

## АНОТАЦІЯ

*Робота І. О. Підвищення екологічної безпеки і моніторинг впливу об'єктів автотранспортної інфраструктури на довкілля. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, 2021.

За рахунок постійного зростання кількості автотранспортних засобів, особливо приватних, збільшується число об'єктів автотранспортної інфраструктури, до якої відносяться: дорожня мережа, автозаправні станції, стоянки автотранспорту, автомийні комплекси, станції технічного обслуговування тощо. Така ситуація веде до щільного заповнення території міста об'єктами автотранспортного комплексу. Як наслідок, поряд з ними та житловими будинками формуються зони підвищених концентрацій шкідливих речовин як в приземному шарі атмосфери, так і у ґрунтово-рослинному покриві.

Отже, для забезпечення екологічної безпеки, сталого збалансованого розвитку суспільства і біосфери, мінімізації шкідливого впливу на довкілля з боку автотранспорту необхідна моніторингова оцінка сучасного техногенного навантаження на навколишнє середовище, що створюється об'єктами автотранспортної інфраструктури; прецизійна оцінка екологічних ризиків, пов'язаних з діяльністю цих об'єктів; наукове обґрунтування заходів для підвищення екологічної безпеки впливу автотранспортної інфраструктури.

*Мета дисертаційної роботи* полягає у підвищенні екологічної безпеки і моніторингу впливу об'єктів автотранспортної інфраструктури на довкілля шляхом обґрунтування рекомендацій та пропозицій з урахуванням дослідження сучасного стану складових міського середовища навколо таких об'єктів та розробкою екологічно безпечного миючого засобу для автотранспорту.

Для досягнення вказаної мети було поставлено наступні задачі:

1. Проаналізувати сучасний стан шкідливого впливу об'єктів автотранспортної інфраструктури на прилеглі території міст для виявлення шляхів підвищення їх екологічної безпеки.

2. Встановити залежності зміни показників забруднення урбосистем від навантаження об'єктами автотранспортної інфраструктури на основі проведених експериментальних досліджень.

3. Розробити математичну модель техногенного навантаження і розповсюдження домішок в зонах безпосереднього впливу джерел техногенного забруднення.

4. Обґрунтувати рекомендації та пропозиції для підвищення екологічної безпеки з боку впливу автотранспортної інфраструктури на основі дослідження сучасного стану складових міського середовища навколо таких об'єктів та екологічного ризику, обумовленого техногенним забрудненням атмосферного повітря.

**Об'єкт дослідження** – процес забруднення складових навколишнього середовища об'єктами автотранспортної інфраструктури.

**Предмет дослідження** – геоекологічні характеристики складових довкілля в залежності від навантаження об'єктами автотранспортного комплексу.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

– для оцінки рівня екологічної безпеки довкілля у зоні впливу об'єктів автотранспортної інфраструктури на підставі результатів комплексного геохімічного, ліхенологічного, фітологічного та аеромоніторингового дослідження встановлено нові залежності показників забруднення від техногенного навантаження з боку об'єктів автотранспортної інфраструктури;

– для уточнення ареалів локального концентрування основних забруднювачів довкілля у міському придорожньому просторі та на прилеглих територіях до об'єктів автотранспортної інфраструктури розроблено просторові

моделі дисперсії цих домішок з урахуванням напрямку вітру, орієнтованого на житлову забудову;

– з метою зниження забруднення від автомобільних комплексів, зокрема, потрапляння синтетичних миючих засобів до ґрунтів, ґрунтових, поверхневих та підземних вод, розроблено склад засобу для миття автотранспорту, де сорбітанолеату – 5–6 %, натрій лаурилсульфату – 2 %, калійного мила – 1–2 %, натрій глюконату – 5–10 %, біобутанолу – до 5 %, що забезпечує якість очищення миючих поверхонь за рахунок комбінації поверхнево-активних речовин, отриманих, виключно, з відновлювальної сировини, і комплексонів, а також забезпечує невикористання катіонних поверхнево-активних речовин як екологічно небезпечних і досягнення 100% біорозщеплюваності миючого засобу в довкіллі.

