

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра охорони праці та навколишнього середовища

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для розв'язання екологічної кризової ситуації

«Океан і пластик» на основі методу кейсів

до виконання завдань з дисциплін

**«БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ» «ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕРГОНОМІКА»**

Харків – 2024

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри охорони праці та навколишнього середовища 29 квітня 2024 р., протокол № 8.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм навчання.

Укладачі:

ст. викл. Є. С. Григор'єва,

доц. Б. К. Гармаш,

доц. Л. А. Катковнікова

Рецензент

проф. А. А. Пługін

ЗМІСТ

Вступ до екології	5
1 Вказівки до виконання письмового звіту з розв'язання ситуативного прикладу	7
1.1 Метод ситуативних вправ	7
1.1.1 Вихідні дані для ситуативного прикладу	8
1.1.2 Що таке кейс (приклад) і як його написати	8
1.1.3 Види кейсів	8
1.1.4 Письмовий звіт про розв'язання кейсу	9
2 Управління безпекою та небезпекою в екології	9
2.1 Безпека людини (суспільства) та довкілля	9
2.1.1 Імовірність прояву небезпеки	10
2.1.2 Управлінські принципи екологічної безпеки	10
3 Екологічні небезпеки, пов'язані з засміченням океану та водоймищ	12
3.1 Антропогенне сміття, мікропластик і пластифікатори в затоці Акаба	12
3.1.1 Результати кількісного оцінювання рівнів сміттєвих пластикових відкладень	12
3.1.2 Стрес-фактори для екосистеми коралових рифів	13
3.1.3 Шкідлива дія пластикового сміття на прибережні та морські екосистеми	14
3.1.4 Аналіз досліджень наявності предметів морського сміття на деяких ділянках Червоного моря	16
3.1.5 Антропогенне бентосне сміття	18
3.2 Морське сміття в Червоному морі	19
3.2.1 Аналіз досліджень впливу антропогенного морського сміття на морську фауну та флору в усьому світі	21

3.3 Оцінювання щільності морського сміття на рифах Майотти (Франція – південно-західна частина Індійського океану) та його впливу на коралові спільноти	23
3.4 Бутік шльопанців: сміття на березі Скелі Сент-Брендон, ізолюваному тропічному атолі в Індійському океані	27
3.4.1 Кількісне оцінювання викинутого на берег сміття	29
3.4.2 Склад сміття та можливі джерела	30
4 Ситуативний приклад: океан і пластик	30
4.1 Збір пластику в океанах	31
4.1.1 Збір пластику в океані за допомогою системи Ocean Cleanup	32
4.2 Пластик на пляжах	33
4.2.1 Збір пластику на пляжах за допомогою технології Interceptors	34
4.2.2 Збір пластику на пляжах – «Містер Смітєве колесо»	34
4.2.3 Збір пластику у річках за допомогою технології AlphaMERS	35
4.2.4 Збір пластику у річках за допомогою Bubble Barrier	35
4.2.5 Де знаходиться решта пластику в океані та річках	35
4.3 Мікропластик	36
4.4 Дослідження Ламонт-Доєртинської обсерваторії Землі (NOAA) та Школи громадської охорони здоров'я Мейлмана про боротьбу з мікропластиком	37
4.4.1 Очистити мікропластик і одночасно захистити екосистеми буде непросто	37
4.4.2 Боротьба з мікропластиком у світі	38
4.5 Пластик на морському дні	39
4.5.1 Пластик на дні океану стає частиною екосистеми	40
4.6 Пропозиції щодо зменшення кількості пластику в океані	40
Список літератури	41
Додаток А	45
Додаток Б	49
Додаток В	52

ВСТУП ДО ЕКОЛОГІЇ

Мета екології – вивчення законів функціонування систем (екологічних систем) усіх рівнів в умовах діяльності людини і розроблення стратегій взаємодії людства в цілому з навколишнім середовищем.

За означеною метою доцільно визначити завдання екології:

- діагностика стану планети та її ресурсів;
- визначення порогів витривалості антропогенного навантаження;
- розроблення критеріїв оптимального функціонування екологічних систем;
- вивчення шляхів зворотності і відновлення наслідків антропогенного впливу на екологічні системи;
- розроблення прогнозів майбутніх змін в навколишньому середовищі при різних ситуаціях політичного, екологічного та соціального розвитку людини;
- формування ідеології, спрямованої на екологізацію освіти, промислового середовища та економіки.

Наведемо декілька понять як додаткове теоретичне обґрунтування вирішення поставлених завдань екології.

Загальна екологія – наука, що вивчає загальні закони формування, еволюції та життя екологічних систем на основі аналізу продуктивності життя і кругообігу речовин у природі, стійкості в усіх формах біорізноманіття.

Біоекологія – це частина наукового напрямку, що поділяється:

- на *аут-екологію* (екологія окремих видів і індивідуумів);
- *популяційну екологію* (вивчає популяцію видів і особин);
- *син-екологію* (екологія багатовидових спільнот).

Геоєкологія – наука, що вивчає взаємодію живих істот із середовищем існування, поділяється на *екологію середовищ* (землі, води),

екологію природо-кліматичних зон (вивчаються тундра, степи, болота тощо).

Прикладна екологія – це великий комплекс дисциплін, пов'язаних із різними областями взаємодії людини з середовищем. Короткий перелік означених наукових дисциплін наведений нижче.

Інженерна екологія – розроблення інженерних норм щодо екологічних стандартів і нормативів.

Сільськогосподарська екологія – вивчає тварин, що належать до сільського господарства, і безпосередньо з агрокомплексом.

Біоресурсна екологія – займається діагностикою стану тваринного і рослинного потенціалу.

Урбоекологія – екологія міст у поєднанні з промисловими об'єктами.

Екологія людини – вивчає людину як живого індивідуума і як соціального суб'єкта.

Охорона природи – це обмежене використання природних ресурсів, а також недопущення порушень природних процесів внаслідок антропогенного впливу.

Охорона навколишнього середовища – це недопущення потрапляння в межі існування людини шкідливих і небезпечних для здоров'я речовин.

Щодо поставленої мети в результаті вирішення поставлених завдань екології виникає певне наукове спрямування – **екологізація**.

Екологізація – проникнення ідей екології у різні галузі науки і техніки. У найзагальнішому трактуванні *екологізація* є переважно науково обґрунтованою людською діяльністю, за допомогою якої здійснюється розумне, наукове управління взаємодією між суспільством, технікою, виробництвом і природою, відбувається закономірний процес взаємодії суспільства, людини і природи.

Екологізація освіти стає можливою завдяки екологізації всіх сфер людської діяльності, зокрема і виробництва, що функціонує завдяки

повторному використанню сировинних ресурсів. Унаслідок грамотної *екологізації* створюються умови для виникнення екологічної свідомості, а згодом і нової екологічної культури, на формування яких і спрямована національна освіта.

1 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПИСЬМОВОГО ЗВІТУ З РОЗВ'ЯЗАННЯ СИТУАТИВНОГО ПРИКЛАДУ

Розв'язання запропонованого у методичних вказівках ситуативного прикладу сприятиме формуванню екологічної грамотності та дбайливого ставлення до природи та навколишнього середовища. Сприятиме забезпеченню майбутніх спеціалістів основами екологічних знань і вироблення в них екологічної культури, а також дбайливому відношенню до використання природних ресурсів.

Під час опанування матеріалу теоретичної та практичної частини методичних вказівок здобувач висвітлює причини виникнення на нашій планеті глобальної екологічної кризи, що загрожує подальшому існуванню людства на Землі. А згодом показує можливі шляхи виходу з цієї кризи.

1.1 Метод ситуативних вправ

Сутність методу ситуативних вправ, прикладів або кейсів полягає в тому, що здобувачі в процесі навчання досліджують, аналізують, обговорюють та шукають оптимальні рішення найбільш розповсюджених екологічних проблем.

1.1.1 Вихідні дані для ситуативного прикладу

Як вихідний матеріал використано фактичний матеріал і опис реальних проблемних ситуацій, а як інструмент для вирішення проблеми здобувачам пропонується опанувати підходи та методи, що вивчались на лекційних заняттях. Формою рішення кейсів є: публічне обговорення (дебати, дискусії), письмовий звіт (есе).

1.1.2 Що таке кейс (приклад) і як його написати

Кейс – це історія про те, як ви вирішували завдання замовника (клієнта, цільової аудиторії). Наприклад, ви надаєте послуги з *перевірки контрагентів*.

Перевірка контрагента – це широко поширений термін, який означає збір та аналіз інформації про будь-яку юридичну особу та/або індивідуального підприємця. Перевірка контрагента дає змогу зробити правильні висновки щодо перспектив подальшої співпраці. Відмінним кейсом стане історія про те, як Ви вчасно провели перевірку та запобігли втраті потенційного замовника (клієнта).

1.1.3 Види кейсів

За форматом використання виділяють три види кейсів:

- executive-кейси (обсяг: до 2 сторінок): використовуються як ілюстрація теоретичного матеріалу для перевірки вузьких навичок;
- тематичні кейси (обсяг: 3–5 сторінок);
- повноформатні (гарвардські) кейси (обсяг: 20-25 сторінок).

1.1.4 Письмовий звіт про розв'язання кейсу

За форматом використання під час вивчення екологічних проблем доцільно обрати тематичний кейс.

Письмовий звіт складається з такого:

- дослідження запропонованої ситуації (кейсу);
- збір та аналіз недостатньої інформації (використовуються матеріали з п. 3 теоретичної частини цих методичних вказівок, обов'язково матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему);
- обговорення можливих варіантів вирішення проблеми (відбувається на занятті під керівництвом викладача);
- пошук найкращого рішення.

