України, де сконцентровано значний промисловий потенціал таких галузей виробництва, як металургійний, гірничо-збагачувальний, машино-будівний та хімічний комплекси. Також в регіоні розташований один з об'єктів атомної енергетики України – Запорізька АЕС. Обласний центр регіону м. Запоріжжя належить до індустриальних центрів країни та відіграє важливу роль у соціально-економічному розвитку області і держави в цілому [1]. Всі ці обставини обумовлюють високий рівень техногенного навантаження на природне середовище регіону.

Метою роботи є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря і поверхневих

вод Запорізької області, а також оцінка техногенного навантаження на природне середовище регіону за багаторічний період.

Об'єкт та вихідні матеріали досліджень. Об'єктом дослідження є природне середовище Запорізької області, предметом дослідження – рівень техногенного навантаження на природне середовище області.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища, Екологічних паспортів регіону, дані Головного управління статистики в Запорізькій області за 2007 – 2016 рр. [1 – 7].

Методи досліджень

В роботі використано методи статистичного та порівняльного аналізу. Для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя розглянуто індекс забруднення атмосфери (*I*₅).

*I*₅ окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right) C_i, \quad (1)$$

де C_i – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості *i*-ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Вважається, що при $I \leq 1$ якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Комплексний *I*₅ (*KI*₅) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного *n* речовинами, що присутні в атмосфері міста. *KI*₅ розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right) C_i, \quad (2)$$

де \bar{q} – осереднена за часом (місяць або рік), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація *i*-ої домішки; *i* – домішка.

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою *KI*₅ можна використати значення одиничних індек-

сів *I*₅ тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (3)$$

Величина *I*₅ менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 – забрудненій; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері [8].

Оцінку якості вод можна проводити на основі розрахунку індексу забруднення води [9], комплексного показника екологічного стану [10], а також екологічного індексу згідно [11]. Нами була застосована методика оцінки якості поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками (методика Гідрохімічного інституту) [9]. Якість води згідно методики визначається через комплексний показник, який називається комбінаторним індексом забруднення (*KI*₃):

$$KI_3 = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (4)$$

де S_i – загальний оціночний бал, отриманий шляхом перемноження показника повторюваності випадків перевищення *ГДК* і показника кратності перевищення *ГДК*.

Із загального числа врахованих інгредієнтів і показників якості води визначаються лімітуючі показники забруднення

(ЛПЗ). Величина сумарного оціночного балу за таким інгредієнтом дорівнює чи більше 11. Виділяють 4 класи якості води: слабо забруднена, забруднена, брудна, дуже брудна [9].

Для оцінки та аналізу рівня техногенного навантаження на Запорізьку області застосовано принцип розрахунку модуля техногенного навантаження (МТН).

Під МТН розуміється обсяг стічних вод та твердих відходів промислових та ко-

мунальних об'єктів, рознесених по адміністративних одиницях (областях), що вимірюються в тисячах т на 1 км² за рік. Недоліком МТН є те, що в ньому не враховуються газоподібні викиди в атмосферне повітря, які спричиняють значні забруднення середовища. Тому МТН доцільно визначати як об'єм поллютантів у газових викидах в атмосферне повітря, у стічних водах та неутілізованих твердих відходах антропогенної діяльності [12].

Результати досліджень та їх аналіз

Основна частина забруднень потрапляє в атмосферу регіону від підприємств м. Запоріжжя та м. Енергодар [1]. Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства, викиди яких становлять 60 – 70 % від загального валового обсягу викиду. Також, Запоріжжя – єдине місто в області, де проводяться дослідження стану атмосферного повітря по 5 постах спостереження. Аналіз рівня забруднення атмосфери проводився по

8 забруднюючим речовинам (ЗР), спостереження за якими проводяться в місті.

На рис. 1 наведено графік динаміки зміни ІЗА м. Запоріжжя за 2011 – 2016 рр. Як видно, майже у всі роки найбільші значення ІЗА відзначаються по таких речовинах, як формальдегід, фенол, діоксид азоту та оксид азоту. З 2011 р. спостерігається зменшення значень ІЗА по вказаних вище речовинах, а також по оксиду вуглецю.