*У першому розділі* дисертаційної роботи описано екологічний стан автотранспортної інфраструктури в місті. Виділені основні групи існуючих в науковій літературі публікацій з тематики дисертаційної роботи та суміжних напрямів досліджень. Зроблено висновок про дослідження сучасного стану складових довкілля навколо об'єктів автотранспортного комплексу. Висунуто ідею, що оцінювання сучасного техногенного навантаження на довкілля, що створюється об'єктами автотранспортної інфраструктури може забезпечити підґрунтя для якісного наукового обґрунтування необхідності впровадження заходів для підвищення їх екологічної безпеки.

*У другому розділі* наведено алгоритм оцінки геоекологічного стану, зокрема, забруднення окремих природних середовищ за їх хімічним складом і властивостями, що дозволяє дати інтегральну оцінку екологічного стану території навколо об'єктів автотранспортного комплексу по всій сукупності параметричних даних. Сформовано адаптовану до завдань дисертаційної роботи логічну схему виконання досліджень. Описані методики хімічного аналізу водних ґрунтових витяжок і проб снігу, ліхенологічних та фітологічних досліджень, розрахунків комплексних показників забруднення та методи статистичної обробки результатів експериментів.

У третьому розділі описано результати експериментальних досліджень, що присвячені вивченню екологічної обстановки навколо об'єктів автотранспортної інфраструктури.

Проведено комплексне геохімічне та біоіндикаційне дослідження стану придорожніх екосистем навколо об'єктів автотранспортної інфраструктури. Визначено показники забруднення снігового та ґрунтового покриву; оцінено чистоту атмосферного повітря паркових територій методом ліхеноіндикації; визначено рівень забруднення ґрунтів за показником фітотоксичності.

За отриманими експериментальними даними виконано оцінку забруднення снігового та ґрунтового покриву за показником кислотності та пиловим навантаженням, а саме проби снігу мають лужну та слабко лужну реакцію середовища (рН змінюється від 8,0 до 10,75 одиниць) при оптимальному діапазоні кислотності середовища для поверхневих вод 5,0–7,5 одиниць рН; обсяги пилового навантаження безпосередньо біля проїжджої частини становлять 6–11 кг/(км<sup>2</sup>·доба), в той час коли у фоновій пробі визначено 1,58 кг/(км<sup>2</sup>·доба). А показники забруднення ґрунтів за кислотністю варіюють в межах 0,75–0,95 (до 5 м від джерела впливу), однак за сульфатно-хлоридним вмістом – показники гірші (в межах 3,55–4,35).

За ліхеноіндикаційними дослідженнями два парки міста Києва віднесено до середнього рівня забруднення: парк «Супутник» (Q=0,41) та парк «Нивки» (Q=0,42). Інші 8 міських екосистем характеризуються досить сильним рівнем забруднення, зокрема, парк імені Пушкіна (Q=0,23), парк «Інтернаціональний» (Q=0,23), парк імені Островського (Q=0,25), парк імені Тараса Шевченка (Q=0,37), парк «Сирецький» (Q=0,30), парк «Юність» (Q=0,37), сквер імені Олени Теліги (Q=0,35), парк «Відрадний» (Q=0,28). В критичному стані знаходиться парк «Маріїнський» (Q=0,16), що віднесений до зони із сильним забрудненням. За ліхенологічними дослідженнями найгіршим субстратом для росту рослин є ґрунти поблизу автотранспортних комплексів.

На основі експериментальних даних запропоновано комплексну шкалу оцінювання техногенного навантаження на придорожні екосистеми з використанням біоіндикаційних та хімічних методів.

