

УДК (UDC): 504.064.4

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-06>

Т. А. САФРАНОВ¹, д-р г.-м. наук, проф., М. А. БЕРЛІНСЬКИЙ¹, д-р геогр. наук, проф.,
Д. М. ЗМІЄНКО¹

¹Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, Україна

e-mail: safranov@ukr.net
nberlinsky@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0928-5121>
<https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

e-mail: dzmienko99@gmail.com

ПЛАСТИК ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ЯК СКЛАДОВА МОРСЬКОГО СМІТТЯ

Мета. Оцінка масштабів утворення пластикових відходів в прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я та їх можливої ролі у формуванні морського сміття в акваторії Чорного моря.

Методи. Методологічною основою роботи є системний аналіз.

Результати. Щорічні обсяги у твердих побутових відходів у Північно-Західному Причорномор'ї можуть досягати 2,5 млн т/рік, а обсяги утворення відходів пластикових матеріалів – до 323 тис. т/рік. Незважаючи на ресурсну цінність пластикових відходів, натепер не існує визначеної системи поводження з ними і за цих умов вони видаляються на численні звалища (у тому числі, на несанкціоновані) твердих побутових відходів. Значна частина пластику (до 80%) із неорганізованих звалищ та інших берегових джерел забруднення виноситься повітряними і водними потоками в акваторію північно-західної частини Чорного моря. Визначено, що 83% морського сміття, виявленого в Чорному морі, становить пластик. В свою чергу, наявність морського сміття обумовлено недосконалістю системи поводження з твердими побутовими відходами. Домінуючим способом поводження з ними залишається їх вивезення і захоронення на сміттєзвалищах. Станом на 2019 рік в Одеській області налічувалося 528 звалищ, в Миколаївській області – 267, в Херсонській – 54. Майже 17% звалищ в Одеській області і 26% в Миколаївській області не відповідають нормам екологічної безпеки. Значна частина пластикових відходів, насамперед, із несанкціонованих звалищ твердих побутових відходів, повітряними потоками виноситься в річкову мережу, а у випадку близькості їх до прибережної смуги – безпосередньо в акваторію Чорного моря. Пластикові відходи виносяться з водозборів великих річок (Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра), а також водозборів численних середніх і малих річок. Практично вся берегова смуга Північно-Західного Причорномор'я активно використовується в рекреаційних цілях і, отже, є джерелом формування пляжного сміття. Крім того, береговими джерелами надходження сміття можуть бути населені пункти, морегосподарські комплекси та сільськогосподарські угіддя, що розташовані вздовж прибережної смуги. Незначна частка пластикових відходів утворюється в межах морської акваторії (за рахунок судноплавства, рибальства тощо).

Висновки. Основною складовою морського сміття є пластик, оскільки на нього припадає 83% морського сміття, виявленого в Чорному морі. Макропластик може піддаватися тривалому переміщенню морськими течіями, вітрами, хвилями та становити пряму загрозу морській екосистемі. Напрями переміщення морського сміття залежать від генеральної циркуляції у поверхневому шарі Чорного моря. Процеси біодеградації макропластика утруднені в умовах морського середовища, а тому його трансформація обмежується процесами деструкції і диспергуванням до мікро- і наночастинок. Ураховуючи екологічну небезпеку мікропластику доцільно створити систему спостережень за його вмістом в морському середовищі. Для поліпшення екологічної ситуації в прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я необхідно істотно збільшити обсяги пластикових відходів, що утилізуються, а також ліквідувати чисельні звалища твердих побутових відходів, які не відповідають вимогам екологічної безпеки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тверді побутові відходи, пластик, морське сміття, джерела забруднення

Safranov T. A.¹, Berlinsky N. A.¹, Zmienko D. M.¹

¹Odesa State Environmental University, Lvivska St., 15, Odesa, 65016, Ukraine

PLASTIC OF THE SOLID DOMESTIC WASTE ON THE COASTAL ZONE OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA AS A COMPONENT OF MARINE LITTER

Purpose. To perform estimation the scale of the plastic waste area in the coastal zone of the North-Western part of the Black Sea and their role of the of pollution formation.

Methods. The key method is system analyses.

Results. The annual volume of solid waste in the North-Western Black Sea region can reach 2.5 million tons per year, and the volume of plastic litter - up to 323 thousand tons per year. In spite of plastic litter as the resource, at present there is no definite system for handling them, and under these conditions they are disposed of at numerous dumps (including unauthorized ones) of solid domestic wastes. A significant part of plastic (up to 80%) from unorganized landfills and from the other coastal pollution sources is carried out by air and water flows in the water area of the Northwestern part of the Black Sea. Approximately 83% of marine litter in the Black Sea is plastic. In turn, the presence of marine litter associated with the non-proper solid waste management system. The dominant way of waste management is their removal and disposal in landfills. As of 2019, in the Odessa region there were 528 landfills, in the Nikolaev region - 267, in the Kherson region - 54. Almost 17% of landfills in the Odessa region and 26% in the Nikolaev region do not comply according to environmental hazard standards. Significant part of the plastic litter, first of all from unauthorized solid waste dumps, is carried by air flows into the river network, and if they are close to the beach area, directly into the Black Sea. Plastic litter is carried out from the catchment areas of the large rivers (Danube, Dniester, Southern Bug and Dnieper), as well as water intakes of numerous medium and small rivers. Almost the whole beach area of the North-Western part of the Black Sea is actively used for recreational purposes and, therefore, is a source of beach waste. In addition, the coastal sources of garbage can be settlements, marine complexes and agricultural lands located along the coastal line. An insignificant share of plastic litter is generated within the sea area (from shipping, fishing, etc.).