2 УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТА НЕБЕЗПЕКОЮ В ЕКОЛОГІЇ

2.1 Безпека людини (суспільства) та довкілля

Теоретично безпеку людини (суспільства) та довкілля мають гарантувати закони держави, що впорядковані за сферами діяльності:

- природна сфера передбачає створення і застосування природоохоронного законодавства;
- виробнича та соціальна сфери – адміністративне, господарське, карне та інші розділи права відповідно.

Саме вони регулюють відношення між людьми в суспільстві, їхнє відношення до природи власного краю, навколишнього середовища. Положення законодавства, будь-якого розділу права є тими теоретичними основами, що регулюють напрямки сучасних наук. До означених напрямів наукової діяльності можна віднести:

- фундаментальні науки (хімічні, біологічні, фізичні, математичні);
- соціологічні науки (політика внутрішня, зовнішня);
- гуманітарні (правознавство, культурологія, мистецтво).

Науковий аналіз тих чинників, що безпосередньо впливають на безпеку кожної окремої людини (суспільства) і довіклля складає основу курсу з екології. Його теоретичні засади стануть у нагоді при оволодінні практичними навичками дотримання екологічної безпеки. Для цілеспрямованої діяльності з поліпшення умов життя і діяльності людини в різних сферах необхідно знати *групи чинників безпеки*, що впливають на людину.

2.1.1 Імовірність прояву небезпеки

Завжди існує імовірність прояву небезпеки. Таке емпіричне твердження можна сформулювати по-іншому: в природі не існує абсолютно безпечних явищ чи чинників, все небезпечно за певних умов. Дане твердження є аксіомою, тому що при деяких обставинах імовірно безпечний об'єкт чи речовина можуть стати або виявитись небезпечними. Таке може статися через процеси старіння будь-якого живого чи неживого об'єкта. Внаслідок цього виникають та формуються системні кризи. Процес руйнації або суттєва зміна однієї з ланок чи частини системи згодом виводить з ладу весь об'єкт загалом і пов'язані з ним інші об'єкти. Так формується ланцюгова реакція щодо негативних змін в означеній системі.

2.1.2 Управлінські принципи екологічної безпеки

Важливою теоретичною основою безпечної діяльності у сфері екології є *загальні принципи безпеки*. Такі принципи встановлюють

взаємозв'язки між окремими стадіями процесу, і стануть у нагоді будь-якому керівникові чи управлінцю при забезпеченні безпеки для людини і довкілля.

Принцип управління. Полягає у розробленні та впровадженні систем управління безпекою для людини і довкілля на наукових основах. Він є основним при забезпеченні безпеки для людини і довкілля. Принцип управління за своєю суттю є профілактичним.

Принцип плановості. Встановлює на встановлені (за потреби – визначені) періоди спрямованої діяльності з забезпечення безпеки для людини і довкілля певні кількісні обмеження.

Принцип адекватності. Охоплює компетентність, ділові та організаторські якості управлінців.

Принцип зворотного зв'язку. Вимагає одержання об'єктивної інформації при управлінні безпекою для людини і довкілля, ретельні звіти з будь-якої ситуації, що виникла, та її детальний аналіз.

Принцип ефективності. Потребує кореляції результатів із плановими оцінками показників.

Принцип добору кадрів. Є важливим через наявність у фахівців необхідних знань і навичок управління безпекою людини і довкілля.

Принцип стимулювання. Вимагає від управлінця забезпечення певної оплати праці за її певну кількість.

Принцип контролю. За суттю є системою нагляду і перевірок об'єктів на їхню відповідність встановленим вимогам безпеки.

Принцип відповідальності. Передбачає встановлення та чіткого розподілу обов'язків поміж відповідальними особами.

Порушення означених принципів у будь-якому порядку чи кількості з великою імовірністю призведе до формування і прояву небезпечних і навіть надзвичайних ситуацій.

3 ЕКОЛОГІЧНІ НЕБЕЗПЕКИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ЗАСМІЧЕННЯМ ОКЕАНУ ТА ВОДОЙМИЩ

3.1 Антропогенне сміття, мікропластик і пластифікатори в затоці Акаба

Затока Акаба на півночі Червоного моря, яка вважається кораловим рифом, що захищає від негативних наслідків зміни клімату, проте піддається зростанню обсягу пластикового забруднення.

3.1.1 Результати кількісного оцінювання рівнів сміттєвих пластикових відкладень

Було проведено кількісне оцінювання рівнів донного пластикового сміття, мікропластику та пластифікаторів у навколишньому кораловому рифі, морській воді та відкладеннях залежно від часу [1]. Результати показують, що коралові рифи Гоа мають відносно нижчий рівень забруднення пластиком, порівняно з рифами в інших регіонах. Виміряна кількість донних сміттєвих відкладень на рифах Червоного моря становила $0,093 \pm 0,091$ од/м² і відповідала зареєстрованим рівням, виявленим в інших тропічних коралових рифах [2]. Було також встановлено, що найпоширенішим типом донного пластикового сміття є матеріали, з яких виготовляють човни для катання та використовують у рибальстві.

Також було виявлено, що глибокі мезофотичні рифи мають значно вищий рівень донного пластикового сміття порівняно з менш дрібними рифами. Рівні мікропластику в навколишній морській воді рифу становили $0,516 \pm 0,317$ мікропластику/м³ [3]. Такі концентрації у водах, що оточують риф, можна порівняти з тими самими рівнями, які спостерігаються в поверхневих водах центральної частини Червоного моря.

Цільові пластифікатори з'являлися в пробах нечасто, а концентрації більшості з них були нижчими за рівень кількісного визначення (LOQ = 14,7 нг/л для води та 14,7 нг/г для осаду) [4]. Результати проведеного дослідження мають цінність з наукової точки зору та закладають основу для формування регіональної політики та реалізації стратегій управління, спрямованих на контроль та пом'якшення наслідків від пластикового забруднення (рисунок 1).



Рисунок 1 – Склад сміттєвих пластикових відкладень поблизу коралових рифів

Проведення політики захисту в подальшому забезпечить довгостроковий захист рифів у північній частині Червоного моря, перетворивши їх на безпечний кораловий притулок, захищений як від глобальних, так і від місцевих антропогенних стресорів.

3.1.2 Стрес-фактори для екосистеми коралових рифів

Незважаючи на те, що екосистеми коралових рифів займають менше 1 % площини всього океану, вони мають найвище біорізноманіття в морській сфері (таблиця А.1 додатку А). На жаль, навіть за сценарію, коли

буде досягнуто суттєве зниження викидів парникових газів, зміна клімату залишатиметься серйозною загрозою, яка може призвести до зникнення більшості тропічних коралових рифів світу вже до 2050 р.

Червоне море має коралові рифи, що охоплюють всю берегову лінію. Процес природного відбору, який відбувався на цих рифах через тепловий бар'єр на південному краю Червоного моря, призвів до розвитку генотипів коралів, менш сприйнятливих до теплового стресу. Затока Акаба, яка розташована в північній частині Червоного моря, вважається притулком для біоти (таблиця А.1 додатку А), захищеним кораловими рифами від наслідків зміни клімату протягом найближчих десятиліть [1]. Але незважаючи на їхню стійкість до глобальних стрес-факторів, такий притулок перебуває під тиском з боку місцевих стресорів. Надмірне антропогенне втручання як на суші, так і в морі становить загрозу для існування місцевого біорізноманіття.

До того ж завдяки нещодавнім досягненням у галузі опріснення води та опанування енергетичними технологіями, у регіоні Червоного моря спостерігається зростання чисельності населення. Внаслідок чого зростає прибережне освоєння, рибальство та збільшується забруднення, яке безпосередньо впливає на розташовані там коралові рифи.

3.1.3 Шкідлива дія пластикового сміття на прибережні та морські екосистеми

Пластикове забруднення визнано в усьому світі серйозною загрозою прибережним та морським екосистемам, включно із кораловими рифами (таблиця Б.1 додатку Б). Пластикове сміття піддає корали стресу через пряме фізичне ушкодження, брак світла, виділення токсинів та виникнення кисневого голодування. Встановлено, що у колоніях коралів, які контактують з великими предметами морського пластикового сміття,

спостерігається зростання захворюваності на хвороби, яке збільшується з 4 % до 89 % при контакті коралів з пластиком [5].

Мікропластик (пластмасове сміття < 5 мм) взаємодіє з коралами за допомогою активного проковтування, також виникає явище пасивної поверхневої адгезії. Ці частки можна прийняти за видобуток і вони проникають у мезентеріальні тканини порожнини кишечника коралу, викликаючи видоспецифічний вплив, який призводить до порушення росту та здоров'я коралів (наприклад, знебарвлення, виникнення некрозу тканин, нестійкість до паразитів).

До того ж пластмасові матеріали не є чистими речовинами: до їхнього складу входять полімерні будівельні блоки у поєднанні з хімічними добавками. Такі хімічні речовини можуть вимиватися із пластику безпосередньо у навколишнє середовище (таблиця Б.1 додатку Б).

Ефіри фталевої кислоти входять до хімічних речовин, які найчастіше використовуються як пластифікатори в широкому спектрі пластикових виробів. І мікропластик, і фталатні ефіри були виявлені в різних видах коралів та навколишньої води на Мальдівах та в Перській затоці (дані 2021 р.), з негативною кореляцією між концентрацією фталатів у тканинах коралів та щільністю ендосімбіотичних водоростей коралів [6]. Крім того, було виявлено, що деякі сполуки ефірів фталевої кислоти мають руйнівні властивості для ендокринної системи коралів. Отже, означені сполуки можуть впливати на гормональну систему живих організмів. Було встановлено, що вплив 100 мкг/л пластифікатора диметилфталата має істотний негативний вплив на поселення планул *Stylophora pistillata*, широко поширеного розгалуженого склерактинового корала в Червоному морі (таблиця Б.1 додатку Б).

3.1.4 Аналіз досліджень наявності предметів морського сміття на деяких ділянках Червоного моря

Існує значна прогалина у знаннях про масштаби пластикового забруднення Червоного моря [7–8]. Особливо це стосується регіону ГоА, який переживає постійний розвиток та швидке зростання населення через впровадження удосконалених технологій опріснення води та впровадження альтернативної енергетики.

