

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК

(підпис)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 101 «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та
охорона навколишнього середовища»
на тему:

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ
МІКРОПЛАСТИКУ В ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

Здобувачки групи ОС-01 Ізмалкової Марії Андріївни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Марія ІЗМАЛКОВА
(підпис)

Керівник – доцент кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук,
доцент

_____ Інна ТРУНОВА
(підпис)

Консультант з англійської мови –
старший викладач кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук, доцент

_____ Ірина ВАСЬКІНА
(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____
“ ____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентці

Ізмалковій Марії Андріївни

Група ОС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: Екологічний аналіз новітніх технологій видалення мікропластику в водних об'єктах
2. Вихідні дані: Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-ІХ «Про управління відходами», Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23.10.2000 р, Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:
 - Поширеність мікропластику в сучасному світі
 - Вплив мікропластику на водну фауну
 - Сучасні технології видалення мікропластику з водного середовища
 - Законодавча база України та ЄС
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Розділ 1	+	+				
2	Розділ 2		+	+	+		
3	Розділ 3				+		
4	Розділ 4					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – 03.04.2024 р.

Керівник

доцент, канд.техн.наук,
доцент Трунова І.О.

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 26 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 46 сторінок, у тому числі 7 рисунків, 1 таблиця, перелік джерел посилання 4 сторінки.

Мета роботи – проведення екологічного аналізу новітніх технологій видалення мікропластику з водних об'єктів з метою оцінки їх ефективності, екологічної безпеки та можливостей впровадження на практиці.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- Проаналізувати сучасний стан забруднення водних об'єктів мікропластиком та визначити основні джерела його потрапляння у довкілля.
- Розглянути існуючі технології видалення мікропластику з водойм, їх переваги та недоліки.
- Оцінити екологічну безпеку та економічну доцільність впровадження новітніх технологій видалення мікропластику на практиці.
- Розробити рекомендації щодо покращення ефективності та масштабування новітніх технологій для очищення водних об'єктів від мікропластику.

Об'єкт дослідження – водні об'єкти забруднені мікропластиком.

Предмет дослідження – новітні методи видалення мікропластику з водних об'єктів.

Ключові слова: МІКРОПЛАСТИК, ПЛАСТИК, ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, БІОТА, МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ, ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ, НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ.

ABSTRACT

Cleaning water bodies from microplastics is an urgent environmental problem that requires a comprehensive approach and urgent action. Microplastics, particles invisible to the eye with a diameter of up to 5 millimeters, enter water bodies from various sources: the disintegration of large plastic objects, wear of car tires, washing synthetic clothing, and the use of cosmetics. It is found in the world's oceans, rivers, lakes, and even in drinking water, damaging aquatic ecosystems and potentially affecting human health through the food chain.

Scientific studies confirm that microplastics can adsorb toxic substances, which are then transferred to the organisms that consume it. This poses a risk not only to aquatic organisms, but also to humans, as microplastics can get into our food and water. Therefore, microplastics research is interdisciplinary, covering ecology, chemistry, biology, and other sciences. Scientists study the origin and distribution of microplastics, its effects on organisms, toxicological properties and develop methods for its removal from water.

Active actions to reduce microplastics include regulating plastic production and use, raising public awareness, developing innovative water treatment technologies, and international cooperation. For example, many governments have already banned the use of microplastic pellets in cosmetics and restricted the production of single-use plastic. Public awareness campaigns are helping to change people's behavior regarding plastic use, and scientific institutions and environmental organizations are developing new materials and technologies, such as biodegradable plastic and efficient filtration systems.

Also, to reduce microplastics that may potentially end up in the reservoir, such methods as: reducing the use of plastic (avoiding single-use plastic, supporting alternative products, responsible consumption), improving collection and recycling systems (improving wastewater treatment plants, supporting garbage collection programs, developing innovative technologies), as well as raising public awareness and developing innovative solutions will help.