Conclusions. The main component of marine litter is plastic, as it accounts for 83% of marine litter founded in the Black Sea. Macroplastics can be subject to long-term movement by the sea currents, winds, waves and poses a direct threat to the marine ecosystem. Directions of movement of marine litter depends on the processes of general circulation in the surface layer (0-500 m) of the Black Sea. The processes of biodegradation of macroplastic are hindered in the marine environment, and therefore its transformation is limited by the processes of destruction and dispersion in micro- and nanoparticles. Taking into consideration the environmental hazard of microplastics, it is advisable to create a system for monitoring in the marine environment. To improve the environmental situation in the coastal zone of the North-Western part of the Black Sea, it is necessary to significantly increase the volume of recycled plastic litter, as well as to eliminate numerous landfills for solid household waste that do not accord to environmental safety requirements.

KEYWORDS: municipal solid waste, plastic, marine litter, sources of pollution

Сафранов Т. А.¹, Берлинский Н. А.¹, Змиенко Д. М.¹

¹Одесский государственный экологический университет

ул. Львовская, 15, г. Одесса, 65016, Украина

ПЛАСТИК ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МОРСКОГО МУСОРА

Цель. Оценка масштабов образования пластиковых отходов в прибрежной зоне Северо-Западного Причерноморья и их роли в формировании морского мусора в акватории Черного моря.

Методы. Методологической основой работы является системный анализ.

Результаты. Ежегодные объемы твердых бытовых отходов в Северо-Западном Причерноморье могут достигать 2,5 млн т/год, а объемы образования отходов пластиковых материалов - до 323 тыс. т/год. Несмотря на ресурсную ценность пластиковых отходов, в настоящее время не существует определенной системы обращения с ними и при этих условиях они удаляются на многочисленные свалки (в том числе, на несанкционированные) твердых бытовых отходов. Значительная часть пластика (до 80%) из неорганизованных свалок и других береговых источников загрязнения выносятся воздушными и водными потоками в акватории северо-западной части Черного моря. В свою очередь, наличие морского мусора обусловлено несовершенством системы обращения с твердыми бытовыми отходами. Доминирующим способом обращения с ними остается их вывоз и захоронение на свалках. По состоянию на 2019 год в Одесской области насчитывалось 528 свалок, в Николаевской области - 267, в Херсонской - 54. Почти 17% свалок в Одесской области и 26% в Николаевской области не соответствуют нормам экологической опасности. Значительная часть пластиковых отходов, прежде всего, из несанкционированных свалок твердых бытовых отходов, воздушными потоками выносятся в речную сеть, а в случае близости их к прибрежной полосе - непосредственно в акваторию Черного моря. Пластиковые отходы выносятся из водосборов крупных рек (Дуная, Днестра, Южного Буга и Днепра), а также водозаборов многочисленных средних и малых рек. Практически вся прибрежная полоса Северо-Западного Причерноморья активно используется в рекреационных целях и, следовательно, является источником формирования пляжного мусора. Кроме того, береговыми источниками поступления мусора могут быть населенные пункты, морехозяйственные комплексы и сельскохозяйственные угодья, расположенные вдоль прибрежной полосы. Незначительная доля пластиковых отходов образуется в пределах морской акватории (за счет судоходства, рыболовства и т.д.).

Выводы. Основной составляющей морского мусора является пластик, поскольку на него приходится 83% морского мусора, обнаруженного в Черном море. Макропластик может подвергаться длительному перемещению морскими течениями, ветрами, волнами и представляет прямую угрозу морской экосистеме. Направления перемещения морского мусора зависят от генеральной циркуляции в поверхностном слое Черного моря. Процессы биодegradации макропластика затруднены в условиях морской среды, а потому его трансформация ограничивается процессами деструкции и диспергированием в микро- и наночастиц. Учитывая экологическую опасность микропластика целесообразно создать систему наблюдений за его содержанием в морской среде. Для улучшения экологической ситуации в прибрежной зоне Северо-Западного Причерноморья необходимо существенно увеличить объемы утилизируемых пластиковых отходов, а также ликвидировать многочисленные свалки твердых бытовых отходов, которые не отвечают требованиям экологической безопасности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: твердые бытовые отходы, пластик, морской мусор, источники загрязнения

Вступ

Однією з передумов забезпечення екологічної безпеки регіонів України є створення ефективної системи управління і поводження з відходами, зокрема, з твердими побутовими відходами (ТПВ). Ситуація в сфері управління та поводження з ТПВ в країні, як і раніше, залишається вкрай незадовільною. Внаслідок низького рівня утилізації ресурсоцінних компонентів ТПВ вони потрапляють на численні звалища, які є джерелами забруднення довкілля, а в прибережній зоні ПЗП ще і основним джерелом утворення морського сміття. Серед ресурсоцінних компонентів ТПВ особливе місце займає пластиків матеріали, для яких в регіонах України не існує визначеної системи поводження з ними. Тому оцінка масштабів генерації відходів пластиків матеріалів (ВПМ) в регіонах ПЗП як можливого джерела морського сміття, є актуальною екологічною і соціально-економічною проблемою.