Останнє дослідження великих предметів морського сміття в ГоА було проведено в Акабі, Йорданії, Аль-Наджарі і Аль-Шиябі у 2011 р. За результатами опубліковано дані про кількість сміття на м² на основі одноденного дослідження, проведеного ще в 2006 р [9].

Їхнє дослідження суттєво підвищило поінформованість про кількість металевих банок та пластикового сміття у цьому районі. Наступне дослідження було проведено тільки у 2017 р. [10]. Під час нього вимірювали плаваючі пластикові предмети розміром 0,2–500 мм вздовж східного арабського узбережжя центральної частини Червоного моря за допомогою мережевих буксирів і виявили відносно низький рівень мікропластику в його поверхневій морській воді ($0,37 \pm 0,12$ мікропластика/м³). Автори припустили, що це результат великої фільтрації твердих частинок кораловими рифами Червоного моря, що робить їх потенційно важливим поглиначем мікропластику. У пізнішому дослідженні та сама дослідницька група встановила, що пасивне видалення мікропластика за допомогою прилипання до поверхні коралу було в 40 разів вищим, ніж активне видалення за допомогою годування суспензією. Що стосується пластикових добавок, нині немає даних про присутність пластифікаторів на основі ефірів фталевої кислоти в морській воді або відкладеннях Червоного моря. Але оцінювання вмісту фталатів та мікропластику в поодиноких асцидіях,

відібраних в Ейлаті, Ізраїль, у ГоА, виявила високі рівні фталатів у цих організмах.

Важливо зазначити, що відбір проб тільки верхнього шару водної товщі дає обмежене уявлення про справжній рівень забруднення, якому піддаються донні спільноти [11]. Більше того, відсутні опубліковані дані про рівні та типи пластикового забруднення, що є у глибших мезофотичних коралових рифах ГоА (діапазон глибин 30–150 м). Ці мезофотичні рифи демонструють менші коливання температури, світлового забруднення, відкладень і менше занепокоєння, пов'язаного з узбережжям (наприклад, дайвінгу, риболовлі, катання на човнах), ніж сусідні дрібніші рифи. Було встановлено, що вони забезпечують місця розселення личинок із мілководних рифових угруповань. І таким засобом начебто захищені від інших антропогенних загроз [12].

Збір даних про пластикове забруднення в цьому регіоні має важливе значення для розроблення ефективної політики збереження та стратегії управління пластиком забрудненням. У цьому дослідженні був використаний інклюзивний підхід для відстеження та аналізу низки пластикових забруднювачів з часом: як тих, що перебувають у прямому контакті з організмами бентосних коралових рифів (таблиця А.1, додатку А), так і тих, що знаходяться у морській воді та відкладеннях [13]. У ході цього дослідження було проведено оцінювання кількості та характеристик антропогенного донного сміття на глибинах до 100 м та вивчено їхню взаємодію з організмами коралових рифів. Крім того, проведено дослідження наявності мікропластику в навколишній морській воді та визначення концентрації ефірів фталевої кислоти у рифовій воді та відкладеннях на глибині до 30 метрів.

Відбір проб проводився аквалангістами у чотирьох спеціально відведених місцях протягом двох років (2020–2021 рр.) [14].

На кожній ділянці були відібрані проби на двох різних глибинах: 3–10 м та 22–30 м. Місця відбору проб розрізнялися за своєю близькістю до міста Ейлату та до туристичних об'єктів, зокрема [15]:

- ✓ північний пляж, розташований неподалік кордону Ізраїлю та Йорданії, приблизно за 1 – 3 км від Ейлата та Акаби, і на нього скидаються сільськогосподарські змиви та сезонні паводки через вихід каналу Кінет;
- ✓ центр міста.

3.1.5 Антропогенне бентосне сміття

У результаті аналізу водолазних трансектів загалом зареєстровано 940 об'єктів, класифікованих як антропогенні донні скиди [6,9,15]. З них 70 % були ідентифіковані як бентосне пластикове сміття (БПС) з концентрацією $0,063 \pm 0,056$ БПС / м² для всіх зразків. Аналогічне спостереження було і на фототрансектах, де 72 % предметів ідентифікувалися як пластикові. Як у дайверських, так і у фототрансектах найбільш поширеними предметами були мотузки та волосіні, які є антропогенним бентосним сміттям.

Величезна кількість БПС, що виявлене на ділянках дослідження, знаходиться в межах діапазону, зазначеного в інших дослідженнях, проведених на тропічних коралових рифах. Відносно низька чисельність БПС, виявлена на ділянці поблизу Норт-Біч, може бути пояснена відсутністю складного морського дна, оскільки ця ділянка переважно складається з піску. Отже, можна зробити припущення, що відсутність рифових структур на цій ділянці запобігає захопленню до неї БПС, змушуючи його скочуватися схилом у більш глибокі райони [16].

При проведенні дослідження було виявлено різні взаємодії між антропогенним сміттям та рифовими організмами, включаючи заплутування, колонізацію та покриття [1, 4, 15]. При цьому розгалужені корали були особливо вразливі для заплутування. Результати дають цінну

інформацію про стан пластикового забруднення в затоці Акаба, показуючи відносно нижчий вміст донного пластикового сміття (включно із *БПС*) та мікропластику порівняно з іншими регіонами коралових рифів.

3.2 Морське сміття в Червоному морі

Унікальна екосистема Червоного моря є будинком більш ніж для 1500 видів. Але присутність антропогенного сміття, з наземних чи морських джерел, може становити потенційний ризик для фауни та флори Червоного моря. Було проведено дослідження щодо наявності морського сміття в Червоному морі з використанням системи «Драйвери-Тиск-Стан-Вплив-Реакція» (DPSIR) із подальшим угруповуванням результатів (рисунок 2) [17]. Огляд доповнюється аналізом поточних заходів реагування, що охоплюють регіональні та національні інструменти. Хоча дослідження морського сміття в Червоному морі не такі великі, як подібні означені дослідження в інших морях, але вони встановлюють присутність морського сміття у великих кількостях.

Також було виявлено, що приплив сміття обумовлений рекреаційною діяльністю, рибальством та судноплавством у регіоні. Більше того, пандемія COVID-19 посилила приплив морського сміття до Червоного моря через неправильну утилізацію засобів індивідуального захисту. В останні роки заходи у відповідь активізувалися завдяки створенню регіональних та національних рамок та ініціатив, що реалізуються неурядовими організаціями [18].

Отже, виникає питання щодо того, чи вирішує регіональний план дій конкретні проблеми, виявлені під час досліджень морського сміття, і чи проводиться порівняння з планами інших регіональних морів.

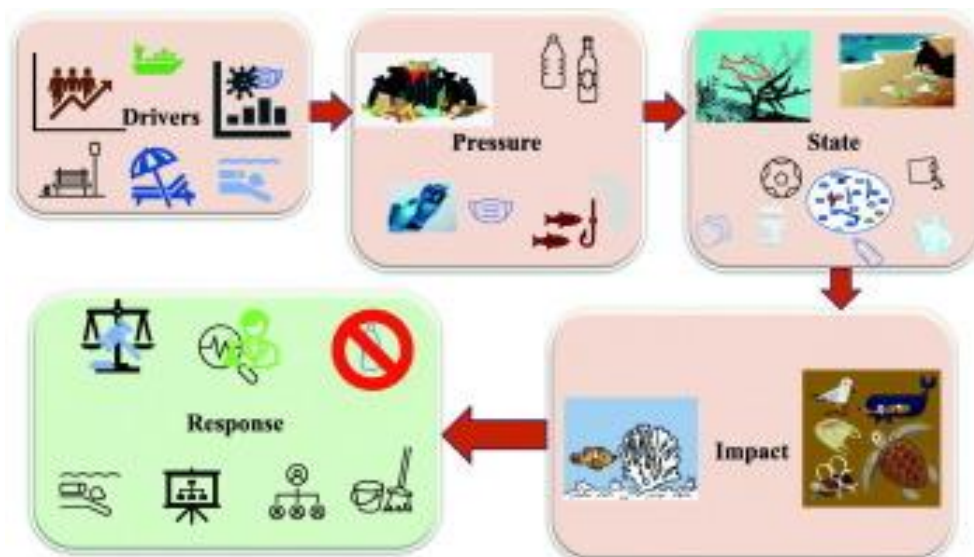


Рисунок 2 – Дослідження морського сміття в Червоному морі з використанням системи DPSIR

Морське сміття, що за визначенням як «будь-який стійкий, виготовлений або перероблений твердий матеріал, викинутий, утилізований або кинутий у морському та прибережному середовищі» (відповідно до визначення ЮНЕП, 2016 р.), є однією з найгостріших екологічних проблем, з якими світ стикається в наш час [19].

Історія досліджень морського сміття походить від 1970-х років і пов'язана з активним розробленням пластику [20]. Більшість морського сміття (61 – 87 %) складається з пластику різного розміру та типу. За оцінками науковців у 2010 р. [21], 192 прибережні країни виробили 275 млн т пластикових відходів, з яких від 4,8 до 12,7 млн т потім потрапили до морського середовища. Розмір пластикового сміття відіграє вирішальну роль щодо впливу на морську біоту. Саме сміття за розмірами поділено на чотири класи (рисунок 2):

- ✓ мікро (≤ 5 мм);
- ✓ мезо (5–20 мм);
- ✓ макро (> 20 мм);
- ✓ мега (> 20 мм).

