

**О. Г. ЛЕВИЦЬКА**

### **ОЦІНКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ СПАЛЮВАННІ МАЛО- ТА ВИСОКОСІРЧИСТИХ МАЗУТІВ**

В статті показана проблема забруднення довкілля при застосуванні мазутів у теплових та енергетичних установках. Використання високосірчистих мазутів для забезпечення роботи теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій та котельних у стаціонарному устаткуванні в Україні заборонено з 2018 року. Світовими тенденціями стала потенційна заборона цього виду палива для роботи пересувних джерел викиду, зокрема морського транспорту. Тому метою роботи стало обґрунтування вимог національного законодавства та визначення переваг малосірчистих мазутів у порівнянні із високосірчистими. В статті наведена оцінка викидів шкідливих речовин, зокрема суспендованих твердих частинок, сполук сірки, азоту, вуглецю, ванадію, органічних летких сполук при спалюванні мазутів із різним хімічним складом. Завданнями роботи стала оцінка хімічного складу досліджуваних палив, ефективності роботи очисного устаткування, процесів зв'язування поллютантів золою та розрахунок за визначеними даними коефіцієнтів емісії забруднюючих речовин та величини їх викидів при згорянні тонни палива у топках енергетичного та теплового устаткування. У роботі застосовані розрахункові методи визначення викидів в атмосферне повітря при спалюванні палив на основі показників емісій забруднюючих речовин, що містяться у викиді за методикою Українського наукового центру технічної екології, що розроблена із використанням міжнародних методичних рекомендацій та стандартів. Приведений розрахунок викидів шкідливих речовин при спалюванні мазутів може бути використаний при розробці підприємствами, що забруднюють атмосферне повітря, дозвільних документів. При проведенні порівняльного аналізу виявлені високі значення по викидам діоксиду сірки по високосірчистим мазутам, за іншими показниками викиди забруднюючих речовин при спалюванні різних видів мазутів є схожими. У статті також визначено, що більша частка вуглецю досліджуваних палив переходить у викид діоксиду вуглецю і менша – у викид оксиду вуглецю. Більша частка азоту переходить у викид оксиду азоту і менша – у викид оксиду діазоту. Таким чином, в роботі доведена небезпека високосірчистих мазутів з точки зору викидів сполук сірки, однак при застосуванні технологій щодо зниження вмісту сірки такі мазути можуть застосовуватись на рівні із малосірчистими, оскільки мають схожий якісний і кількісний склад викидів інших забруднюючих речовин.

**Ключові слова:** мазут, забруднюючі речовини, викид, теплота згорання, показник емісії, сірка.

**Е. Г. ЛЕВИЦКАЯ**

### **ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ МАЛО- И ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ МАЗУТОВ**

В статье показана проблема загрязнения окружающей среды при использовании мазутов в тепловых и энергетических установках. Использование высокосернистых мазутов для обеспечения работы теплоэлектростанций, теплоэлектростанций и котельных в стационарном оборудовании в Украине запрещено с 2018 года. Международной тенденцией стал потенциальный запрет использования этого вида топлива для работы передвижных источников выброса, в том числе морского транспорта. Поэтому целью работы стало обоснование требований национального законодательства и определение преимуществ малосернистых мазутов в сравнении с высокосернистыми. В статье приведена оценка выбросов вредных веществ, в том числе суспендированных твердых частиц, соединений серы, азота, углерода, ванадия, органических летучих соединений при сжигании мазутов с разным химическим составом. Задачами работы стала оценка химического состава исследуемых топлив, эффективности работы очистного оборудования, процессов связывания поллютантов золой и расчет по определенным данным коэффициентов эмиссии загрязняющих веществ и величины их выбросов при сгорании тонны топлива в топках энергетического и теплового оборудования. В работе использованы расчетные методы определения выбросов в атмосферный воздух при сжигании топлив на основании показателей эмиссии загрязняющих веществ, содержащихся в выбросе, по методике Украинского научного центра технической экологии, разработанной с использованием международных методических рекомендаций и стандартов. Приведенный расчет выбросов вредных веществ при сжигании мазутов может использоваться при разработке предприятиями, загрязняющими атмосферный воздух, разрешительных документов. При проведении сравнительного анализа определены высокие значения по выбросам диоксида серы для высокосернистых мазутов, по другим показателям выбросы загрязняющих веществ при сжигании разных видов мазутов схожи. В статье также определено, что большая часть углерода исследуемых топлив переходит в выброс диоксида углерода и меньшая – в выброс оксида углерода. Большая часть азота переходит в выброс оксида азота и меньшая – в выброс оксида диазота. Таким образом, в работе доказана опасность высокосернистых мазутов с точки зрения выбросов соединений серы, однако при использовании технологий снижения содержания серы такие мазуты могут использоваться также как и малосернистые, так как имеют схожий качественный и количественный состав выбросов других загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** мазут, загрязняющие вещества, выброс, теплота сгорания, показатель эмиссии, сера.