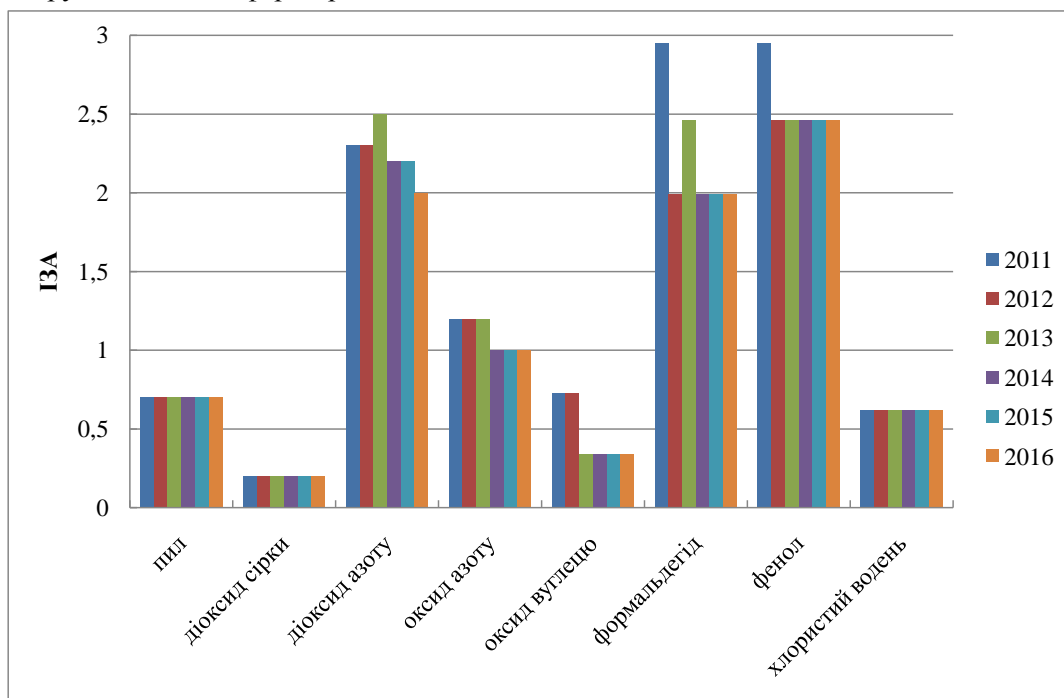


Рис. 1 – Динаміка зміни ІЗА м. Запоріжжя окремими ЗР у 2011 – 2016 рр.

Для розрахунку КІЗА було визначено за кожний рік 5 речовин, для яких ІЗА є найбільшим. Аналіз показав, що до таких речовин відносяться:

- у 2011 – 2012 рр. – фенол, формальдегід, діоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю;

- у 2013 – 2016 рр. – фенол, формальдегід, діоксид азоту, оксид азоту, пил.

Аналіз динаміки зміни КІЗА м. Запоріжжя за 2011 – 2016 рр. (рис. 2) показує, що значення КІЗА за період дослідження зменшилось приблизно на 20 %, що є результатом зменшення одиничних ІЗА по