Розрізняють термопластичні і терморезистивні пластиків матеріали. Термопластичні пластиків матеріали можна багато разів переплавляти або деформувати при нагріванні (наприклад, поліетилен, поліетилентерефталат, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол), в той час, як терморезистивні пластиків матеріали (наприклад, поліуретан, епоксидні смоли або покриття) не можуть бути переплавлені повторно. На ринку домінують чотири основні класи: поліетилен, поліетилентерефталат, поліпропілен і полівінілхлорид. Фізико-хімічні властивості, міцність, легкість і довговічність в поєднанні з низькою собівартістю пластиків матеріалів зумовили їх масштабне використання при виробництві широкого спектру виробів побутового призначення, в будівництві тощо. Світове виробництво пластиків матеріалів збільшилася з 2,3 млн. т в 1950 р. до 448 млн. т в

2015 р., а до 2050 р. ця величина може подвоїтися [1]. Потрапляння пластиків матеріалів в довкілля спостерігається на всіх стадіях їх життєвого циклу (видобуток ресурсів – виробництво – використання – поводження з відходами), але їх значна частка присутня у вигляді відходів. Постійне зростання масштабів світового виробництва і використання пластику зумовило істотне збільшення кількості ВПМ і лише невелика частина яких придатна для переробки з економічних або технічних міркувань. Наприклад, протягом 1950-2015 рр. з майже 5 млрд. т виробленого пластику лише 12% було перероблено (утилізовано), в той час, як 60% пластиків матеріалів виявлено в складі наземного і морського сміття [2]. 90% пластиків матеріалів, вироблених будь-коли, існують дотепер у вигляді ВПМ, і масштаби накопичення їх в складі наземного і морського сміття з кожним неухильно зростають.

Широке використання пластиків матеріалів призводить до їх фрагментації і утворення крихітних часток мікропластику розміром від 0,5 мм до 5,0 мм, які знаходяться в атмосферному повітрі, природних водах, ґрунтах, продуктах харчування та пероральним і/або інгаляційним шляхами потрапляють до організму людини. Первинний мікропластик – це дуже дрібні частинки пластику, які спеціально додають у вироблений продукт (гелі для душу, зубні паста та ін.), а вторинний мікропластик – дрібні частинки, що утворюються при руйнуванні більших шматочків (синтетичних фарб і тканин, автомобільних шин тощо). Дотепер вважалося, що мікропластик в продуктах харчування, питній воді і в повітряному басейні не становив загрози людському здоров'ю, але новітні дослідження показали, що потрапляння мікропластику в організм людини може привести до безлічі

захворювань (онкологічні, кровотворної системи, захворювання кишечника, ревматоїдний артрит, пошкодження генетичної інформації і ін.) [1].

Основною складовою морського сміття є ВПМ з суші, що і утворюються при переробці пластику, використанні пластикової упаковки, використанні пластику в сільському господарстві і будівництві, при здійсненні рекреаційної діяльності у межах прибережної смуги тощо. Спроби перетворення ВПМ на паливо зводяться до того, що одні відходи трансформуються в інші, оскільки при спалюванні пластику викиди містять *Hg*, *Pb*, *Cd* та інші важкі метали, стійкі органічні політанти (діоксини, фурані), шкідливі гази тощо. Спалювання пластикових матеріалів на відкритому повітрі становить серйозну загрозу для довкілля і здоров'я населення, тому Програма ООН з довкілля (UNEP) вважає це екологічно неприйнятним процесом.

Вважається, що джерелами морського сміття на 80% є наземні відходи виробництва та споживання і лише на 20% – відходи, що утворюються у межах морського басейну (судноплавство, рибальство і т. д.). Під впливом повітряних та водних потоків морське сміття дрейфує по поверхні або в товщі морської води, його важкі складові осідають на дно і накопичуються там, а частина прибивається хвилями до берегової лінії. Морське сміття переноситься на великі відстані від місця його утворення, забруднює значні площі Світового океану і негативно впливає на екологічні та соціально-економічні умови, а саме: є причиною травм або смерті, втрат прибутків і справжніх суспільних цінностей; спричиняє значні економічні збитки рибальству, аквакультури, судноплавству і сектору туризму; впливає на місця існування комерційно значимих промислових видів морських організмів, а також на добробут і збереження вразливих або вимираючих видів тощо [2].

До складу морського сміття входять ВПМ (поліетилен, поліетилентерефталат, полівінілхлорид, поліпропілен, комбіновані ма-

теріали на основі паперу і картону тощо), медичні відходи, сільськогосподарські відходи, деякі промислові відходи, сміття з суден, рибальські снасті тощо. Теоретично, майже всі ВПМ в кінцевому підсумку здатні до біодеградації навіть у відкритому середовищі, хоча у деяких цей процес займе сотні і більше років. Розгляд процесу біодеградації ВПМ в якості способу запобігання забрудненню має практичний сенс, тільки якщо це пов'язано з «розумними» тимчасовими рамками. Процес біодеградації ВПМ особливо утруднений в умовах морського середовища, а тому їх трансформація обмежується, в основному, процесами фізико-хімічної деструкції і диспергування.