**О. Н. LEVYTSKA**

### **EVALUATION OF EMISSIONS OF POLLUTING SUBSTANCES WHEN BURNING SMALL AND HIGH SULFUR OIL**

The article shows the problem of environmental pollution when using fuel oil in thermal and power plants. The use of high sulfur fuel oil to ensure the operation of cogeneration plants, thermal power and boiler plants in stationary equipment in Ukraine has been prohibited since 2018. The potential ban of using of this type of fuel for the operation of mobile emission sources, including maritime transport has become an international trend. Therefore, the aim of the work was to substantiate the requirements of national legislation and to determine the advantages of low-sulfur fuel oil in comparison with high-sulfur. The article provides an estimate of emissions of harmful substances, including suspended solids, sulfur, nitrogen, carbon, vanadium compounds, organo-containing volatile compounds during the combustion of fuel oils with different chemistry. The tasks of the work were to evaluate the chemistry of the studied fuels, the efficiency of the treatment equipment, the processes of binding pollutants with ash, and the calculation of the emission factors of pollutants and the values of their emissions during the combustion of a ton of fuel in the furnaces of power and heating equipment. The paper used calculation methods for determining emissions into the air during fuel combustion based on indicators of emissions of pollutants contained in the emissions, according to the methodology of the Ukrainian Scientific Center of Technical Ecology, developed using international guidelines and standards. The above calculation of emissions of harmful substances during the burning of fuel oil can be used in the

© О. Г. Левицька, 2020

development of permits by enterprises polluting the atmospheric air. When conducting a comparative analysis, high values were determined for sulfur dioxide emissions for high sulfur fuel oil, for other indicators, pollutant emissions during the combustion of various types of fuel oil are similar. The article also determined that most of the carbon in the studied fuels goes into carbon dioxide emissions and a smaller part – into carbon monoxide emissions. Most of the nitrogen goes into the emission of nitric oxide and a smaller part – into the emission of dinitric oxide. Thus, the work proved the danger of high-sulfur fuel oil in terms of sulfur compounds emissions, however, when using sulfur reduction technologies, such fuel oil can also be used as low-sulfur fuel, since they have a similar qualitative and quantitative composition of emissions of other pollutants.

**Keywords:** fuel oil, pollutants, emission, calorific value, emission indicator, sulfur.

**Вступ.** Питання отримання енергії сотні років залишається актуальним і ставить нові задачі перед людством. Вичерпність корисних копалин та екологічність енергетичних ресурсів є важливими задачами, що спонукають знижувати або обмежувати споживання невідновних видів палив. Зокрема, в Україні заборонене використання високосірчистих мазутів для забезпечення роботи теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій та котельних у стаціонарному устаткуванні.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Враховуючи дані United States Environmental Protection Agency, близько 65 % глобальних викидів парникових газів утворюється саме при спалюванні вичерпного палива [1, 2]. Згорання саме вичерпних видів палива вважають найбільшим джерелом парникових газів в атмосферу [3], а діоксид вуглецю складає найбільшу частку у викидах [4]. Економічна складова при оцінці ефективності експлуатації природних ресурсів сьогодні безперечно корелює з екологічною. Так, авторами [5] розглянуті сценарії для оцінки впливу політики стабілізації зміни клімату на ринках вичерпного палива, де показано, що нафта і газ створюють вищий дохід, ніж вугілля, в той час як останній є найбільшим серед розглянутих джерелом викиду CO<sub>2</sub>.