Встановлено, що пластмаси та фрагменти великих розмірів викликають заплутування, задуху та ковтання у птахів, риб та морських тварин. З іншого боку, пластик меншого розміру теж може ковтатися морськими організмами, викликаючи несприятливі наслідки. Аналогічно мікророзмірні пластики можуть діяти як сорбенти та переносники забруднень та хвороботворних мікроорганізмів, що призводить до забруднення та мікробної інвазії. Крім того, у літературних джерелах ретельно задокументовано широкий спектр соціально-економічних наслідків морського сміття, таких як втрата естетичної цінності узбережжя, внаслідок цього – доходів від туризму та можливостей для відпочинку.

3.2.1 Аналіз досліджень впливу антропогенного морського сміття на морську фауну та флору в усьому світі

Проведено численні дослідження впливу антропогенного морського сміття на морську фауну та флору в усьому світі [3–4, 7, 10]. Наприклад, пластикове забруднення Середземного моря було визнано найвищим серед морів світу, що призвело до взаємодії пластикового сміття з морською біотою (таблиця А.1 додатку А). Попадання та заплутування – основні взаємодії, описані в літературі.

Оскільки морське сміття пов'язане з антропогенною діяльністю, існують просторові варіації чисельності сміття. Наприклад, дослідження [8], проведене у Бразилії, показало, що сміття на пляжах безпосередньо пов'язане з кількістю відвідувачів пляжу. На найбільш урбанізованих пляжах зареєстровано найбільше сміття порівняно з менш урбанізованими пляжами.

Більше того, на тип, чисельність та розподіл морського сміття насамперед впливають виробництво пластику, прибережна популяція, океанографічні умови, близькість до міських стоків та усть річок.

Дослідження, проведене у північних морях, показало, що сміття високої щільності виявляється у фіордах, морських каньйонах та поблизу узбережжя [4]. Було встановлено, що переважає сміття, пов'язане з рибальством. Аналогічні результати були отримані при проведенні досліджень у чотирьох грецьких затоках. Виявлене сміття за своїм складом поділяється на такі види:

- ✓ пластик (56 %);
- ✓ метал (17 %);
- ✓ скло (11 %).

Типологічний аналіз сміття виявив три основні джерела пластикового морського сміття, а саме: наземний транспорт (9 %), судноплавний транспорт (26 %) та рибальський транспорт (5 %). Враховуючи вищенаведене, можна зробити висновок про те, що морське сміття складається з різних матеріалів, надходження якого різниться у просторі та часі. Отже, для вирішення проблем, пов'язаних із надходженням морського сміття, потрібен комплексний підхід [8, 21].

Червоне море – затока Індійського океану, напівзамкнена Єгиптом, Саудівською Аравією, Суданом, Еритреєю, Джибуті, Йорданією, Ізраїлем та Єменом. Тут знаходиться багата екосистема, що є домівкою для коралових рифів, коралових риб, мангрових заростей і морських ссавців, таких як дюгоні і китоподібні.

Біорізноманіття Червоного моря можна порівняти з біорізноманіттям знаменитого Коралового трикутника. У цій статті критично розглядаються статті з використанням результатів вже проведених замірів. Пошук у базах даних *Scopus* та *PubMed* наукових статей стосовно огляду та аналізу про морське сміття у Червоному морі змусив критично поставитись до наведених результатів попередників [21]. Наявна інформація та прогалини у дослідженнях узагальнені у різних аспектах на основі екологічних показників (рушійних силах, тиску, стані, впливі та реагуванні).

Дослідження морського сміття в Червоному морі не були широкими і загалом зосереджені на кількісному та якісному оцінюванні сміття. З іншого боку, важливість та оригінальність наведеного огляду полягає у вивченні причинно-наслідкового зв'язку між довкіллям та суспільством для інформування про наявну проблему. До того ж надано політичні рекомендації щодо вирішення проблеми та пом'якшення стану морського сміття в Червоному морі.

3.3 Оцінювання щільності морського сміття на рифах Майотти (Франція – південно-західна частина Індійського океану) та його впливу на коралові спільноти

На 22 станціях, розташованих на околиці островів Майотта всередині периметра Морського природного парку Майотти було виявлено морське сміття [22]. Середня оцінка кількості проб морського сміття (*aMC*), зібраних цих станціях, становила $3,9 \pm 1,3$ *aMC* на 500 м² взимку і $3,8 \pm 1,1$ *aMC* на 500 м² влітку. Більшу частину становили пластикові *MC* від рибальських снастей (ліски, сітки тощо). Станція № 18 показала навіть середню щільність $39 \pm 4,2$ *aMC* на 500 м² протягом двох сезонів і відрізнялася від інших станцій тим, що *aMC* надходила винятково із так званих «catchment areas» (водозбірних басейнів) з більшою частиною алюмінію *aMC* (56 %). Приблизно половина коралової колонії, що вступили в контакт з *aMC*, зазнали впливу, в якому переважала категорія «Розбиті або зіпсовані колонії». При цьому постраждало загалом 25 % колоній. Колонії, що найбільше постраждали від *aMC*, являли собою гіллясті або стовбурові корали, причому переважна більшість у цьому дослідженні належала до роду Акропора.

Антропогенне морське сміття *aMC* поширене повсюдно у всіх океанах світу і навіть у віддалених районах, захищених від прямого контакту з людиною [1–2, 5, 7–8].

Науковці, урядові та неурядові організації, а також приватні установи визнали *aMC* одним із основних факторів екологічного стресу, що впливають як на морські екосистеми, так і на організми. Встановлено, що *aMC* може переміщуватися на великі відстані, плавати або тонути і здатне до накопичування в певних областях на поверхні океанів. Воно складається переважно з пластику (таблиця А.1 додатку А). За оцінками, близько 275 мільйонів метричних тонн пластикових відходів виробляються 192 прибережними країнами, з яких від 4,8 до 12,7 млн потрапляють до океану. Тільки в регіоні Південно-Східної Азії на рифах прогнозується надходження 11,1 млрд пластикових відходів [22]. Отже, до 2025 р. кількість пластикових *aMC*, що контактують з колоніями коралів, збільшиться на 40 %.

Відомо також, що *aMC* завдає шкоди кораловим рифам, порушуючи екологічні процеси. Встановлено, що пластиковий *aMC* при контакті з колоніями коралів може послабити тканину коралів, збільшуючи їхню чутливість до хвороб з 4 до 89 %, у випадках, коли корали контактують із пластиком. Також *aMC* може викликати пряме пошкодження тканин у коралів, створюючи «відкриті ділянки» для патогенних агентів, таких як інфузорії або покриваючи корали. Виникають умови з низьким вмістом кисню, які сприяють зростанню передбачуваних патогенних мікроорганізмів.

Декілька лабораторних експериментальних досліджень також показали, що як мікро-, так і макропластики значно знижують швидкість росту скелета та викликають зміни в харчовій поведінці коралів. Незважаючи на означені експериментальні дослідження, знання про щільність *aMC* та великі масштаби його екологічного впливу на рифові

екосистеми, як і раніше, обмежені. Особливо така ситуація актуальна для коралових рифів західної частини Індійського океану. За даними експериментів, проведених у 2015 – 2018 рр., на деяких рифових пляжах на Сейшельських островах, Мадагаскарі та острові Реюньон було проведено лише кілька досліджень щодо складу та походження *aMC* [10].

Було також проведено дослідження кількості рибальських мереж та їхнього впливу на коралові рифи навколо острівця у Сіамській затоці щодо стану здоров'я коралових рифів, але на сьогоднішній день не було проведено жодного попереднього дослідження, яке б оцінювало щільність *aMC* на коралових рифах та їхній вплив на коралові рифи в південно-західній частині Індійського океану [22]. Так само терміново необхідні додаткові польові вимірювання, щоб зрозуміти, як *aMC* взаємодіє та впливає на донних безхребетних.

На Майотті присутній великий антропогенний тиск (висока щільність населення 690 жителів/км²). Він проявляється так: численні неконтрольовані звалища, погане управління побутовим господарством і промислові відходи, що неконтрольовано потрапляють в море. Морський природний парк Майотти (PNMM) вивчає щільність *aMC* на п'яти пляжах з 2017 р., навіть створено обсерваторію *aMC*.

Облямовувальні рифи Майотти є частиною означеного природного парку і займають площу близько 70 км² з глибиною від 2 до 10 м. Ці рифи мають середній кораловий покрив (становить близько 34 %). Вони є надзвичайно неоднорідними і варіюються від легких у дальньому кінці заток до важких навколо мисів. Домінуючі коралові спільноти на цих рифах різняться залежно від умов навколишнього середовища та антропогенного впливу (відкладення опадів, забруднення і т. п.).

На облямовувальних рифах, що зазнають екстремального екологічного та антропогенного тиску, є найбільш поширеними м'які корали, масивні корали, пальцеподібні *Acropora* і *Pocillopora*. Тоді як на

облямовувальних рифах, що знаходяться в сприятливих умовах довкілля, лише вид *Acropora*. Організми, які пов'язані з цими рифами, надзвичайно різноманітні і представлені різними типами, присутніми на різних рифах, що облямовують південно-західну частину Індійського океану. Рівень локального антропогенного навантаження на ці рифи надвисокий: це обумовлює якість води, техногенні речовини тощо. Встановлений рівень поєднується з регіональним екологічним навантаженням (знебарвлення коралів, збільшення кількості штормів тощо). Ці порушення та їхня підвищена частота змінюють бентосні спільноти на рифах Майотти, сприяючи стійким і опортуністичним видам рифів і скорочуючи різноманітність коралів і пов'язаних з ними організмів.

Майотта розташована на півночі Мозамбікської протоки, між узбережжям Східної Африки та Мадагаскару. За своїм походженням це вулканічний острів, що утворився понад 8 млн років тому і є частиною Коморського архіпелагу, що складається з чотирьох основних островів (Великий Комор, Мохелі, Анжуан і Майотта). Майотта складається з двох основних островів, Пті-Тер та Гранд-Тер, з лагуною загальною площею 1100 км² та рифом площею 277 км². Загалом у серпні 2018 р. (взимку) на 22 станціях було зібрано 172 екземпляри *aMC*, у лютому 2019 р. (влітку) – *aMC* [14].