За аналогією з іншими частинами Світового океану можна припустити, що джерелом переважної частини (до 80%) морського сміття в північно-західній частині Чорного моря є відходи виробництва та споживання, що генеруються в прибережній зоні. Нагадаємо, за визначенням Європейської комісії, прибережна зона (*Coastal Zone*) – це смуга суші і моря, ширина якої варіює в залежності від характеру навколишнього середовища та завдань управління. Вона іноді співпадає з адміністративними межами або одиницями планування. Природні приморські системи і території, де людина здійснює свою діяльність, що тісно пов'язана з використанням ресурсів узбережжя, можуть сягати від міжприбережних вод набагато кілометрів вглиб суші. З урахуванням того, що Чорне море впливає на кліматичні умови південного узбережжя України (оскільки дія теплового моря взимку поширюється вглиб території України на 140 – 280 км), то територію Одеської, Миколаївської і Херсонської областей можна розглядати як прибережну зону ПЗП.

Метою дослідження є оцінка масштабів утворення відходів пластикових матеріалів в прибережній зоні ПЗВ та їх можливої ролі у формуванні морського сміття в акваторії Чорного моря.

Результати та обговорення

Методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо масштабів генерації ВПМ в прибережній зоні ПЗВ у зв'язку з оцінкою їх можливого внеску у формування морського сміття в акваторії Чорного моря. При виконанні роботи використані опубліковані дані вітчизняних і зарубіжних авторів, а також ма-

теріали власних доробок, присвячених дослідженню ВПМ і морського сміття.

Дослідженнями в рамках проекту EMBLAS-II [3] показано, що середня концентрація морського сміття в західній частині Чорного моря складала 23,0 шт./км², а в східній – 138,6 шт./км². Морфологічний склад морського сміття, виявленого в Чор-

ному морі, на 83% представлений ВПМ, а решта припадає на метал (9%), скло/кераміку (4%), папір/картон (3%), оброблену деревину (2%), гуму і тканини/текстиль (по 1%). Крім того, зафіксовані численні недопалки, обгортки від солодощів, пластикові пакети, пластикові кришки, пакети для чіпсів, пластикові пляшки, полістирольні шматочки тощо. Дані щодо наявності мікропластику в водній товщі, донних відкладах та берегових наносах північно-західній частині Чорного моря відсутні, а тому обґрунтування основних підходів, методів, методик відбору та аналізу проб мікропластику також є актуальною задачею.

Наявність морського сміття в акваторії Чорного моря, багато в чому, обумовлена недосконалістю системи поводження з відходами, зокрема, з потоками ТПВ в прибережній зоні ПЗП.

Одним із показників антропогенного впливу на прибережну зону ПЗП є масштаби утворення і накопичення ТПВ. За даними «Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» [4], обсяги утворення ТПВ в Україні у 2016 р. становили 11 млн. т. Незважаючи на те, що протягом останніх 20 років чисельність населення України постійно скорочується, обсяги утворення ТПВ збільшуються. Показник утворення ТПВ в Україні становить, в сере-

дньому, 250-300 кілограмів щороку на людину і має тенденцію до зростання. Домінуючим способом поводження з ТПВ залишається, як і раніше, їх вивезення та захоплення на полігонах і сміттєзвалищах (а це 94% від загальної кількості). Станом на 2016 рік в Україні налічувалося 5470 звалищ (полігонів), з яких 305 (5,6 %) перевантажені, а 1646 одиниць (30%) не відповідають нормам екологічної безпеки. Крім того, щороку утворюється понад 27 тис. нових несанкціонованих сміттєзвалищ.

Станом на 2019 рік в Одеській області налічувалося 528 звалищ (полігонів), в Миколаївській області – 267, в Херсонській – 54. Причому, майже 17% звалищ (полігонів) в Одеській області і майже 26% в Миколаївській області не відповідали нормам екологічної небезпеки [5]. Про масштаби утворення і накопичення ТПВ в областях ПЗП опосередковано можна судити за даними щодо обсягів збирання ТПВ за офіційним джерелом інформації «Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015-2019 рр.» (таблиця).

Виходячи з даних, наведених в таблиці, протягом останніх п'яти років, обсяги збирання ТПВ, в середньому, склали в Одеській області – 1339527 т/рік, в Миколаївській області – 284710 т/рік, в Херсонській – 195317 т/рік.

Таблиця

**Обсяги збирання твердих побутових відходів в областях
Північно-Західного Причорномор'я**

Обсяг збирання ТПВ, т	Одеська область	Миколаївська область	Херсонська область
2019 рік	846 741	219 751	177 316
2018 рік	1 524 439	268 900	194 968
2017 рік	1 595 950	305 500	170 948
2016 рік	1 530 455	339 900	201 136
2015 рік	1 200 048	289 500	232 190

Отже, зауважимо, що на території трьох областей ПЗП, щорічні обсяги збирання ТПВ, в середньому, сягали 1,82 млн. т, потоки яких були спрямовані на звалища («полігони»). З урахуванням того, що системою збирання ТПВ охоплено приблизно 2/3 населених міст Одеської і інших областей, а також наявності численних несанкціонованих звалищ, обсяги утворення ТПВ можуть досягати 2,5 млн. т/рік.

Слід зазначити, у звіті з аналізу існуючого стану системи поводження з ТПВ в

Одеській області за 2013–2017 рр.» (підготовлено Проектом USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні») обсяги можливого утворення ТПВ в Одеській області оцінюються в 1288,6 тис.т/рік (при чисельності населення 1396 тис. чоловік). Якщо розрахувати обсяги утворення ТПВ на основі їх питомого значення на одиницю населення в Україні (а це 276 кг/рік), то розрахункові обсяги утворення ТПВ на території трьох областей ПЗП (з урахуванням чисельності населення

станом на 01.01.2020 р.) можуть бути помітно менші – приблизно 1,252 млн. т/рік.