В той же час видобування та використання нафтопродуктів є джерелом забруднення ґрунтів, сті-

чних та поверхневих вод [6], що призводить не тільки до погіршення екологічного стану природних екосистем, а і до необхідності очищення стічних вод і забруднених територій, з чим пов'язане створення очисних систем [7, 8], розробка технологій реабілітації ґрунтів [9] та виготовлення сорбентів і сорбційних матеріалів [6, 10, 11], використання наукового потенціалу при проведенні відповідних досліджень. Таким чином, аналітичні прогнози ринку енергетичних ресурсів свідчать не на користь вичерпного палива.

**Постановка проблеми.** Враховуючи різноманітність енергетичних ресурсів, питання їх дефіциту та необхідності заміни, наразі виникає проблема їх порівняння та обґрунтування діючих заборон на використання високосірчистих палив для забезпечення роботи теплоелектроцентралей, теплоелектростанцій та котельних у стаціонарному устаткуванні. При цьому важливими складовими порівняльного аналізу є не тільки кількісні та якісні показники самих палив, але і їх вплив на навколишнє середовище, зокрема оцінюється кількість та склад викидів при згорянні палива. Тому в роботі порівняні викиди шкідливих речовин при спалюванні мазутів із різним вмістом сірки.

**Результати досліджень.** При проведенні розрахунків за методикою [12] враховувалось обладнання, в якому проходять процеси горіння, та способи спалювання, що наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Процеси і обладнання для спалювання палива

Вид палива	Топка	Процес спалювання	$Q_i^r$ , нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг
Мазут високосірчистий М100	камерна	факельне спалювання	39,17*
Мазут малосірчистий М100	камерна	факельне спалювання	39,94*

\* - із врахуванням перерахунку на нижчу робочу теплоту згорання палива.

\*\* - при нехтуванні значенням  $W^r$  – вмісту вологи, прийнято  $Q^d = Q^r$ .

**Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок.** При роботі камерних топок застосовують електрофільтри, котрі ефективно працюють при уловленні дрібних фракцій золи менше 1 мкм. Їх ефективність ( $\eta_{zu}$ ) за умов коректної експлуатації та відповідної фракційності поллютантів, що уловлюються, може досягати 99 % та навіть більше, що і враховуємо в розрахунках. У методиці [12] вказаний масовий вміст золи в паливі на горючу масу. В даному випадку необхідно зробити перерахунок на масовий вміст золи на робочу масу ( $C^r$ ). При перерахунку отримали значення 0,147, що при округленні становитиме 0,15. В топках при факельному спалюванні мазуту здійснюється уловлення сірки золою палива. Тому коефіцієнт емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та забрудників  $k_{твS}$  буде дорівнювати нулю. Дані, необхідні для розрахунку коефіцієнтів емісії, та розраховані значення останніх ( $k_{тв}$ ) наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри розрахунку показників емісії речовин у вигляді суспендованих твердих частинок для різних видів палив

Паливо	$C^r$	$\eta_{zu}$	$k_{тв}$
Мазут високосірчистий М 100	0,15	0,99	0,383
Мазут малосірчистий М 100	0,15	0,99	0,376

При розрахунку показників емісії,  $k_{тв}$ , г/ГДж, суспендованих твердих частинок отримали однакові значення для мало- і високосірчистих мазутів. Це пояснюється майже однаковими значеннями масового вмісту золи в паливі та його нижчою робочою тепловою згорання.