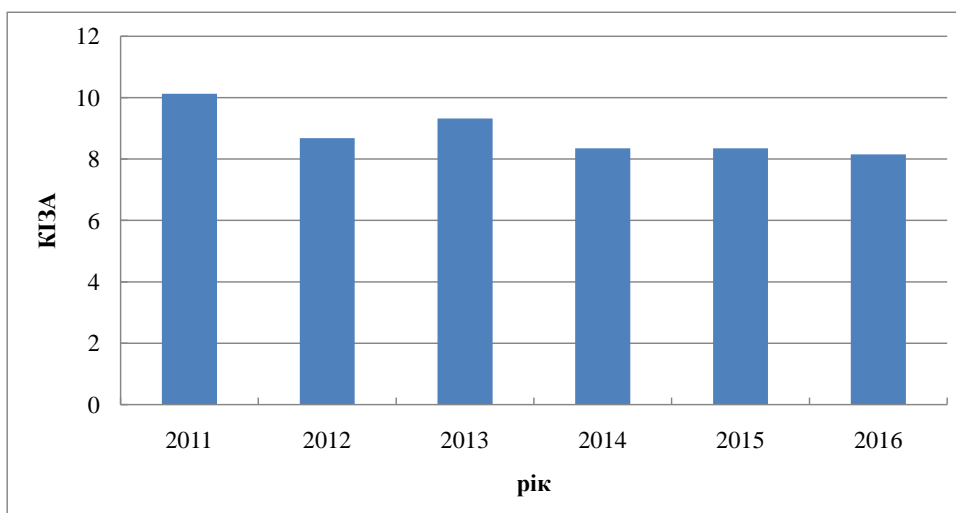


Рис. 2 – Динаміка зміни KIZA м. Запоріжжя у 2011 – 2016 рр.

окремих речовинах, як зазначено вище. Стан атмосфери можна класифікувати як «забруднений».

Найбільшими забруднювачами водних об'єктів області є промислові об'єкти чорної і кольорової металургії та житлово-комунальний сектор. На рис. 3 наведено

динаміку використання води по області у 2016 р. різними галузями промисловості.

Найбільш водоемною галуззю є енергетична, друге місце посідають металургійна промисловість та сільське господарство, третє – житлово-комунальне господарство.

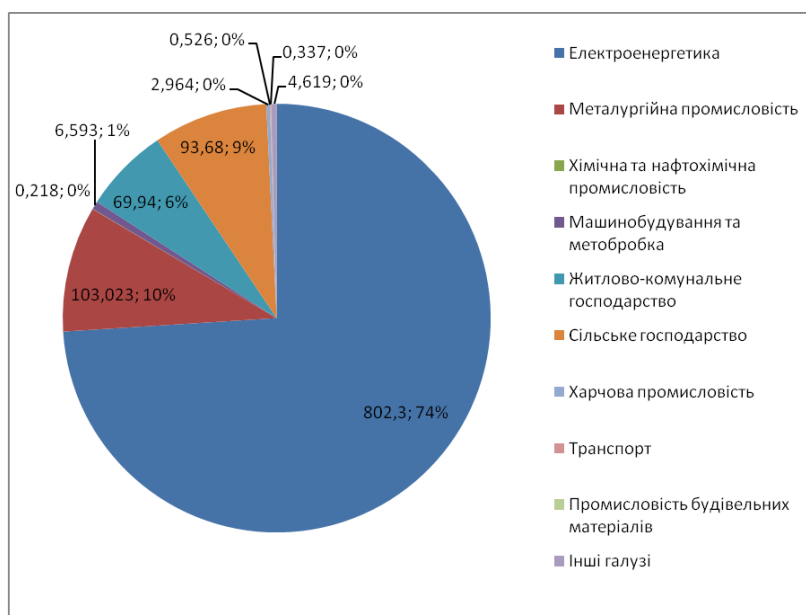


Рис. 3 – Використання води за галузями промисловості у Запорізькій області у 2016 р.

Оцінка якості поверхневих вод регіону виконана за 2015 – 2016 рр. на основі даних, наведених у [1]. Аналізувався стан якості поверхневих вод за 17 показниками (азот амонійний, алюміній, СПАР, БСК₅, залізо, кальцій, магній, марганець, мідь, нафтопродукти (НП), нікель, азот нітратний,

азот нітритний, сульфати, сухий залишок, фосфати, хлориди) за даними спостережень у 4 створах.

Аналіз показав, що по жодному з показників, які аналізувались, не було відзначено перевищень ГДК. По таких показниках, як азот нітритний, хлориди, мідь, азот

нітратний, сульфати і фосфати рівень концентрацій був на порядок нижче *ГДК*. Характерної динаміки зміни концентрацій по створах спостережень також не відзначено. Рівень концентрацій у 2015 – 2016 рр. значно не змінювався.