Оскільки в Україні не здійснювалися систематичні дослідження морфологічного складу ТПВ, то результати щодо вмісту ВПМ в потоках ТПВ суттєво різняться між собою. Наприклад, за даними VI-го національного повідомлення України з питань зміни клімату, частка ВПМ складає 9-13% [6], а за іншими даними [7] по п'яти містам України вміст пластикових матеріалів у складі ТПВ коливається в межах 8,7-16,6% (середній вміст 12,9%).

Якщо вважати, що середній вміст пластикових матеріалів у складі ТПВ складає 12,9% [7], то у складі потоків ТПВ на території прибережної зони ПЗЧ щороку може утворюватися від 323 тис. т /рік (при загальній сумі обсягів утворення ТПВ 2,5 млн. т/рік) до 161 тис. т/рік (при загальній сумі обсягів утворення ТПВ 1,252 млн. т/рік).

Спеціальні дослідження структури ВПМ на території областей ПЗП не проводилися, а тому за даними [8, 9] вона може бути представлена таким чином: поліетилен – 34%; поліетилентерефталат – 20,4%; комбіновані матеріали на основі паперу і картону – 17%; полівінілхлорид – 13,6%; полістирол – 7,6%; поліпропілен – 7,4%. Частка окремих ВПМ (медичні рукавички, упаковка знезаражуючих засобів і ліків, клапани захисних масок тощо) у складі потоку ТПВ під час епідемії COVID-19 істотно збільшилася. А з урахуванням незадовільного стану більшої кількості звалищ та наявності численних несанкціонованих сміттєзвалищ значна частина (50-80%) цих ВМП могла бути джерелом формування морського сміття в північно-західній частині Чорного моря.

Значна частина ВПМ із звалищ і полігонів ТПВ повітряними потоками виносяться в річкову мережу ПЗЧ, а при близькості їх до прибережної смуги, і безпосередньо потрапляє в акваторію північно-західної частини Чорного моря. На прикладі Одеської області можна уявити значну кількість зелених «точок» (звалищ) і коричневих «точок» (полігонів) ТПВ (рис. 1).

Слід зазначити, що щільність пластикових матеріалів близька до щільності води, тому вони легко виносяться з водозборів великих річок (Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра), а також численних середніх і малих річок.

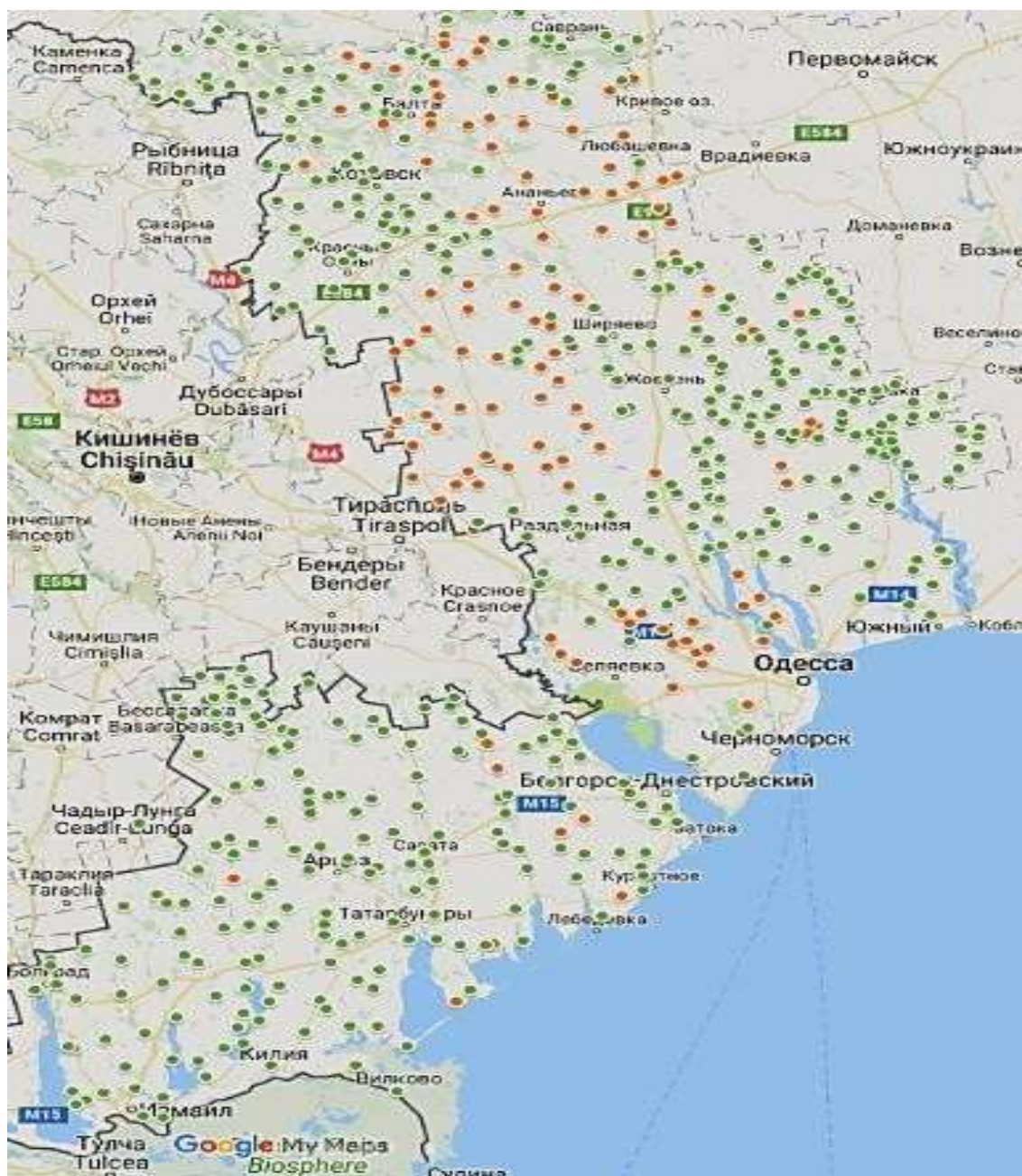
Практично вся берегова смуга ПЗЧ, що складає протяжність понад 720 км, активно використовується в рекреаційних цілях і особливо в теплий період року. Лише в