**Оксиди азоту та оксиди діазоту.** Показники емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду для палив, що розглядаються, взяті за методикою [12] для відповідних установок спалювання. При цьому високо- та малосірчисті мазуту М 100 ха-

рактризуються високими показниками емісії оксидів азоту та порівняно невисокими – оксидів діазоту.

**Оксиди та діоксиди вуглецю.** Ступінь окислення вуглецю палива для мазуту методикою [12] рекомендована на рівні 0,99.

Розраховані значення показників емісії оксидів ( $k_{CO}$ ) та діоксидів ( $k_{CO_2}$ ) вуглецю наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Показники емісії оксидів та діоксидів вуглецю для різних видів палив, г/ГДж

Паливо	$k_{CO}$	$k_{CO_2}$
Мазут високосірчистий М 100	15	79493
Мазут малосірчистий М100	15	79598

**Діоксид сірки.** На сьогоднішній день промислове застосування сіркоочисного обладнання при очищенні димових газів лише має перспективи практичного впровадження в Україні. Поясненням цього є високі капітальні витрати на устаткування. Важливим моментом є і те, що значна кількість методів очищення є реагентними, зокрема, при використанні вапняку, солей натрію, аміачної води необхідна наявність матеріально-технічної бази для зберігання та утилізації утворених шламів. Тому значення відповідних коефіцієнтів будуть дорівнювати нулю.

Значення ефективності зв'язування золи є невисокими, а вміст сірки для малосірчистих і високосірчистих мазутів значно різняться, відповідно показник емісії ( $k_{SO_2}$ ) при спалюванні високосірчистих мазутів є значно вищим у порівнянні із цим показником в ході спалювання малосірчистих мазутів (табл. 4).

Таблиця 4 – Показники емісії діоксиду сірки для різних видів палив, г/ГДж

Паливо	$k_{SO_2}$
Мазут високосірчистий М 100	1351,034
Мазут малосірчистий М 100	196,294

**Сполуки ванадію.** При спалюванні мазуту в атмосферне повітря потрапляють сполуки металів, при цьому основними складовими мазутної золи є сполуки ванадію, кількість викиду яких приймають за контрольний параметр впливу золи на навколишнє середовище [12]. Із врахуванням методики [12] та наявності золоуловлювальної установки, вмісту сполук ванадію у досліджуваних мазутах, нижчої робочої теплоти згоряння мазуту, емпіричного коефіцієнту, що характеризує так званий рівень «збагачення» золи золоуловлювальної установки мазутною золою розраховувались показники емісії сполук ванадію ( $k_{V2O5}$ ), значення яких для досліджуваних мазутів наведені у табл. 5.

**Узагальнені викиди шкідливих речовин.** Викиди шкідливих речовин при спалюванні різних видів палив в котлоагрегатах розраховувались із врахуванням визначених вище показників емісії шкідливих речовин та наведені в табл. 6.

Таблиця 5 – Показники емісії сполук ванадію для різних видів палив, г/ГДж

Паливо	$k_{V2O5}$
Мазут високосірчистий М 100	0,247
Мазут малосірчистий М 100	0,243

Найвищі викиди сполук сірки здійснюватимуться при спалюванні високосірчистого мазуту. В порівнянні з викидами при спалюванні малосірчистих мазутів їх викид вищий у більш, ніж 6 разів. Різниця ж у викидах сполук азоту та вуглецю є незначною.

Крім цього, виявлені наступні закономірності. У обох палив більша частка вуглецю переходить у викид діоксиду вуглецю і менша – у викид оксиду вуглецю, а більша частка азоту переходить у викид діоксиду азоту і менша – у викид оксиду діазоту. Тим не менше, викид діоксиду вуглецю є досить високим, що потребує застосування устаткування щодо зниження концентрації  $CO_2$  у викиді при спалюванні мазутів із різним вмістом сполук сірки.