Результати оцінки якості вод показали, що жодного *ЛПЗ* виявлено не було, що є цілком закономірним, оскільки не відзначалось перевищень *ГДК*. Узагальнений оціночний бал S_i для усіх показників якості вод

приймав значення, що дорівнює 1. На рис. 4 наведено значення *КІЗ* для поверхневих вод Запорізької області у 2015 – 2016 рр.

Значення *КІЗ* складає 17 у 2015 – 2016 рр. Якість поверхневих вод Запорізької області можна класифікувати як «слабко забруднена», клас I – «забруднена», клас II. Окремі результати оцінки якості поверхневих вод Запорізької області наведено у роботі [13].

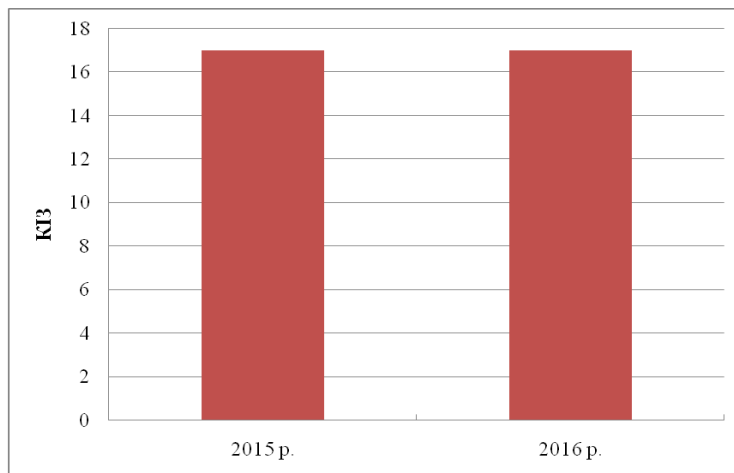


Рис. 4 – Значення *КІЗ* поверхневих вод Запорізької області у 2015 – 2016 рр.

В роботі оцінено модуль навантаження (*МН*) на окремі середовища (атмосферне повітря, поверхневі води, ґрунти), а також зроблено загальну оцінку навантаження на регіон за багаторічний період (2007 – 2016 рр.).

Оцінка навантаження на атмосферне повітря регіону виконано за даними [1, 3].

На рис. 5 наведено динаміку зміни *МН* на атмосферне повітря Запорізької області.

Аналіз значення *МН* (рис.5) показує, що з 2007 по 2015 рр. відзначається поступове зменшення показника *МН*. Максимальні значення відзначені у 2007 та 2013 рр.

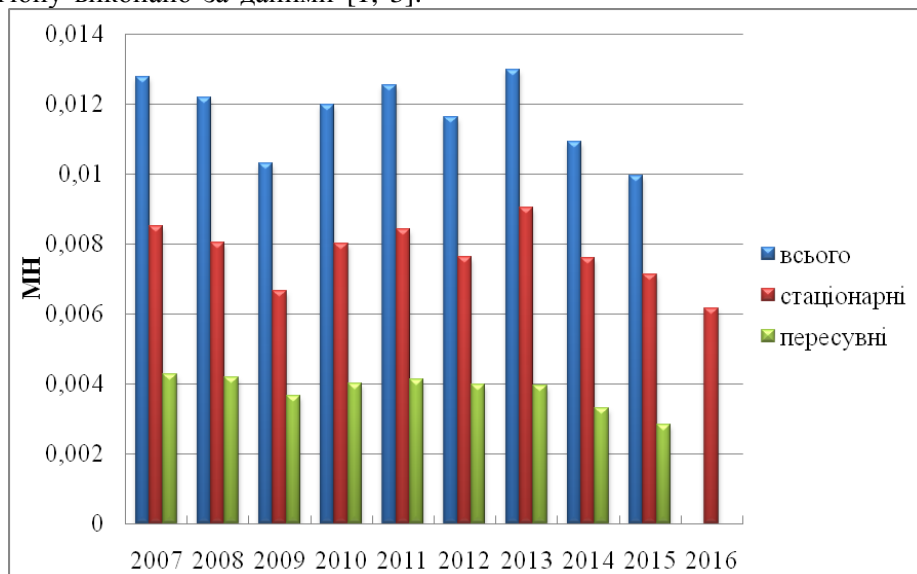


Рис. 5 – Значення *МН* на атмосферне повітря Запорізької області у 2007 – 2016 рр.