З метою зниження екологічного навантаження (забруднення) від автомийних комплексів, зокрема, потрапляння синтетичних миючих засобів до ґрунтів, ґрунтових, поверхневих та підземних вод розроблено засіб для миття автотранспорту, що забезпечує якість очищення миючих поверхонь за рахунок комбінації поверхнево-активних речовин і комплексонів, а також забезпечує невикористання катіонних поверхнево-активних речовин як екологічно небезпечних і досягнення 100% біорозщеплюваності миючого засобу в довкіллі.

У *четвертому* розділі на основі моніторингових досліджень потенційно екологічно небезпечних ділянок автомагістралей охарактеризовано методику прогнозування екологічного навантаження на придорожній простір залежно від інтенсивності руху та типу автотранспортних засобів з урахуванням кліматичних умов. Наведено методику розрахунку екологічних ризиків для здоров'я людей від забруднення приземного шару атмосферного повітря.

Моніторинг за забрудненням атмосферного повітря в приміагістральних районах показав, що рівень Нітроген (IV) оксиду за середньорічними ІЗА на всіх постах перевищував допустимий рівень забруднення та в середньому становив у 2017 р. – 7,2, 2018 р. – 7,9, 2019 р. – 9,1, рівень формальдегіду в середньому становив для 2017 р. – 6,2, 2018 р. – 6,9, 2019 р. – 8,1, що відповідає високому рівню; ІЗА по пилу становив для 2017 р. – 5,6, 2018 р. – 6,1, 2019 р. – 6,8, що відповідає середньому рівню забруднення. Найбільша кількість випадків перевищення Нітроген (IV) оксиду в місті за 2017–2019 рр. спостерігалась у літні місяці.

Вивчено детально основні фактори перенесення шкідливих домішок в умовах міської забудови. Побудовано матриці розсіювання шкідливих речовин за допомогою методів математичного моделювання з урахуванням напрямку вітру та характеристики міської забудови.

Проведено аналіз шкідливого впливу автотранспортного комплексу на здоров'я людей, що проживають на придорожніх територіях. Охарактеризовано особливості та рекомендації забезпечення екологічного моніторингу територій навколо об'єктів автотранспортної інфраструктури.

За результатами досліджень опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях, з них 1 стаття у періодичному іноземному науковому виданні, що входить до Європейського Союзу; видано 1 патент України на корисну модель; 11 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

**Ключові слова:** екологічна безпека, автотранспортний комплекс, моніторинг, автотранспортне навантаження, міські екосистеми, геоекологічна оцінка, забруднення, шкідливі речовини, синтетичні миючі засоби, моделювання.

## ABSTRACT

*Rabosh Iryna.* Improving environmental safety and monitoring the impact of road transport infrastructure on the environment. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 101 “Ecology” – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2021.

The increase in the number of vehicles, especially private ones, leads to an increase in the objects of automobile infrastructure, which include: road network, gas stations, parking lots, car washes, service stations. This situation leads to a dense filling of the city with objects of the motor transport complex. As a result, zones of high concentrations of harmful substances are formed near residential buildings both in the surface layer of the atmosphere and in the soil and vegetation cover.

Therefore, in order to ensure ecological safety, sustainable balanced development of society and the biosphere, minimization of harmful impact on the environment by motor transport, it is necessary to monitor the modern man-caused load on the environment created by motor transport infrastructure; precise assessment of environmental risks associated with the activities of these facilities; scientific substantiation of measures to increase the environmental safety of the impact of road infrastructure.

The purpose of the dissertation work is to improve environmental safety and monitor the impact of road transport infrastructure on the environment by substantiating recommendations and proposals, taking into account the study of the modern state of the components of the urban environment around such objects.

To achieve this goal, the following tasks were set:

1. To analyse the current state of harmful effects of road transport infrastructure facilities on the surrounding areas of cities in order to identify ways to improve their environmental safety.

2. Establish the dependencies of changes in urbosystems pollution indicators on the load of road transport infrastructure facilities based on pilot studies.

3. Develop a mathematical model of anthropogenic load and distribution of impurities in areas of direct impact of sources of anthropogenic pollution.