Таблиця 6 – Викиди шкідливих речовин при спалюванні різних видів палив в котлоагрегатах, т/т палива

Назва поллютанта	Мазут високосірчистий М100	Мазут малосірчистий М100
Суспендовані тверді частинки	0,015	0,015
Діоксиди сірки	52,92	7,84
Оксиди азоту	7,83	7,99
Оксиди діазоту	0,024	0,024
Оксиди вуглецю	0,59	0,60
Діоксиди вуглецю	3113,74	3179,14
Метан	0,118	0,120
НМЛОС	0,392	0,399
Сполуки ванадію	0,0097	0,0097

Наявність метану і НМЛОС у викидах свідчать про неповне згоряння палива.

Значення викиду сполук ванадію при спалюванні мазутів є невисоким.

**Висновки.** Наведені розрахунки дозволяють визначити оптимальний вид палива при побудові і введенні в експлуатацію нових енергетичних установок. У високосірчистих мазутах небезпечно високі значення викиду діоксиду сірки. При спалюванні мазутів в повітря виділяються сполуки ванадію.

#### Список літератури

1. Thomas R. Covert, Michael Greenstone, Christopher R. Knittel. Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? [online] URI: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2720633](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2720633) (дата звернення 22.01.2016).
2. An official website of the United States Environmental Protection Agency [online] URI: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
3. Ecology Global Network: Fossil Fuels vs. Renewable Energy Resources by Eric McLamb [online] URI: <http://www.ecology.com/2011/09/06/fossil-fuels-renewable-energy-resources/> (дата звернення 06.09.2011).
4. European Environment Agency, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook / Publications Office of the European Union, 2016, 28 с. doi:10.2800/247535. URI: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>.