Середня оцінка кількості об'єктів *aMC*, відібраних на 22 станціях, склала $3,9 \pm 1,3$ *aMC* на 500 м² взимку та $3,8 \pm 1,1$ *aMC* на 500 м² влітку. Ці два середніх значення близькі і трохи різняться (за критерієм Манна-Уїтні – значення $p > 0,05$), *aMC* виявлено на 91 % станцій взимку та на 95 % станцій влітку.

Однією з багатьох критеріїв «доброго екологічного стану» є значне скорочення кількості об'єктів *aMC* ($>1-5$ см²), виміряних за допомогою дайвінгу в найбільш сильно постраждалих та мілководних районах у період з 2014 по 2020 рр. [17].

3.4 Бутік шльопанців: сміття на березі Скелі Сент-Брендон, ізольованому тропічному атолі в Індійському океані

Ізольовані коралові атоли, так само як і коралові рифи, не застраховані від накопичення морського сміття. Було визначено ареал Південно-Східної Азії, Індійського субконтинента й країн Аравійського моря як найбільш ймовірне джерело знайдених 50 000 предметів на березі Скелі Св. Брендона в Індійському океані [23].

79 % всього знайденого сміття складав пластик (рисунок 3). Примітними типами предметів були шльопанці, пляшки з енергетичними напоями та компактні люмінесцентні лампи. Щільність сміття можна порівняти з аналогічними островами, але менше, ніж на материковій частині. Неушкоджені люмінесцентні лампи передбачають перенесення ртуті на великі відстані. Було зроблено припущення про те, що скупчене морське сміття, яке відносить острови течії і вир, може повторно концентрувати забруднюючі речовини. Острівці на березі Скелі Св. Брендона накопичують типи сміття у різних пропорціях, що свідчить про різноманітність дії від різних типів сміття. Регулярне очищення обраних острівців зрештою дасть змогу позбутися більшої частини сміття, яке накопичилося, і згодом може поліпшити екологію й туристичний потенціал. Проте механізми та логістика вимагають подальшого вивчення означеної проблеми.

Кількість відходів, які щорічно потрапляють в океани, величезна. Лише у 2010 р. до світового океану потрапило близько 4,8–12,7 млн метричних тонн пластикових відходів. Вплив морського сміття та мікропластику (<5 мм) залишається предметом вивчення, тому що є ознаки опосередкованого негативного впливу на біоту як з боку його фізичних і хімічних характеристик, так і через складові пластику та мікропластику.

Тому потенційна кумулятивна негативна дія морського пластикового сміття на здоров'я людини привертає увагу науковців.

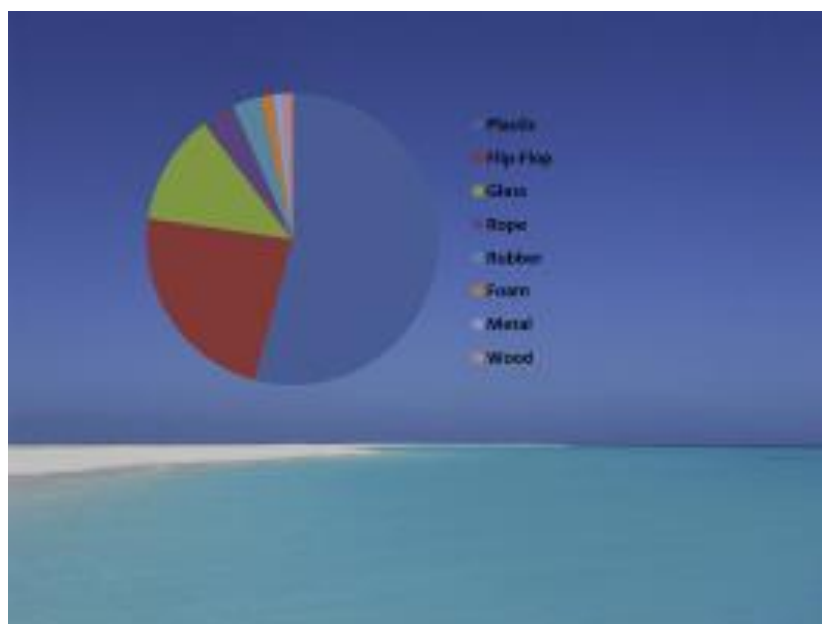


Рисунок 3 – Види предметів антропогенного морського сміття на березі Скелі Св. Брендона

З 20 найбільших країн, що викидають відходи в океани, 10 мають береги Індійського океану, третього за величиною океану у світі. У сукупності ці 10 країн викинули приблизно 1,73–4,61 млн т відходів у 2010 р., і очікується тенденція до збільшення кількості сміття. Було виявлено морське сміття в Індійському океані, Червоному морі, Оманській затоці, Яванській протоці та Малакській протоці, на транскейському узбережжі Південної Африки, пляжах поблизу Мумбаї, південно-східному узбережжі Південної Африки, Сейшельських островах. Було проведено кількісне оцінювання викинутого на берег сміття.

3.4.1 Кількісне оцінювання викинутого на берег сміття

Просторовий розподіл викинутого на берег і затонулого сміття неоднорідний. Мають значення такі чинники: розмір, форма, щільність, відстань від джерела; розсіювання від викиду; повторна концентрація у вир; час, проведений у морі; накип, утворення біоплівки; вплив вітру і хвиль, що утримує здатність пляжів; розподіл сміття на пляжах вітрами і хвилями, течіями, фізіографією тощо. Всі означені чинники суттєво впливають на морську біоту і їхній прояв різниться за масштабом: від глобального до дуже дрібного. Наведені чинники можуть вплинути на відкладення сміття навіть на віддалених пляжах, тому їх визначення необхідно для керування ними (рисунок 1).

Більшість досліджень присвячена кількості, складу, диференціальному розподілу для визначення наслідків та варіантів управління морським сміттям на берегах острівців Скелі Сент - Брендона, ізольованого атолу з кораловим рифом, розташованого за 400 км на північ від Маврикія та за 1000 км на схід від Мадагаскара [23].

Скеля Сент - Брендона (SBR; – 16°23' півд. ш., 59°27' сх. довг.) належить Республіці Маврикій і також відома як острів Сент - Брендона, атол Сент - Брендона або Каргадос-Карахос. Цей ізольований атол має довжину близько 56 км та ширину 22 км, орієнтований з півночі на південь. Його система коралових рифів і лагун складається з 15 виступаючих піщаних мілин і 24 острівців з рослинністю. Течії та вітер переважно зі сходу.

На 15 острівцях (рисунок 3) по довжині берега (38 км) було знайдено майже 29 тис. екземплярів *aMC*. Екстраполяція на всю довжину берега (66 км) передбачила наявність понад 50 тис. об'єктів із середньою щільністю 0,76 об'єктів на метр довжини берега. Розміри предметів варіювалися від дуже великих (>1 м) до 5 мм (найменший встановлений розмір). Пластикові

предмети (від кришок для пляшок до автомобільних сидінь та шоломів) склали 54 % знайдених предметів, а шльопанці (спінений пластик) – ще 23 % (рисунок 3).

3.4.2 Склад сміття та можливі джерела

Склад сміття, особливо дитячих і жіночих шльопанців (23 % від загальної кількості), а також відсутність будь-якого донного сміття, що спостерігається в лагуні під час підводного плавання, дає змогу зробити припущення про те, що є малоімовірним той факт, що місцеві джерела з нечисленних рибалок та туристів зробили б значний внесок до означеного сміття в морі. Встановлено, що лагуни, які безпосередньо пов'язані з населеними пунктами, можуть мати рівень забруднення бентосним сміттям, значення якого сягає 234 од. км². Частка взуття складає 13,4 % від всього викинутого на берег сміття [23].

Ізольовані коралові атоли у західній частині Індійського океану, як і скрізь у світі, не застраховані від накопичення морського сміття. Назви брендів на предметах сміття дають змогу зробити припущення про те, що Південно-Східна Азія, Індійський субконтинент та країни Аравійського моря є ймовірними джерелами предметів, які переносяться Північною екваторіальною течією та системою Північної екваторіальної протитечії.

4 СИТУАТИВНИЙ ПРИКЛАД: ОКЕАН І ПЛАСТИК

Остаточне вирішення проблеми очищення океанів полягає у скороченні споживання та відходів пластику. Незважаючи на те, що поінформованість відіграє важливу роль, запровадження законів та

стандартів є правильним рішенням, оскільки змушує людей та компанії брати на себе відповідальність та обмежувати використання пластику.

За даними Всесвітнього економічного форуму, зараз Світовий океан забруднюють від 75 до 199 млн т пластику. Це відбувається через те, що людина переробляє лише дев'ять відсотків пластикових відходів і щорічно викидає в моря 10 млн т [24].

Якщо ми продовжимо йти цим шляхом, то до 2040 р. щорічний потік пластику в океан може потроїтися, оскільки його виробництво продовжує зростати. Забруднення моря пластиком може обходитися світовій економіці в трильйони доларів щороку, оскільки воно впливає на рибальство, берегову лінію, туризм, морське життя та продукти харчування, які ми їмо.

Площа найбільшої тихоокеанської смітцевої плями, розташованої між Гавайями та Каліфорнією, становить 1,6 млн км², що вдвічі більше за площу Техасу. За оцінками, у ньому міститься 1,8 трлн шматків пластику загальною вагою майже 90 тис. т. Хоча в гирі можна виявити безліч плаваючих предметів – макропластик, наприклад, недопалки, пластикові пакети, харчові контейнери, кошики для білизни, пластикові пляшки, медичні відходи, рибальські снасті та багато іншого, – більша частина пластику має розмір перцевих пластівців або менше, руйнуючись під впливом сонця та хвиль протягом багатьох років.