4. Justify recommendations and proposals to improve environmental safety by the influence of road transport infrastructure based on a study of the current state of the components of the urban environment around such facilities and the environmental risk caused by man-made air pollution.

The object of research – pollution of environmental components by road infrastructure.

The subject of research is the geoecological characteristics of the environmental components depending on the load by the objects of the road transport complex.

Scientific novelty of the obtained results.

For the first time:

– to assess the level of environmental safety of the environment in the area of exposure to road transport infrastructure facilities, based on the results of an integrated geochemical, lichenological, phytological and aeromonitoring study, new dependencies of pollution indicators on man-made loads from road transport infrastructure facilities were established;

– spatial models of the dispersion of these impurities, taking into account the direction of wind oriented to residential development, have been developed in order to clarify the areas of local concentration of the main environmental pollutants in the urban roadside and in the adjacent areas to the transport infrastructure;

– in order to reduce pollution from car wash complexes, in particular, the ingress of synthetic detergents into soils, groundwater, surface water and groundwater, the composition of the means for washing vehicles where sorbitanoleate is - 5-6%, sodium lauryl sulfate - 2%, potash soap - 1-2%, sodium gluconate - 5-10%, biobutanol - up to 5%, which ensures the quality of cleaning of detergent surfaces due to a combination of surfactants obtained exclusively from reducing raw materials.



*The first section* of the dissertation describes the ecological state of road infrastructure in the city. The main groups of publications existing in the scientific literature on the topics of dissertation work and related areas of research are identified. A conclusion was made on the study of the modern state of the environmental components around the objects of the road transport complex. The idea has been put forward that assessing the modern technological burden on the environment, which is created by road transport infrastructure facilities, can provide the ground for a qualitative scientific justification of the need to introduce measures to improve their environmental safety.

*The second section* presents an algorithm for assessing the geoecological state, in particular, contamination of individual natural media by their chemical composition and properties, which allows giving an integral assessment of the ecological state of the territory around the objects of the transport complex over the entire set of parametric data. A logical scheme for conducting research adapted to the tasks of dissertation work has been formed. Methods of chemical analysis of water soil extracts and snow samples, lichenological and phytological studies, calculations of complex contamination indices and methods of statistical processing of experiment results are described.

*The third section* describes the results of pilot studies on the environmental situation around road infrastructure facilities.

A comprehensive geochemical and bioindicative study of the state of roadside ecosystems around road infrastructure facilities was carried out. Indicators of snow and ground cover contamination are determined; estimated purity of atmospheric air of park areas by method of lichenoidication; The level of soil contamination is determined by the phytotoxicity indicator.

According to the obtained experimental data, the pollution of snow and ground cover was estimated according to the acidity indicator and dust load, namely, snow samples have an alkaline and weakly alkaline reaction of the medium (pH varies from 8.0 to 10.75) with an optimal range of acidity of the medium for surface waters of 5.0-7.5 pH units; volumes of dust load directly near the roadway are 6-11 kg/( km<sup>2</sup>

days), while 1.58 kg/( km<sup>2</sup> days) is determined in the background sample. And soil pollution indicators by acidity vary within 0.75-0.95 (up to 5 m from the source of exposure), however, by sulfate-chloride content - the indicators are worse (within 3.55-4.35).

According to lichen-indicating research, two parks in Kiev are assigned to the average level of pollution: the Sputnik park (Q = 0.41) and the Nivki park (Q = 0.42). The remaining 8 urban ecosystems are characterized by a fairly strong level of pollution, in particular, Pushkin Park (Q = 0.23), International Park (Q = 0.23), Ostrovsky Park (Q = 0.25), Taras Shevchenko Park (Q = 0.37), Syretsky Park (Q = 0.30), Yunost Park In critical condition is MarPark " According to lichenological studies, the worst substrate for plant growth are soils near car wash complexes.

Based on experimental data, a comprehensive scale for assessing the technological load on roadside ecosystems using bioindication and chemical methods has been proposed.