5. Nico Bauer, Valentina Bosetti, Meriem Hamdi-Cherif, Alban Kitous, David McCollum, Aurélie Méjean, Shilpa Rao, Hal Turton, Leonidas Paroussos, Shuichi Ashina, Katherine Calvin, Kenichi Wada, Detlef van Vuuren. CO2 emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier B.V. вып. 90, часть А. С. 243-256. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.009>. URI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513002382> (дата звернення 01.2015).
6. Бойченко С. В., Черняк Л. М., Радомська М. М., Бондарук А. В. Проблема очищення природних водойм, забруднених стічними водами об'єктів сфери нафтопродуктозабезпечення. *Наукоємні технології*. Київ : НАУ. 2015. № 4 (28). С. 353 – 357.
7. Долина Л. Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод : Монография. Днепропетровск : Континент, 2005. 296 с.
8. Запольский А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. К. : Вища шк., 2005. 671 с.
9. Гринчишин Н. М., Бабаджанова О. Ф. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів : НЛТУ України. 2012. № 22.7. С. 43 – 49.
10. Бабаджанова О. Ф., Гринчишин Н. М. Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із поверхні ґрунту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : зб. наук. праць*. Львів : ЛДУ БЖД. 2010. № 4. – С. 75 – 81.
11. Січевий О. В., Левицька О. Г., Долженкова О. В., Золотько О. В. Порівняльна оцінка активованих вугіль в процесах сорбції нафтопродуктів легкої та середньої фракції. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. праць: серія «Хімія, хімічна технологія та екологія»*. Х. : НТУ «ХПІ». 2017. № 487 (1269). С. 11–15.
12. Збірник показників emisii (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Перша редакція. т. I. – Донецьк : Український науковий центр технічної екології, 2004 р. – 184 с.
5. Nico Bauer, Valentina Bosetti, Meriem Hamdi-Cherif, Alban Kitous, David McCollum, Aurélie Méjean, Shilpa Rao, Hal Turton, Leonidas Paroussos, Shuichi Ashina, Katherine Calvin, Kenichi Wada, Detlef van Vuuren. CO2 emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies. *Technological Forecasting and Social Change*. Elsevier B.V., 2015, Vol. 90, Part A, pp. 243-256. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.009>. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513002382> (Accessed 01.2015).
6. Boichenko S. V., Cherniak L. M., Radomska M. M., Bondaruk A. V. Problema ochyshchennia pryrodnykh vodoim, zabrudnykh stichnymy vodamy obektiv sfery naftoproduktozabezpechennia [The problem of purification of natural reservoirs contaminated with sewage of objects of oil supply]. *Naukoiemni tekhnolohii [Science-intensive technologies]*. Kiev, NAU Publ., 2015, no. 4 (28), pp. 353 – 357.
7. Dolina L. F. Sovremennaia tekhnolohiia i sooruzheniia dlia ochystky neftesoderzhashchykh stochnykh vod [Modern technology and facilities for cleaning oil waste water]. *Monograph*. Dnepropetrovsk, Kontinent, 2004. 296 p.
8. Zapolskyi A.K. Vodopostachannia, vodovidvedennia ta yakist vody [Water supply, drainage and water quality]. Kiev, Vyscha shkola, 2005, 671 p.
9. Hryunchyushyun N. M., Babaganova O. F. Reabilitatsiya gruntiv, zabrudnenih aviariynimi vilivami naftoproduktiv [Rehabilitation of soils contaminated with emergency pouring of petroleum products] *Naukoviy visnik NLTU Ukraini [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]*. Lviv, NLTU Ukrayini Publ., 2012, no. 22.7, pp. 43–49.
10. Babadzhanova O.F., Hryunchyushyun N. M. Rol sorbentiv u likvidatsiyi aviariynih rozliviv naftoproduktiv iz poverhni gruntu [The role of sorbents in the elimination of emergency oil spills from the soil surface]. *Visnik Lvivskogo derzhavnogo universitetu bezpeki zhittediyalnosti : sb. nauch. pr. [Bulletin of Lviv State University of Life Safety: a collection of scientific papers]*. Lviv, LDU BZD Publ., 2010, no. 4, pp. 75 – 81.
11. Sichevyy O.V., Levytska O.H., Dolzhenkova, O.V., Zolotko O. V. Porivnialna otsinka aktyvovanykh vuhil v protsesakh sorbtsii naftoproduktiv lehkoї ta serednoi fraktsii [Comparative evaluation of activated carbons in sorption processes of petroleum products light and medium fractions] *Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: Khimii, khimichna tekhnolohiia ta ekolohiia [Bulletin of the National Technical University "KhPI": a collection of scientific papers. Thematic issue: Chemistry, chemical technology and ecology]*. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2017, no. 487 (1269), pp. 11–15.
12. Zbirnik pokaznykiv emisiyi (pitomih vikidiv) zabrudnyuyuchih rehovin v atmosferne povitrya riznymi virobnyctvami [Collection of emission indicators (specific emissions) of pollutants into the air by different productions]. *Persha redakciya. Vol. I. Donetsk, Ukrayinskij naukovij centr tehnicnoyi ekolohiyi [Ukrainian Scientific Center of Technical Ecology]*, 2004. 184 p.

#### References (transliterated)

1. Thomas R. Covert, Michael Greenstone, Christopher R. Knittel. Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? [online] Available at: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2720633](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2720633) (accessed 22.01.2016).
2. An official website of the United States Environmental Protection Agency [online] Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
3. Ecology Global Network: Fossil Fuels vs. Renewable Energy Resources by Eric McLamb [online] Available at: <http://www.ecology.com/2011/09/06/fossil-fuels-renewable-energy-resources/> (accessed 06.09.2011).
4. European Environment Agency, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Publications Office of the European Union. 2016, 28 p. doi:10.2800/247535. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>

Надійшла (received) 26.11.2019

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Левицька Олена Григоріївна (Левицкая Елена Григорьевна, Levytska Olena Hryhoriivna)** – кандидат технічних наук, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, доцент кафедри Безпеки життєдіяльності; м. Дніпро, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8690-6457>; e-mail: LLevi@ukr.net.