Незважаючи на те, що більшість великих шматків пластику розкидана по просторах Світового океану, а інші можуть бути занадто малі для збору, існує ряд організацій, які намагаються очистити океани.

4.1 Збір пластику в океанах

Найбільш масштабні зусилля з очищення океану від пластику робить голландська некомерційна організація Ocean Cleanup, мета якої позбутися 90 % пластикових забруднень, що плавають в океані [24]. Перша система

збору сміття виявилася неефективною, коли пластикове сміття змогло вирватися за межі бар'єрів і частина його відірвалася під впливом вітру та хвиль. Успішніша нинішня версія системи дала змогу видалити 220 тис. фунтів пластику з Великої тихоокеанської смітцевої плями.

4.1.1 Збір пластику в океані за допомогою системи Ocean Cleanup

Система Ocean Cleanup складається з великого плавучого сетеподібного бар'єру глибиною три метри, що утворює велику U-подібну форму, що повільно буксирується двома суднами. Природний потік, що виникає під час руху, направляє пластик у центральну зону утримання. Раз на тиждень два судна сходяться разом, закривають бар'єри, забирають зону утримання та вивантажують пластик на одну зі своїх палуб. Там він поділяється на різні потоки, упаковується та вирушає на берегові підприємства з переробки. В наш час розробляється система O3, яка втричі більша і дасть змогу знизити вартість одного кілограма зібраного пластику.

Незважаючи на те, що проєкт Ocean Cleanup привертає до себе велику увагу, деякі морські біологи вважають, що його методи можуть завдати більше шкоди, ніж користі. Вони вказують на судна, що працюють на викопному паливі та буксируючі бар'єри, які викидають в атмосферу 660 т вуглекислого газу на місяць. Компанія Ocean Cleanup стверджує, що компенсує свої викиди та експериментує з біопаливом [24].

Деякі експерти з пластику в океані також стурбовані тим, що система Ocean Cleanup завдає шкоди морській флорі та фауні і може призвести до загибелі тварин навіть у тому випадку, якщо вони будуть повернуті до океану. Компанія Ocean Cleanup стверджує, що риба може залишити її систему. Крім того, в системі передбачені дихальні отвори для ссавців, птахів і черепах, які потрапили в зону утримання, підводні камери, що дають змогу стежити за тим, щоб морські жителі не заплуталися, і спусковий

механізм, що дистанційно керується, відкриває один кінець зони утримання в разі попадання в пастку будь-якої істоти. На борту судна постійно знаходяться спостерігачі за видами, що охороняються, які ведуть моніторинг і документування всіх тварин.

Ще одне побоювання пов'язане з тим, що система Ocean Cleanup може завдати шкоди маловивченій екосистемі під назвою «нейстон», що включає комах, хробаків, равликів, нудібранхів, крабів, морських анемонів і т. д., які плавають на поверхні океану (подібно до пластику), поки що вчені ще не мали достатньо часу для її вивчення.

Інші критики стверджують, що метод Ocean Cleanup не може позбавити мікропластику, а деякі вважають, що більш ефективними є менш технологічні стратегії, такі як очищення пляжів, оскільки вони запобігають насамперед попаданню пластику в океан.

4.2 Пластик на пляжах

Незважаючи на те, що більша частина пластику, що плаває в гігантських водоймах, має десятирічний вік, виявилось, що більша частина пластику, що недавно утворився, залишається поблизу берегів. В одному з досліджень [25] було встановлено, що протягом перших п'яти років після попадання в океан із суші 77 % пластику залишається на пляжах або плаває в прибережних водах. На думку океанографа Утрехтського університету Еріка ван Себілле, велика частина пластику в океані залишається в межах 100 миль від берега між береговою лінією та океаном, омиваючи його і шкрябаючи по піску, що у підсумку призводить до його розпаду на мікропластик.

Низка організацій регулярно організує прибирання пляжів із залученням добровольців: Ocean Conservancy, Surfrider Foundation, American Littoral Society, Ocean Blue Project та інші [24, 26–30].

Вчені встановили, що на 1000 річок світу припадає 80 % пластику, що потрапляє в річки і опиняється в океані [25].

4.2.1 Збір пластику на пляжах за допомогою технології Interceptors

Компанія Ocean Cleanup має в своєму розпорядженні технологію очищення річок під назвою Interceptors – катамараноподібні судна на сонячних батареях, які опускаються в гирлі забруднених річок. У міру течії річки сміття потрапляє через бар'єр на конвеєрну стрічку перехоплювача, який скидає його в човник, а човник доставляє сміття в контейнери для сміття на баржі, які підвозять до берега річки і спорожняють. Сміття відправляється на підприємство з переробки відходів. На сьогоднішній день вісім перехоплювачів видалили з річок Індонезії, Малайзії, В'єтнаму, Домініканської Республіки та Ямайки понад 2,2 млн фунтів сміття [24].

4.2.2 Збір пластику на пляжах – «Містер Сміттєве колесо»

У гавані Балтімора «Містер Сміттєве колесо» вловлює пластикові забруднення з місцевої річки [28]. Стримуючі бони направляють сміття, що стікає по річці, в гирлі, де граблі піднімають його на конвеєрну стрічку. Сміття скидається в контейнер для сміття, розташований на окремій баржі у верхній частині стрічки, і згодом спалюється для отримання електроенергії. Гігантське водяне колесо приводить у рух граблі та конвеєрну стрічку, але якщо сила струму недостатня, то для підтримки колеса в робочому стані використовується сонячна енергія, що подає воду на колесо. Чотири «сміттєві колеса», які працюють у Балтиморі, зібрали 2 тис. т сміття, включаючи 1,5 млн пластикових пляшок, 1,4 млн пінопластових контейнерів і 12,6 млн недопалків. Планується, що сміттєві колеса будуть встановлені у Техасі, Каліфорнії та Панамі.

4.2.3 Збір пластику у річках за допомогою технології AlphaMERS

Індійська компанія AlphaMERS виробляє сітчасті огорожі з нержавіючої сталі, які блокують річкове сміття. Вони досить міцні, щоб протистояти швидкій течії, яка може подолати бар'єри. Кут нахилу загороджень спрямовує сміття до берега, де він збирається. Наразі у восьми індійських містах встановлено 34 загородження [30].

4.2.4 Збір пластику у річках за допомогою Bubble Barrier

У 2021 р. голландська компанія встановила перший бар'єр Bubble Barrier в одному з каналів Амстердама [24]. Перфорована труба, розташована по діагоналі на дні річки, відкачує повітря, створюючи пухирцеву завісу. Насос за можливістю живиться від поновлюваної енергії.

Коли течія річки стикається з бульбашковим бар'єром, пластикові відходи відкидаються убік і потрапляють у водозбірну систему. Технологія дає змогу суднам та мігруючій рибі легко проходити через бульбашки. Пухирцевий бар'єр у Катвейку (Нідерланди) запобігає попаданню пластику в Північне море, інші бар'єри планується побудувати в Португалії та Південно-Східній Азії.

4.2.5 Де знаходиться решта пластику в океані та річках

За оцінками дослідника Ван Себілле, на поверхні океану знаходиться 276 000 т дрібного плаваючого пластику [24]. Проте вчені вважають, що лише у 2010 р. до океану потрапило від 5,3 до 14 млн т пластику. Якщо те, що плаває на поверхні океану, становить лише один відсоток від усього обсягу пластику, який щороку потрапляє в океан, то де знаходиться решта?

4.3 Мікропластик

Вчені вважають, що в океані міститься 24,4 трлн мікропластику – фрагментів пластику довжиною менше п'яти міліметрів, або розміром з кунжутне насіння – вагою від 82 тис. до 578 тис. т [31]. Швидше за все їх більше. Більшість мікропластику потрапляє в організм людини із синтетичного одягу, засобів особистої гігієни, шин, міського пилу, а також внаслідок розпаду пластикових уламків.

Сучасні технології не дають змоги відфільтрувати їх на очисних спорудах, тому більша їх частина вимивається в море і потрапляє в океан або осадові породи.

Зразок донних відкладень, узятий біля узбережжя Санта-Барбари (штат Каліфорнія), показав вміст пластику за період з 1870 по 2009 рр. У тих шарах, що належать до періоду з 1945 до 2009 р., дослідники виявили пластикові волокна розміром один міліметр і менше. З часом їх кількість подвоювалася кожні 15 років, що відображає реальні темпи світового виробництва пластику. За оцінками австралійських дослідників, які аналізували океанічні відкладення, на дні океану зараз перебуває майже 15,5 млн т мікропластику.

Морські тварини поїдають мікропластик, а отже, і токсичні хімічні речовини, які були додані для надання вихідному пластиковому виробу гнучкості, кольору, водонепроникності або вогнестійкості. Мікропластик також може вбирати інші токсичні хімічні речовини та переносити шкідливі бактерії. Доведено, що вони завдають шкоди морським мешканцям, порушуючи репродуктивну систему, сповільнюючи ріст, викликаючи запалення тканин та пошкодження печінки.

Оскільки мікропластик був виявлений у всіх морських організмах, навіть у кишечнику крихітних ракоподібних у найглибших океанських западинах, він є частиною харчового ланцюга і споживається людиною.

Мікропластик вже був виявлений у крові, фекаліях та плаценті ненароджених дітей, проте досі не було проведено великих досліджень про те, як мікропластик впливає на здоров'я людини.

4.4 Дослідження Ламонт-Доертінської обсерваторії Землі (NOAA) та Школи громадської охорони здоров'я Меймана про боротьбу з мікропластиком

Було проведено дослідження щодо присутності мікропластику та нанопластику (крихітних частинок розміром менше одного мікрона) в організмі людини – які виникають рівні впливу, як частинки пластику потрапляють у кров, чи транспортуються мікропластики в організмі людини, які вони викликать негативні наслідки для здоров'я в цілому [32].