за рахунок викидів від стаціонарних джерел. Значення *MH* і по стаціонарних, і по пересувних джерелах за період дослідження зменшилось на 25 % і більше. Внесок пересувних джерел складає близько 50 % від загального обсягу викидів. Оскільки за 2016 р. відсутня інформація по викидах від цього

забруднювача, то оцінка *MH* по загальному обсягу викидів була неможливою.

Оцінка рівня техногенного навантаження на поверхневій водні об'єкті виконана на основі даних, наведених у [1, 2, 4 – 6]. На рис. 6 наведено динаміку зміни показника *MH* на поверхневій воді Запорізької області за 2007 – 2016 рр.

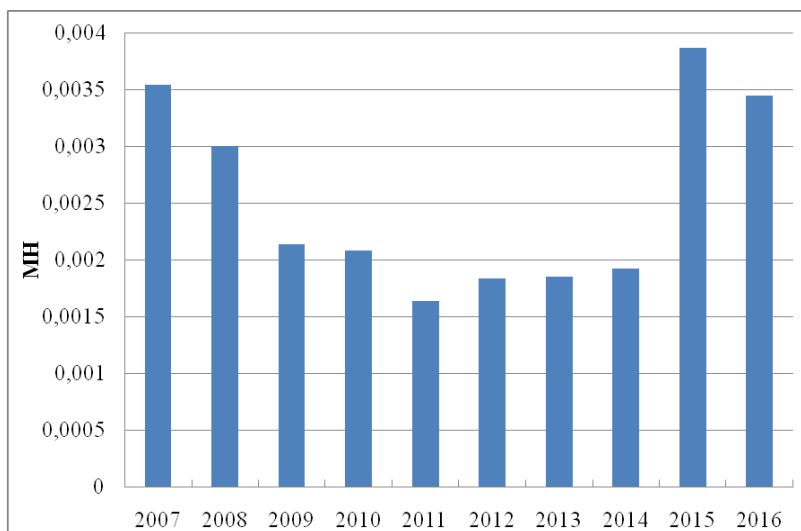


Рис. 6 – Значення *MH* на поверхневій воді Запорізької області у 2007 – 2016 рр.

Як видно, з 2007 по 2014 рр. відзначалось значне зменшення показника *MH* (майже в 2 рази порівняно з 2007 р.). У 2015 р. відзначено різке збільшення *MH* до рівня 2007 р. На нашу думку це може бути пов'язано із різномірністю даних, оскільки обсяги скидів ЗР у поверхневій водні об'єкти за 2007 – 2014 рр. були представлені загальною цифрою, а у 2015 – 2016 рр. розглядалися відомості про обсяги скидів окремих речовин. Хоча і можливо припустити деяке збільшення скидів ЗР в ці роки, оскі-

льки за даними [1] відзначалось збільшення обсягів скидів стічних вод в 2015 – 2016 рр. порівняно з 2014 р.

Розрахунок показника *MH* з урахуванням кількості відходів, що утворюються на території Запорізької області, зроблено на основі даних Головного управління статистики в Запорізькій області [7]. На рис. 7 наведено динаміку значень показника *MH* за кількістю відходів, накопичених на території області за 2007 – 2016 рр. Значення *MH* значно збільшуються з 2010 р. Це