Одеської області 207 км є придатними та вибірково придатними зонами для рекреації при загальній довжині берега у 394 км. Враховуючи норми рекреаційного навантаження на приморські природні комплекси (300–500 осіб/км²) та велику кількість неорганізованих рекреантів у теплий період року, неважко уявити їх роль у формуванні пляжного сміття (у т. ч. ВПМ). Крім того, береговими джерелами надходження сміття можуть бути населені пункти, морегосподарські комплекси та сільськогосподарські угіддя, що розташовані вздовж прибережної смуги. В деяких міських промислово-міських агломераціях (наприклад, в Одеській) ВПМ потрапляють в морський басейн під час зливів.

Решта ВПМ утворюється у межах самої акваторії (судноплавство, рибальство, днопоглиблювальні роботи, дам্পинг тощо). На рис. 2 наведена схема поверхневих течій Чорного моря. Оскільки північно-західна частина моря належить до мілководного шельфу, а постійний водообмін з основною глибоководною частиною моря є досить інтенсивним, то це зумовлює вільне перенесення течіями ВПМ в обидві частини. Потрапляючи в північно-західну частину Чорного моря, ВПМ втягується в загальну циркуляцію, що активує їх переміщення по поверхні моря. У літній (маловітряний) період року, концентрації ВПМ формуються за рахунок квазістаціонарних топографічних і нестаціонарних вихорів в центрі і на західній периферії шельфу. У зимовий період активізації північних вітрів, відбувається винос ВПМ уздовж узбережжя Румунії та Болгарії Румелійською течією, а потім частина ВМП Верхньобосфорською течією виносяться в Мармурове море, решта потрапляє в Анатолійську течію та переміщуються уздовж берегів Туреччини. При цьому деяка частина ВПМ втягується в вергенцію центральної частини моря, а їх частина, обігнувши все море проти часової стрілки, повертає ВПМ в північно-західну частину біфуркаційною гілкою основної Чорноморської течії.

Значна енергія витрачається на формування вдовжберегових вихорів, їх модифікацію та переміщення на східну область центральної чорноморської вергенції, що сприяє акумулюванню там певної кількості ВПМ. Можливо, що цим зумовлена більша середня концентрація морського сміття (у т. ч. ВПМ в її складі) в східній частині Чорного моря [3].

На рис. 3 наведена схема найбільш частих проявів антициклоніальних вихорів та траєкторій їх переміщення.



Зелені «точки» – звалища; коричневі «точки» – полігони.

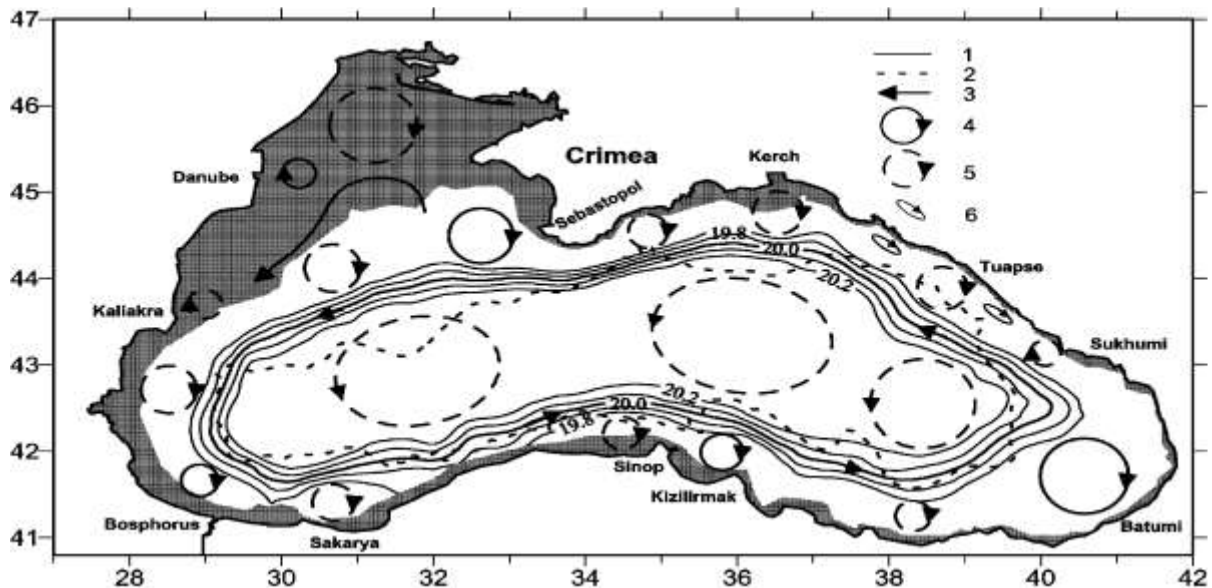
Рис. 1 – Звалища і полігони ТПВ на території Одеської області (Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні», 2017)