4.4.1 Очистити мікропластик та одночасно захистити екосистеми буде непросто

Було встановлено, що ці крихітні мікропластики співіснують з багатьма іншими мінералами і дрібними частинками, такими як мул, глина, рослинні залишки, чорний вуглець – різними частинками, як природними, так і антропогенними. Вони мають схожий розмір і щільність, тому важко ефективно відокремити мікропластик від інших частинок. З точки зору концентрації або маси, мікропластик, ймовірно, становить менше 0,1 % від загальної маси цих частинок. Хоча отримані результати дають змогу зробити припущення про те, що в майбутньому дослідники можуть розробити технологію ефективного відокремлення елементів, але на сьогодні її не існує.

4.4.2 Боротьба з мікропластиком у світі

Але все ж таки докладаються зусилля до боротьби з мікропластиком. Глобальна навігаційна супутникова система НАСА «Циклон» має можливість відстежувати переміщення мікропластику. Аналізуючи при цьому, де поверхня океану більш гладка і, отже, може містити більше мікропластику. Це дає змогу організаціям, які намагаються очистити океан від мікропластику, визначити місця найбільшої густини [32].

На сьогодні проводяться численні експерименти з уловлювання мікропластику. Німецька компанія *Wasser 3.0*. використовує спеціальний нетоксичний склад, який при обертанні у вихровому потоці збирає мікропластик у схожі на попкорн грудки, які потім можна зібрати. Ця технологія може використовуватися на очисних спорудах чи промислових процесах. Вона вже використовується на заводі з переробки паперу та на очисних спорудах у Ландау-Мерльхаймі, де за її допомогою було видалено 600 фунтів мікропластику.

Деякі вчені виявили ферменти, здатні розщеплювати поліестер. Дослідники з Гонконзького політехнічного університету розробили липку біоплівку з бактерій, яка може вбирати мікропластик.

В Університеті Аделаїди вчені створили пружинні магніти з вуглецевих нанотрубок, які захоплюють мікропластик та розщеплюють його на нешкідливі водорозчинні шматочки.

А студент-хімік із Нідерландів винайшов пристрій, у якому мікропластик прикріплюється до магнітної рідини; потім його можна видалити за допомогою магніту, залишивши тільки воду.

Вважається, що найбільш економічно ефективним засобом боротьби із пластиковим забрудненням є контроль над його джерелами. Наприклад, стічні води є одним із основних джерел мікропластику, хоча мікропластик виникає з продуктів, якими користуються люди.

Дослідження показують, що більшість мікропластику у стічних водах – це мікрОВОлокна, які потрапляють у пральні машини та сушарки для білизни. Дослідження [31], яке було проведене у водоймах Нью-Йорка, показало, що понад 90 % мікропластику розміром більше 0,2 мм – це мікрОВОлокна, що відірвалися від одягу і потрапили до стічних вод пральних машин. Оскільки все більше людей одягаються в одяг із синтетичних матеріалів, що пропускають мікрОВОлокна, навряд чи модний бізнес припинить використання цих матеріалів, тому необхідно якось запобігти попаданню мікрОВОлокон у каналізацію.

Дослідники з *SUNY Stony Brook* та Університету штату Північна Кароліна пропонують *NOAA* провести дослідження з метою розроблення передових методів фільтрації, які дадуть змогу вловлювати мікропластик та волокна з білизни та переробляти їх у нові волокна для використання в індустрії моди.

4.5 Пластик на морському дні

Крім мікропластику, що накопичується в донних відкладеннях, на морське дно опускається і більший пластик. Було встановлено, що 50 % пластику на звалищах щільніше за морську воду: це означає, що такі предмети можуть тонути самі по собі. Інші 50 % з часом можуть бути заселені баянусами та іншими організмами, що робить їх важчими за морську воду, і зрештою вони теж тонуть [24–25].

Образ, що став культовим, – пластиковий пакет, знайдений у Маріанській западині, найглибшій точці океану, розташованій на глибині 36 000 футів під рівнем моря в Тихому океані. На дні океану було виявлено й інші види одноразового пластику, і хоча є кілька обмежених оцінок кількості пластику у певних областях, дані з більшості ділянок морського дна загалом відсутні.

На думку науковців, постають два фундаментальні питання про пластик на дні океану: де знаходиться макропластик і чи він завдає шкоди.

4.5.1 Пластик на дні океану стає частиною екосистеми

Наукове співтовариство може використовувати моделі, щоб з'ясувати, де знаходиться більша частина означених пластиків, оскільки зараз це достеменно невідомо. Очищення пластику на дні океану є складним завданням, оскільки він осідає на великій глибині, і очищення буде дуже дорогим. Інша проблема полягає в тому, що пластик на дні океану стає частиною екосистеми. Деякі тварини використовують пластик і живуть із ним. Виникає проблема, як провести очищення, не порушивши екосистеми цих тварин.

Згодом вчені можуть розробити підводний безпілотник, здатний розпізнавати макропластик та збирати його з дна океану. Але такий підхід вимагатиме великих витрат, оскільки необхідно буде спускати дрони, збирати макропластик і доставляти його на берег, а також, можливо, виникне потреба у навчених пілотах для керування дронами [32].

4.6 Пропозиції щодо зменшення кількості пластику в океані

Хоча технології очищення відіграють певну роль в очищенні океану від пластику, жодне рішення не може ефективно скоротити його кількість.

Необхідні фундаментальні та системні зміни, що включають заборону використання одноразового пластику на користь виробів, призначених для переробки або ремонту, а також розширення інфраструктури переробки.

У доповіді благодійного фонду The Pew «Розганяючи пластикову хвилю» визначено заходи, реалізація яких дасть змогу скоротити щорічне скидання пластику в океан на 80 % за 20 років [25]. До них відносяться:

скорочення споживання пластику, заміна пластику матеріалами, придатними для компостування, розроблення продукції та упаковки з урахуванням вимог вторинної переробки, розширення масштабів вторинної переробки, належна утилізація пластику, що не підлягає переробці, та скорочення експорту відходів.

Безумовно, пластик – це все ж таки хороша річ. З ним використовується менше сталі, дерева та інших ресурсів. Але єдиний спосіб правильно його використовувати – це переробляти, повторно використовувати та перепрофілювати, а не викидати у навколишнє середовище. На жаль, зараз переробляється менше 10 % пластмас. Ми повинні активно шукати доступні рішення для запобігання влученню пластику до навколишнього середовища.

З цією метою проведено дослідження [32] аналізу забруднення від пластику, що було профінансовано Колумбійською школою клімату NOAA та об'єднало понад 30 дослідників, що працюють у галузі екологічного права, інженерії, аналізу життєвого циклу, екологічного здоров'я тощо.

Для людини забруднення навколишнього середовища пластиком – це найбільша проблема в наш час з точки зору загальної кількості забруднюючих речовин, що утворюються, і того, наскільки складно з ним боротися.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Abu-Hilal A. H. Litter pollution on the Jordanian shores of the Gulf of Aqaba (Red Sea). *Marine Environmental Research*, 2004. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2003.12.003>.

2 Benton T. G. From castaways to throwaways – marine litter in the Pitcairn Islands. *Biol. J. Linn. Soc.*, 1995. URL : <https://doi.org/10.1006/bijl.1995.0077>.

3 Claereboudt M. R. Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 2004. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.06.004>.

4 Cole M. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 2011. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.

5 Corbin C. J. Marine debris contamination of beaches in St-Lucia and Dominica. *Marine Pollution Bulletin*, 1993. URL : [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90575-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90575-5).

6 Duhec A. V. Composition and potential origin of marine debris stranded in the Western Indian Ocean on remote Alphonse Island. Seychelles. *Marine Pollution Bulletin*, 2015. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.042>.

7 Ebbesmeyer C. C. Marine debris from the Oregon Dungeness crab fishery recovered in the Northwestern Hawaiian Islands: identification and oceanic drift paths. *Marine Pollution Bulletin*, 2012. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.037>.

8 Hidalgo-Ruz V. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): a study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*, 2013. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>.

9 Hoarau L. Ingestion and defecation of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from by-catches in the South-West Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 2014. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.004>.

10 Isobe A. Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 2019. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.031>.

11 Kwon B. G. Regional distribution of styrene analogues generated from polystyrene degradation along the coastlines of the North-East Pacific Ocean and

Hawaii. *Environmental Pollution*, 2014. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041>.

12 Laglbauer B. J. L. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollution Bulletin*, 2014. URL : <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.01.019>.

13 Lavers J. L. *Prevalence and composition of marine debris in brown booby (Sula leucogaster) nests at Ashmore Reef. Marine Pollution Bulletin*, 2013. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.036>.

14 Lebreton L. C. M. Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. *Marine Pollution Bulletin*, 2022. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.026>.

15 Leite A. S. Influence of proximity to an urban center in the pattern of contamination by marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 2014. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.027>.

16 Madzena A. Spatial and temporal variations in beach litter on the Transkei coast of South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 1997. URL : [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(97)00052-0).

17 Maximenko N. Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin*, 2021. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.016>.

18 Miao X. S. Distribution of polychlorinated biphenyls in marine species from French Frigate Shoals. *North Pac. Ocean. Sci. Total Environ.*, 2000. URL : [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00484-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00484-8).

19 Moore S. L. Composition and distribution of beach debris in Orange County, California. *Marine Pollution Bulletin*, 2001. URL : [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00148-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00148-X).

20 Morishige C. Factors affecting marine debris deposition at French Frigate Shoals, Northwestern Hawaiian Islands Marine National Monument,

1990–2006. *Marine Pollution Bulletin*, 2007. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.04.014>.

21 Nel H. A. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 2015. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.043>.

22 Ribic C. A., Sheavly S. B., Klavitter J. Baseline for beached marine debris on Sand Island, Midway Atoll. *Marine Pollution Bulletin*, 2012. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.04.001>.