In order to reduce the environmental load (pollution) from car wash complexes, in particular, the ingress of synthetic detergents into soils, soil, surface and groundwater, a vehicle washing facility has been developed that ensures the quality of cleaning of detergent surfaces due to a combination of surfactants and complexes, and also ensures the non-use of cationic surface-active.

*The fourth section*, based on monitoring studies of potentially environmentally hazardous sections of motorways, describes the methodology for forecasting the environmental load on roadside space depending on the traffic intensity and type of vehicles, taking into account climatic conditions.

The main factors of transport of harmful impurities in urban conditions have been studied in detail. Matrices for dispersal of harmful substances were built using mathematical modeling methods taking into account the wind direction and the characteristics of urban development.

Features and recommendations of environmental monitoring of territories around road infrastructure facilities are described.

According to the results of the research, 19 scientific papers were published, including 7 articles in scientific professional publications, of which 1 article in a periodic foreign scientific publication belonging to the European Union; issued 1 patent of Ukraine for a utility model; 11 abstracts of reports in the collections of conference materials.

**Keywords:** ecological safety, road transport complex, monitoring, road load, urban ecosystems, geoeological assessment, pollution, harmful substances, synthetic detergents, modeling.

Список публікацій здобувача

Статті:

1. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Оцінка екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей. *Вісник НТУ "ХПІ", Серія : Нові рішення в сучасних технологіях*. 2018. № 9(1285). С. 236–242. (Особистий внесок дисертантки: взято участь у розробці методики експериментального вивчення екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей; досліджено хімічний склад снігового покриву).

2. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Вивчення забруднення урбаноземів об'єктами автотранспортного комплексу. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2 (52). С. 133–143. (Особистий внесок дисертантки: виконано відбір проб ґрунту, проведено хімічний аналіз водних ґрунтових витяжок, визначено показник рН).

3. Рабош І. О., Кофанова О. В. Оцінювання ризиків для здоров'я населення внаслідок забруднення довкілля автотранспортом (на прикладі міста Києва). *Енергетика : економіка, технології, екологія*. 2018. № 4 (54). С. 115–124. (Особистий внесок дисертантки: проведено аналіз впливу автотранспортного комплексу на здоров'я людей, що проживають на

придорожніх територіях м. Києва, визначено потенційний ризик здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери).

4. Рабош І. О., Кофанова О. В. Ліхеноіндикаційні дослідження в градієнті антропогенного навантаження (на прикладі паркових зон м. Києва). *Екологічні науки*. 2019. № 1 (77). С. 46–50. (Особистий внесок дисертантки: проаналізовано сучасний стан урбанofлори епіфітних лишайників у паркових зонах міста Києва; визначено загальну кількість видів лишайників, поширення кожного виду та проєктивне покриття в кожній дослідній ділянці залежно від інтенсивності автотранспортного потоку).

5. Рабош І. О., Кофанова О. В. Оцінка фітотоксичності міських ґрунтів, забруднених об'єктами автотранспортної інфраструктури. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 1 (77). URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12589/1091>.

(Особистий внесок дисертантки: визначено частку пророслого насіння крес-салату, середню висоту наземної стеблової частини рослини за досліджувані періоди; встановлено фітотоксичний ефект досліджуваних міських ґрунтів; виявлено сильний рівень забруднення зразків).

6. Рабош І. О., Кофанова О. В. Моделювання і візуалізація полів розсіювання полютантів від автотранспортних потоків. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип.10.Т.1. URL: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/32.-%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%88.pdf>. (Особистий внесок дисертантки: встановлено основні забруднювальні речовини, які викидаються з відпрацьованими газами автомобілів; визначено основні закономірності їх розсіювання і негативного впливу на здоров'я людей).