Стосовно визначених значень швидкості морських течій, слід наголосити, що максимальна середня швидкість (0,63 м/с) зафіксована на заході від Босфорської протоки (липень 1972 р., глибина 25 м), а абсолютний максимум (1,41 м/с) зафіксований біля мису Калиакра (вересень 1976 р., глибина м). Середні кліматичні значення основної Чорноморської течії на поверхні моря коливаються

від 0,1 до 0,2 м/с, що зумовлює тривалість переносу ВПМ при обміні і трансформації вихрових структур протягом місячних і більших інтервалів часу.

Отже, циркуляція ВПМ в морському басейні може відбуватися незмірно тривалий період, акумулюючи їх в стаціонарних вихрових структурах і на шельфі.

Частинки макропластику можуть під-



1 – середньорічні значення кліматичної солоності (psu) на глибині 100 м;
 2 – середньорічні значення кліматичної солоності (psu) на глибині 1000 м;
 3 – біфуркаційна гілка основної Чорноморської течії;
 4 – квазістаціонарні вихори; 5 – нестаціонарні вихори; 6 – нестаціонарні прибережні вихори;
 Ділянки з глибиною менше за 100 м заштриховані.

Рис. 2 – Схема генеральної циркуляції Чорного моря у поверхневому шарі (0-500 м) [10]

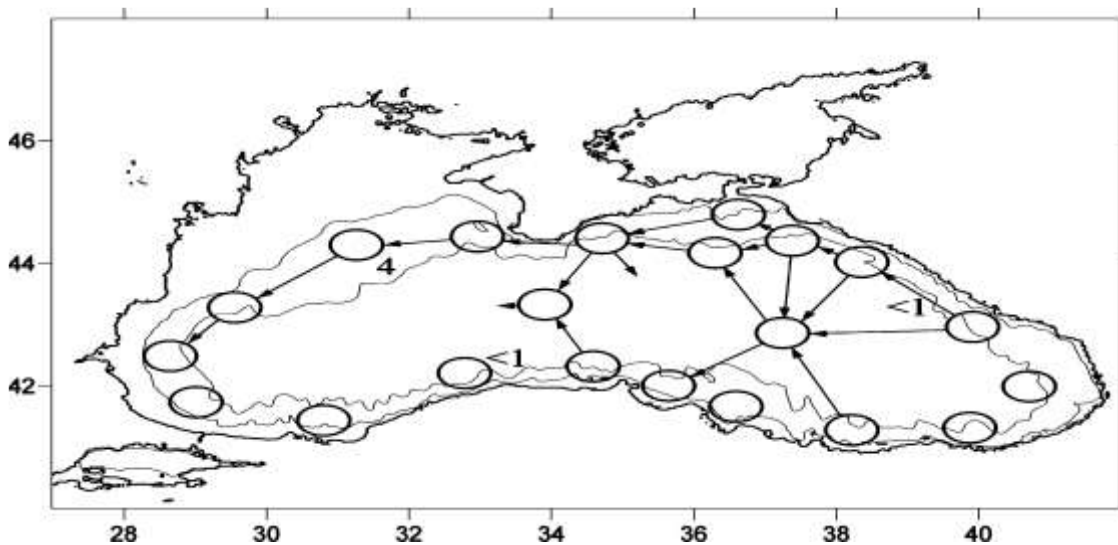


Рис. 3 – Схема найбільш частих проявів антициклоніальних вихорів в Чорному морі (круги) та траєкторій їх переміщення (стрілки); цифри – локальні значення безрозмірної ширини континентального схилу – ізобати 100 м і 1500 м (Zatsepin A.G., Denisov E.S. et al., 2005)

даватися тривалому переносу морськими течіями, вітрами і хвилями. Вони несуть пряму загрозу морським організмам і є «сировиною» для генерування мікропластику і нанопластику. Мікрочастинки пластику мають низьку щільність і багато видів морської фауни сприймають їх як джерело їжі. Оскільки пластик не розчиняється їх ферментативної системою, то саме по собі проковтування пластика

становить загрозу для їх життя і може призвести до летального результату. Однак найбільше занепокоєння викликає той факт, що частинки мікропластику здатні адсорбувати важкі метали та інші токсичні полутанти. Забруднений мікропластик потрапляє у трофічні ланцюги, накопичується в морських організмах, а потім через наявність у складі морепродуктів потрапляє до організму людини [11].