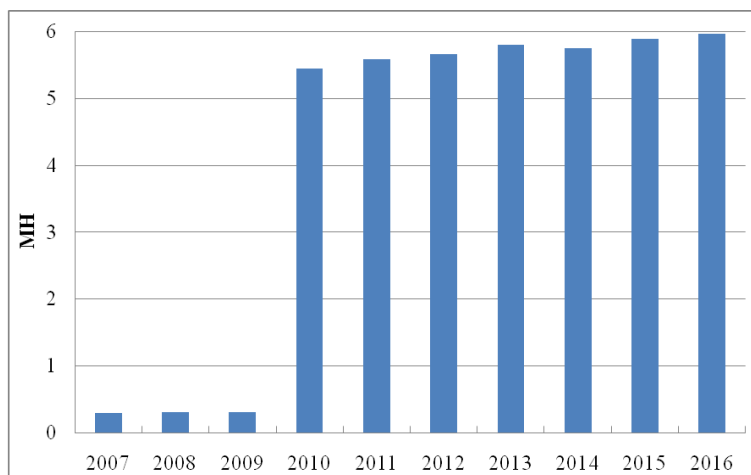


Рис. 7 – Значення *MH* за кількістю відходів, накопичених у Запорізькій області у 2007 – 2016 рр.

пояснюється тим, що до 2010 р. статистична звітність містила тільки відомості щодо кількості відходів I – III класів небезпеки. З 2010 р. до даних статистичної звітності входять відомості щодо обсягу утворення і накопичення твердих побутових відходів (ТПВ). В цілому за кількістю відходів, що накопичено на території області, рівень навантаження з кожним роком зростає.

На рис. 8 наведено динаміку значень показника *MH* за кількістю відходів, що утворились. Аналіз показує, що максимальну кількість у потоці відходів, що утворюються на території Запорізької області, складають ТПВ. Значення показника *MH* за

кількістю ТПВ та відходів, утворених в цілому по області, майже однакові. З 2012 по 2016 рр. відзначається зменшення *MH* по показниках утворення відходів на 25 – 30 %.

Для загальної оцінки та аналізу техногенного навантаження на Запорізьку область обраний період 2010 – 2015 рр., який характеризується єдиним набором вихідної інформації. У табл. наведено обсяги викидів, скидів ЗР та утворення відходів за цей період, а також розраховані значення *MTH* на природне середовище області, на рис. 9 – графічне відображення динаміки зміни *MTH*.

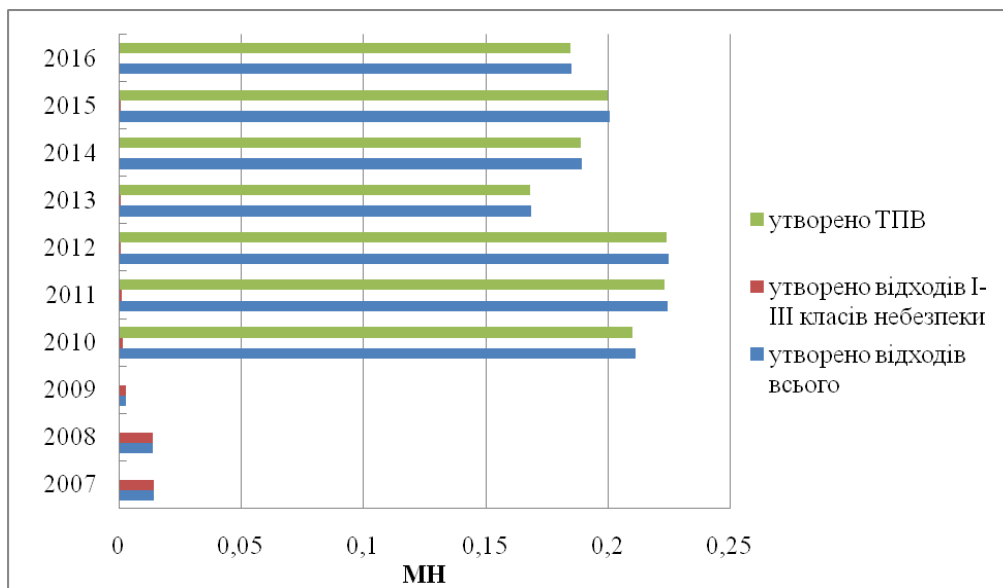


Рис. 8 – Значення *MH* за кількістю утворених відходів у Запорізькій області у 2007 – 2016 рр.

Таблиця
Обсяги викидів, скидів ЗР та утворення відходів (тис. т) і значення *MTH* у Запорізькій області у 2010 – 2015 рр.