Статті у наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу:

7. Рабош І. А., Кофанова Е. В. Техногенная нагрузка на участок городского района со стороны объектов автотранспортного комплекса (на примере города Киева). *Wshodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe East European Scientific Journal*. 2020. №3 (53). С. 67–73 (Польща). (Особистий внесок

*дисертанти:* вивчено дорожні умови, характеристики транспортних потоків автомагістралями м. Києва; визначено обсяги викидів автотранспортними засобами на досліджуваних ділянках; визначено техногенне навантаження з боку автотранспорту на міський приміагістральний район).

Патент на корисну модель:

8. Василькевич О. І., Рабош І. О., Кофанова О. В., Степанов М. І. Засіб для миття автотранспорту Деклараційний патент на корисну модель №142730 від 25.06.2020. бюл. № 12, 2020 р. (*Особистий внесок дисертанти:* проводила патентний пошук найближчих аналогів, брала участь у підготовці патенту).

Тези доповідей:

9. Рабош І. О. Моніторинг снігового покриву придорожніх територій міст за показником кислотності. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукр. наук.-практич. конф., 27 жовт. 2016 р. Житомир : ЖДТУ, 2016. С. 44.

10. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Аналіз геоекологічного стану територій автотранспортного комплексу. *Енергетика. Екологія. Людина* : зб. матеріалів Х наук.-тех. конф. ІЕЕ. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 326–329. (*Особистий внесок дисертанти:* проаналізовано вплив автотранспортної інфраструктури на довкілля).

11. Рабош І. О. Рівень екотоксикологічного навантаження на довкілля як показник інтенсивності впливу автотранспорту. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукр. наук.-практич. конф., 8 лист. 2018 р. Житомир : ЖДТУ, 2018. С. 74.

12. Рабош І. О., Кофанова О. В. Біометрія в системі оцінки впливу автотранспортної інфраструктури на довкілля. *Актуальні проблеми відновлювальної енергетики, будівництва та екологічної інженерії* : матер. III Міжнарод. наук.-техн. конф., 7–9 лют. 2019 р. Кельце, 2019. С. 115–116. (*Особистий внесок дисертанти:* сформульовано мету і задачі дослідження, проаналізовано отримані результати).

13. Рабош І. О. Вивчення токсичності ґрунтів поблизу об'єктів автотранспортної інфраструктури за ростовим тестом. *Сучасні проблеми екології* : тези XV Всеукр. наук. on-line конф. здобув. вищ. освіти і молод. учен. з міжнарод. участю, 28 берез. 2019 р. Житомир : ЖДТУ, 2019. С. 58.

14. Рабош І. О. Аналіз забруднення стічних вод автомийок. *Енергетика. Екологія. Людина* : зб. матер. XI наук.-техн. конф. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 308–315.

15. Рабош І. О. Екологічні ризики внаслідок техногенного впливу автотранспорту. *Передові наукові розробки* : матер. XV міжнарод. наук.-практ. конф., 22–30 серп. 2019 р. Прага : Praha Publishing House «Education and Science», 2019. С. 43–46.

16. Рабош І. О. Аналіз очистки стічних вод автомийних комплексів. *Актуальные научные исследования в современном мире* : матер. ЛП міжнарод. научн. конф., 26–27 липня, 2019 р. Переяслав-Хмельницький, 2019. Вып. 8 (52), ч. 1. С. 89–93.

17. Рабош І. О., Кофанова О. В. Екологічна небезпека застосування синтетичних миючих засобів. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської* : тези Всеукр. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молод. учених, 7 лист. 2019 р. Житомир : «Житомирська політехніка», 2019. С. 18.

*Особистий внесок дисертантки*: сформульовано мету і задачі дослідження, проаналізовано основні результати.

18. Рабош І. О. Проблеми екологічної безпеки автотранспортного комплексу. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки* : зб. матеріалів доп. Вісімнадцятої всеукр. наук.-метод. конф. (з участю студентів). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 225–229.

19. Рабош І. О. Комплексна оцінка техногенного навантаження на складові довкілля з боку впливу автотранспорту. *Сучасні проблеми екології* : тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю, 10 квіт. 2020 р. Житомир : «Житомирська політехніка», 2020. С. 54.