Висновки

В прибережній зоні ПЗР щорічні обсяги утворення ТПВ можуть досягати 2,5 млн т/рік, а обсяги утворення ВПМ – понад 320 тис. т/рік; незважаючи на ресурсну цінність ВПМ в Україні не існує визначеної системи поводження з ними, а тому вони у складі потоків ТПВ видаляються на численні звалища (у тому числі на несанкціоновані); значна частина ВПМ (до 80%) із неорганізованих звалищ ТПВ та інших берегових джерел забруднення виноситься повітряними і водними потоками в акваторію північно-західної частини Чорного моря; ВПМ прибережної зони ПЗП є основною складовою морського сміття (на них припадає 83% морського сміття, виявленого в Чорному морі); ВПМ (макропластик) можуть піддаватися тривалому переносу морськими течіями, вітрами та

хвилями і являти собою пряму загрозу морської екосистеми; напрями переміщення ВПМ в морському басейні зумовлені процесами загальної циркуляції у поверхневому шарі Чорного моря; процес біодеградації ВПМ (макропластика) утруднений в умовах морського середовища, а тому їх трансформація обмежується процесами деструкції і диспергуванням до мікро- і наночастинок. Ураховуючи екологічну небезпечність мікропластику, доцільно створити систему спостережень за його вмістом в морському середовищі. Для поліпшення екологічної ситуації в прибережній зоні ПЗП необхідно істотно збільшити обсяги ВПМ, що утилізуються, а також ліквідувати звалища ТПВ, які не відповідають вимогам екологічної безпеки.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Література

1. Plastic & Health. The Hidden Costs of a Plastic Planet. URL: <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf> (Дата звернення 07.10.2020).
2. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/MPDMP_RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y (дата звернення: 07.10.2020 р.).
3. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2017. Draft Final Scientific Report. November 2018. URL: http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/07/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2017_ScReport_FinDraft2.pdf (Accessed: 07.10.2020).
4. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. N 820). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p> (дата звернення: 21.09.2020 р.).
5. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zkhk/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-/> (дата звернення: 07.10.2020 р.).
6. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку. Сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. IFC, Група Світового банку. К., 2015. 109 с. URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22.+%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D1%96+%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96+%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8+%D0%B2+%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96+%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%9D%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B+%D0%A0%D0%9E%D0%97%D0%92%D0%98%D0%A2%D0%9A%D0%A3+%D0%A1%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%96%D1%97+%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83+%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%96+%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INpI3Ew> (дата звернення: 03.10.2020 р.).

7. Матвеев Ю. Б., Гелетука Г. Г. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні. Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України № 22. К., 2019. 48 с. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf> (дата звернення: 03.10.2020)
8. Утворення та утилізація відходів за матеріалами. Архів. Держстат України, 1998-2015. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ns_rik/ns_u/arch_utvut_u.htm (дата звернення: 03.10.2020 р.).
9. Шаніна Т. П., Сейфулліна І. Й., Кушнірьова В. О. Еколого-економічне обґрунтування вибору способу поводження з відходами пластичних мас. Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Хімія. 2015. Том 20. Вип. 2(54). С. 49-60. URL: [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2015.2\(54\).50628](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2015.2(54).50628)
10. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов. Океанология. 2018. Т. 58. №1. С. 149-157. URL: <https://doi.org/10.7868/S0030157418010148>
11. The Black Sea Environment. The handbook of environmental. Chemistry5'Q. Editors: A. G. Kostianoy, A. N. Kosarev Springer Series in Advanced Manufacturing ISSN 1433-6863 Library of Congress Control Number: 2007933692 с. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74292-0>

References

1. Plastic & Health. The Hidden Costs of a Plastic Planet. (2017). Retrieved October 7, 2020, from <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>
2. Plastic waste and microplastics in the oceans. A global warning and study, a call to action, and guidance for policy change. (2016). Nairobi. UNEP. Retrieved October 7, 2020, from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/MPDMP_RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y (In Russian).
3. Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2017. Draft Final Scientific Report. November (2018). Retrieved October 7, 2020, from http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/07/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2017_ScReport_FinDraft2.pdf
4. National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030 (2017); approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of November 8, 2017 N 820. Retrieved September 21, 2020, from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p> (In Ukraine).
5. The state of the sphere of household waste management in Ukraine in 2019. (2020). Retrieved October 7, 2020, from <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy/> (In Ukraine).
6. Municipal solid waste in Ukraine: development potential. Scenarios for the development of the solid waste management industry. (2015). Kyiv: IFC, World Bank Group. Retrieved October 3, 2020, from <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22.+%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D1%96+%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96+%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8+%D0%B2+%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96+%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%9D%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B+%D0%A0%D0%9E%D0%97%D0%92%D0%98%D0%A2%D0%9A%D0%A3+%D0%A1%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%96%D1%97+%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83+%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%96+%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INpI3Ew> (In Ukraine).
7. Matveev, Y.B., & Geletukha, G.G. (2019). Prospects of energy utilisation of municipal solid waste in Ukraine. UABio Position Paper № 22. Retrieved October 3, 2020, from <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf> (In Ukraine). <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-en.pdf> (In English)
8. Generation and utilization of waste by materials. Archive. State Statistics Service of Ukraine, 1998-2015. Retrieved October 3, 2020, from http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ns_rik/ns_u/arch_utvut_u.htm (In Ukraine).
9. Shanina, T.P., Seifullina, I.Y. & Kushnirva, V.O. (2015). Ecological and economic substantiation of the choice of the method of plastic waste management. Odesa National University Herald. Chemistry, 20 (2 (54)), 49-60. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2015.2\(54\).50628](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2015.2(54).50628) (In Ukraine).
10. Zobkov M.B. & Esyukova E.E. (2018). Microplastics in the marine environment: a review of methods for sampling, preparation and analysis of water samples, bottom sediments and coastal sediments. Oceanology, 58 (1), 149-157. <https://doi.org/10.7868/S0030157418010148> (In Russian).
11. Kostianoy, A.G. & Kosarev, A.N. (Eds.) (2008). The Black Sea Environment. The handbook of environmental. Chemistry5'Q. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74292-0>

Надійшла: 07.10.2020

Прийнята: 20.10.2020