Рік	Викиди ЗР	Скиди ЗР	Утворення відходів	Загальна кількість ЗР	<i>MTH</i>
2010	326,1	56,57	5758,1	6140,77	0,23
2011	341,2	44,58	6106,5	6492,28	0,24
2012	316	49,93	6120,9	6486,83	0,24
2013	353	50,31	4594,9	4998,21	0,18
2014	296,7	52,305	5155,6	5504,605	0,20
2015	270,4	105,166	5463,3	5838,866	0,21

Аналіз представлених даних у таблиці і рисунку показує, що 2010 – 2012 рр. характеризувались максимальними значеннями *MTH*, мінімальне значення відзначалось у 2013 р. В цілому за період, що розг-

лядається, відзначається деяке зменшення техногенного навантаження. Це обумовлено зменшенням викидів ЗР в атмосферне повітря у 2014 – 2015 рр. і утворення відходів у 2013 – 2015 рр.

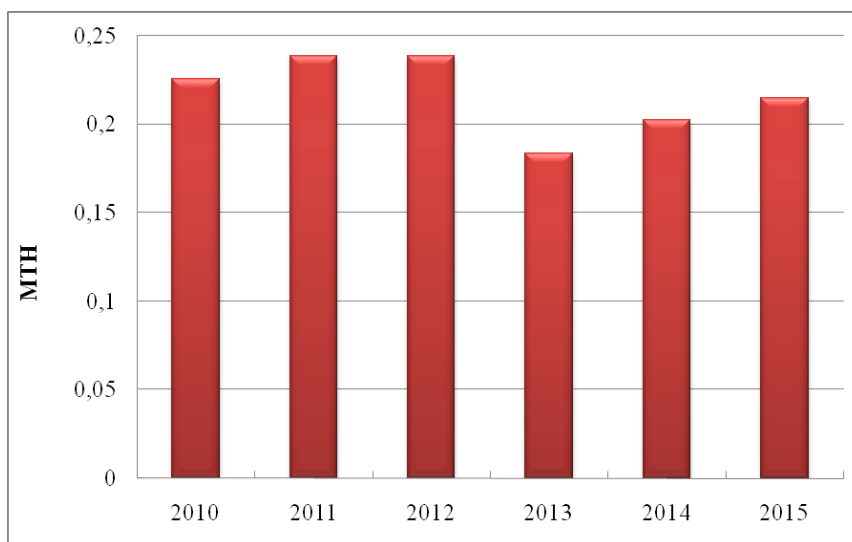


Рис. 9 – Динаміка зміни МТН на природне середовище Запорізької області у 2010 – 2015 рр.

Проте у 2015 р. відзначено значене збільшення скидів ЗР у поверхневі води (це пи-

тання розглядалось вище), що і позначилось на значенні показника МТН у 2015 р.

Висновки

Оцінено рівень забруднення атмосферного повітря і поверхневих вод, а також рівень техногенного навантаження на природне середовище Запорізької області за багаторічний період. Максимальні значення ІЗА відзначаються по таких речовинах, як формальдегід, фенол, діоксид азоту та оксид азоту. Стан атмосфери можна класифікувати як «забруднений».

Якість поверхневих вод характеризувалась як «слабко забруднена», клас І – «забруднена», клас ІІ.

2010 – 2012 рр. характеризувались максимальними значеннями МТН. Відзначено деяке зменшення рівня техногенного навантаження. Це обумовлено зменшенням викидів ЗР в атмосферне повітря і утворення відходів у 2013 – 2015 рр.

Так, Запорізька область відноситься до техногенно-напружених регіонів. Обсяги викидів, скидів ЗР і утворення відходів складають в останні роки близько 6000 тис. т/рік і більше.