23 Bouwman H., Evans S. W., Cole N., Kwet Yive N. S. Ch., Kylin H. The flip-or-flop boutique: Marine debris on the shores of St. Brandon's rock, an isolated tropical atoll in the Indian Ocean. *Marine Environmental Research*, 2016. URL : <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.013>.

24 Ocean Cleanup, URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abecbd>

25 URL: <https://edition.cnn.com/2022/10/03/europe/wasser-microplastics-germany-spc-intl-scn/index.html>.

26 Ocean Conservancy, URL : <https://oceanconservancy.org/>

27 Surfrider Foundation, URL : <https://www.surfrider.org/>

28 American Littoral Society, URL : <https://www.littoralsociety.org/>

29 Ocean Blue Project, URL : <https://oceanblueproject.org/>

30 Riverkeeper, URL : <https://people.climate.columbia.edu/users/profile/beizhan-yan>

31 Washing Laundry May Be An Underappreciated Source of Microplastic Pollution. URL : <https://news.climate.columbia.edu/2019/08/22/laundry-microplastic-pollution/>

32 SUNY Stony Brook, URL : <https://www.stonybrook.edu/>

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Екологічні групи гідробіонтів

Номер з/п	Визначення
1	2
НЕКТОН, НЕЙСТОН, ПЛЕЙСТОН, БЕНТОС – ЕКОЛОГІЧНІ ГРУПИ ГІДРОБІОНТІВ	
1	<p>Нектон (від грец. <i>Nektos</i> – плаваючий) – це сукупність пелагічних тварин, що активно пересуваються і не мають безпосереднього зв'язку з дном, здатних протистояти силі течії і самостійно переміщатися на значні відстані.</p> <p>Загалом це великі тварини, здатні долати великі відстані і сильні водні течії. Для них характерна обтічна форма тіла і добре розвинені органи руху. Типовими нектон є риби, кальмари, ластоногі, кити. У прісних водах, крім риб, до нектону відносяться земноводні і комахи, що активно переміщаються. Багато морських риб можуть рухатися в товщі води з величезною швидкістю. Дуже швидко, до 45–50 км/год, плавають деякі кальмари, вітрильники розвивають швидкість до 100-110 км/год, а меч-риба – до 130 км/год</p>
2	<p>Нейстон є своєрідним різновидом планктону.</p> <p>Нейстон (від грец. <i>Neustos</i> – плаваючий) – співтовариство організмів, що мешкають у поверхневої плівки води.</p> <p>Організми, що мешкають зверху поверхневої плівки – епінейстон, знизу – гіпонейстон. До нейстон відносять також мешканців верхнього п'ятисантиметрового шару води. Нейстон – це деякі найпростіші, одноклітинні водорості, дрібні легеневі молюски, водоміри, вертячки, личинки комарів та ін.</p>

Продовження таблиці А.1

1	2
3	<p>Організми, що пасивно плавають на поверхні води або ведуть напівзанурений спосіб життя отримали назву плейстон (від грец. Pleusis – плавання). Часто вони використовують як опору плівку поверхневого натягу або утворюють повітряні порожнини і інші поплавці. Типовими плейстон є сифонофори, деякі молюски й ін. З рослинних організмів до плейстон відносяться саргасові водорості, ряски</p>
4	<p>Бентос (benthos – глибина) – сукупність організмів, що мешкають на дні (на ґрунті і в ґрунті) водойм.</p> <p>Бентос підрозділяється на фітобентос і зообентос.</p> <p>Загалом представлений прикріпленими або такими, що повільно пересуваються або порпаються в ґрунті тваринами. Тільки на мілководді він складається з організмів, що синтезують органічну речовину (продуценти), які споживають (консументи) і руйнують (редуценти) його. На великих глибинах, куди не проникає світло, фітобентос (продуценти) відсутній</p>
5	<p>Бентосні організми розрізняються:</p> <p>1) за способом життя – рухливі (бродячі), мало рухливі (лежачі) і нерухомі (прикріплені);</p> <p>2) за способом харчування – фотосинтезуючі, рослиноїдні, м'ясоїдні, детритоїдні;</p> <p>3) за розмірами – макро-, мезо-, мікробентос</p>

Продовження таблиці А.1

1	2
6	<p>Фітобентос морів загалом містить водорості. Біля узбережжя зустрічаються також квіткові рослини.</p> <p>Найбільш багатий фітобентос на скелястих і кам'янистих ділянках дна. Біля узбережжя ламінарії і фукуси іноді утворюють біомасу до 30 кг на 1 м². На м'яких ґрунтах, де рослини не можуть міцно прикріплюватися, фітобентос розвивається в захищених від хвиль місцях</p>
7	<p>Фітобентос прісних вод представлений діатомовими і зеленими водоростями.</p> <p>Рясні прибережні рослини, розташовані від берега вглиб чітко вираженими поясами. У першому поясі ростуть напівзанурені рослини (очерет, рогіз і осоки). Другий пояс займають занурені рослини з плаваючим листям (кубушки, латаття, ряски).</p> <p>У третьому поясі переважають занурені рослини – рдести, елодея та ін.</p>
8	<p>Всі водні рослини за способом життя можна розділити на дві основні екологічні групи: гідрофіти – рослини, занурені у воду тільки нижньою частиною і зазвичай вкорінюються в ґрунті, і гідатофіти – рослини, повністю занурені у воду, але іноді плаваючі на поверхні або мають плаваюче листя.</p> <p>Найбільш численні бентосні форми на мілководдях. З глибиною чисельність бентосу різко падає. У прісних водоймах зообентоса менше, ніж в морях і океанах. Загалом це найпростіші, деякі губки, в'ійчасті і малощетинкові хробаки, п'явки, мшанки, молюски та личинки комах</p>

Продовження таблиці А.1




1	2
9	<p>Організми бентосу діляться на групи:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="300 344 1394 456">1) прикріплені форми (губки, корали, морські лілії, представники молюсків, ракоподібних);<li data-bbox="300 479 1394 645">2) організми, що лежать, (морські гребінці з двостулкових молюсків, поліхети з кільчастих хробаків, плоскі морські їжаки з голкошкірих);<li data-bbox="300 667 1394 712">3) організми, що риють в муристо-піщаному ґрунті (піскожил);<li data-bbox="300 734 1394 846">4) організми, що свердлять (корабельний черв'як з двостулкових молюсків);<li data-bbox="300 869 1394 1025">5) організми, що вільно рухаються (раки, краби, голкошкірі, личинки комах, дорослі комахи – водяні клопи, жуки-плавунці й водолюби)

ДОДАТОК Б


Таблиця Б.1 – Види пластикових упаковок

Но- мер	Код іденти- фікації смоли	Тип пластико- вого полімеру	Властивості	Використання упаковок
1	2	3	4	5
1		Поліетилен- терефталат (ПЕТ, ПЕТФ)	Чистота, міцність, жорсткість, бар'єр для газу і вологи	Безалкогольні напої, вода і салатні соуси; арахісова паста і банки для джему; невелика побутова електроніка
2		Поліетилен високої щільності (HDPE)	Жорсткість, міцність, стійкість до впливу вологи, проникність для газу	Водопровідні труби, обручі, відра, пляшки для молока, соку і води; продуктові сумки, іноді пляшки для шампунів/ інших косметичних засобів
3		Полівініл- хлорид (ПВХ)	Універсаль- ність, простота змішування, міцність, ударна в'язкість	Блістерна упакова для непродовольчих товарів, може використовуватися для упакування харчових продуктів з додаванням пластифікаторів, необхід- них, щоб зробити спочатку жорсткий ПВХ гнучким. Як ізолятори для електричних кабелів; жорсткі труби; вінілові пластинки

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
4		Поліетилен низької щільності (LDPE)	Зручність оброблення, міцність, ударна в'язкість, гнучкість, легкість герметизації, бар'єр для вологи	Мішечки для заморожених продуктів; стискувані пляшки, наприклад, для меду, гірчиці; стрейч- плівки; гнучкі кришки для контейнерів
5		Поліпро- пілен (PP)	Міцність, жорсткість, стійкість до тепла, хімічних речовин, жирів, олій і олив, універ- сальний, бар'єр для вологи	Вироби багаторазового використання для мікрохвильових печей; кухонне приладдя; ємності для йогурту, маргарину; одноразовий посуд, придатний для розігрівання у мікрохвильових пічках; м'які кришки для пляшок
6		Полі- стирен (PS)	Універсаль- ність, чистота, легкість оброблення	Ячні контейнери; одноразові чашки, тарілки, таці, столові прибори; одноразові контейнери на виніс

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
7		Інший (часто полікарбонат і АБС-пластик)	Залежить від полімеру, або їхньої комбінації	<p>Бутлі для напоїв; дитячі молочні пляшки; непакувальне використання полікарбонату: компакт-диски; стакани «непроливайки»; корпуси електричних пристроїв; лінзи, включно з лінзами для сонцезахисних окулярів, окуляри, автомобільні фари, щити, панелі приладів</p>

ДОДАТОК В



Факультет УПП

кафедра ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ЗВІТ

про виконання лабораторної роботи № ____
екологічного спрямування
дисципліна «ОЕ та ООП»

Студента групи _____

(ПБ)

ХАРКІВ 20__ / __ навч. рр.

(Обсяг звіту – від 3 до 5 сторінок)

1 Дослідження запропонованої ситуації (кейсу).

2 Збір та аналіз недостатньої інформації (використовуються матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему, а також матеріали, що надаються викладачем на занятті).

3 Результати обговорення можливих варіантів вирішення проблеми (відбувається на занятті під керівництвом викладача).

4 Пошук найкращого рішення (використовуються матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему, обсягом не менше 3 речень).

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для розв'язання екологічної кризової ситуації
«Океан і пластик» на основі методу кейсів

до виконання завдань з дисциплін

*«БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ» «ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕРГОНОМІКА»*

Відповідальний за випуск Григор'єва Є. С.

Підписано до друку 24.05.2024 р.
Умовн. друк. арк. 3,25. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.