Першочерговими завданнями щодо покращення стану довкілля слід вважати:

- заходи, пов'язані із зменшенням кількості викидів ЗР в атмосферне повітря, приведення викидів до гранично допустимих нормативів через впровадження новітніх технологій та систем очистки;
- розробка та впровадження ефективної програми поводження з ТПВ, перегляд паспортів місць видалення відходів;
- ефективна реалізація існуючих природоохоронних програм на рівні м. Запоріжжя і області в цілому.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 р. Запоріжжя, 2017. 323 с.
2. Екологічний паспорт Запорізької області за 2015 рік. Запоріжжя, 2015. 166 с.
3. Електронний ресурс: URL: <http://investment.zoda.gov.ua/uk/zaporizhzhya-region> (дата звернення: 12.05.2018 р.).
4. Екологічний паспорт Запорізької області за 2009 рік. Запоріжжя, 2010. 119 с.
5. Екологічний паспорт Запорізької області за 2011 рік. Запоріжжя, 2012. 130 с.
6. Екологічний паспорт Запорізької області за 2014 рік. Запоріжжя, 2015. 179 с.
7. Електронний ресурс: URL: http://www.zp.ukrstat.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=6001&Itemid=100065 (дата звернення: 13.05.2018 р.).
8. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. 116 с.
9. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. 262 с.

10. Позаченюк Е.А., Тимченко З.В. Учебное пособие по изучению дисциплины «Водные ресурсы и водное хозяйство Крыма». Симферополь, 2003. 107 с.
11. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.
12. Електронний ресурс: URL: <http://ecolog.at.ua> (дата звернення: 2.05.2017 р.).
13. Пилип'юк В.В., Замориняк О.Я. Аналіз антропогенного навантаження на поверхневі води Запорізької області // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. 2018. № 1(21). С. 161 – 171.

References

1. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Zaporizkii oblasti u 2016 r.(2017). [Regional report on the state of the environment in Zaporozhye region in 2016]. Zaporizhzhia. 323. [in Ukrainian].
2. Ekolohichniy pasport Zaporizkoi oblasti za 2015 rik.(2015). [Environmental passport of Zaporizhzhya Oblast for 2015] Zaporizhzhia, 166. [in Ukrainian].
3. Elektronnyi resurs: URL: <http://investment.zoda.gov.ua/uk/zaporizhzhya-region> . [in Ukrainian].
4. Ekolohichniy pasport Zaporizkoi oblasti za 2009 rik. (2010)/ [Environmental passport of Zaporizhzhya Oblast for 2009]. Zaporizhzhia. 119. [in Ukrainian].
5. Ekolohichniy pasport Zaporizkoi oblasti za 2011 rik. (2012). [Environmental passport of Zaporizhzhya Oblast for 2011]. Zaporizhzhia. 130 . [in Ukrainian].
6. Ekolohichniy pasport Zaporizkoi oblasti za 2014 rik. (2015). [Environmental passport of Zaporizhzhya Oblast for 2014]. Zaporizhzhia. 179. [in Ukrainian].
7. Elektronnyi resurs: Available at: http://www.zp.ukrstat.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=6001&Itemid=100065 [in Ukrainian].
8. Bezuhlaia E.Iu. (1986). Monitorynh sostoiannya zahriaznennia atmosferu v horodakh.[Monitoring of atmospheric pollution in cities]. Lenynhrad: Hydrometeoyzdat, 1986. 116 s. [in Russian].
9. Snizhko S.I. (2001). Otsinka ta prohnozuvannia yakosti pryrodnykh vod. [Estimation and prediction of natural water quality.].Kyiv: Nika-Tsentr. 262. [in Ukrainian].
10. Pozacheniuk E.A., Tymchenko Z.V. (2003). Uchebnoe posobyie po yzucheniyu dystsyplynu «Vodnue resursu y vodnoe khoziaistvo Kruma». [A manual for studying the discipline "Water Resources and Water Management of the Crimea"]. Symferopol. 107. [in Russian].
11. Romanenko V.D., Zhukynskyi V.M., Oksiuk O.P. ta in. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy[Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. Kyiv: Symvol-T. 28. [in Ukrainian].
12. Elektronnyi resurs (2017). Available at: <http://ecolog.at.ua> [in Ukrainian].
13. Pylypiuk V.V., Zamoryniak O.Ia.(2018). Analiz antropohennoho navantazhennia na poverkhnevi vody Zaporizkoi oblasti [Anthropogenic loading analysis on the surface waters of Zaporozhye region]. *Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas..* 1(21). 161 – 171. [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 25.05.2018