Prospects for solving the problem of microplastics include improving water treatment technologies, developing environmentally friendly materials, strengthening legislation to control the use and disposal of plastic, and developing educational programs to raise environmental awareness of the population. Further scientific research should focus on studying in detail the impact of microplastics on ecosystems and human health, as well as finding new ways to combat it.

Equally important is the creation of a regulatory framework for plastic management in Ukraine and Europe aimed at reducing the impact of plastic waste on the environment. Ukraine has introduced a number of legislative acts regulating the use and disposal of plastic, in particular, a ban on the use of plastic bags and incentives for recycling plastic waste. The European Union has adopted directives that oblige member states to reduce the use of single-use plastic, improve systems for collecting and recycling plastic waste, and encourage the development of biodegradable materials. These regulatory measures are aimed at reducing environmental pollution and promoting sustainable development.

Thus, clearing water bodies of microplastics is crucial for preserving ecosystems and the health of the planet. This requires coordinated efforts at the global level, innovative technologies and active participation of all sectors of society. Only through joint efforts can we ensure the cleanliness of our water bodies and preserve the health of future generations.

The relevance of the study. Currently, according to the ICUN tribute, 14 million tons of plastic waste are generated annually in the world, which pollutes the environment. The study of the topic of microplastic waste disposal is relevant for a number of reasons, including: - the raw material for plastic is oil, which is a finite resource that pushes humanity to create alternatives; - due to microplastic pollution of aquatic ecosystems, their biodiversity decreases, the quality of water resources decreases, which also affects the health of humanity; - it is not economically profitable to constantly create new plastic, it is more expedient to recycle existing ones. This study will examine in more detail the level of dependence of humanity on plastic, the

consequences of such dependence, and suggest ways to solve the problem. Among the main methods are chemical and physical methods for capturing and removing microplastics, which will significantly improve water quality compared to untreated samples by more than 90%. The introduction of a cleaning system is quite an important step to overcome the consequences, but it is equally important to prevent future contamination through a system for collecting and recycling or proper disposal of plastic waste. Together, this study will provide theoretical information on ways to solve the problem of water pollution with microplastics, due to its removal and Prevention of ingress.

Purpose: to study environmental and technical aspects of cleaning water bodies contaminated with microplastics

Objectives of the study: to get acquainted with the general situation of plastic distribution in the world, to determine the impact of microplastics on flora and fauna and the human body, to consider effective methods of cleaning water bodies from microplastics and to make a brief description of the development of each of them.

Object of research: technology of cleaning water bodies contaminated with microplastics.

Subject of research: technological parameters of the reservoir cleaning process.

Research methods: literary search, theoretical analysis of literature data, statistical information processing.

Keywords: PLASTIC, MICROPLASTICS, WATER POLLUTION, OCEANS, WATER RESOURCES, CLIMATE CHANGE, ECOLOGY, ECONOMY, HEALTH, TECHNOLOGY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, RECREATION AREA

Консультант з англійської мови –
старший викладач кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук, доцент

(підпис)

Ірина Васькіна

ВСТУП

Забруднення довкілля пластиком викликає занепокоєння в усьому світі. Його світове виробництво різко зросло за останні 70 років і досягло 359 мільйонів тон на рік. До прикладу Китай є найбільшим світовим виробником, його частка становить 17,5% у світовому виробництві, а Туреччина виробляє найбільше пластикових відходів у Середземноморському регіоні – 144 тони на день. В свою чергу утилізація пластику не є довершеною ніде у світі. Тому пластикові відходи потрапляють до водойм і під різних факторів розпадаються до більш дрібних частинок, які мають назву – мікропластик.

Наразі тема є досить актуальною, зважаючи на світову кризу пов'язану із питною водою, яку може спричинити танення льодовиків. Адже 75% всього сміття, що потрапляє в океани – це пластикове сміття. Мігруючи харчовими ланцюжками він потрапляє в організм людей. Тож проблема є актуально на сьогоднішній день та потребує більшої кількості досліджень.

Мета роботи - проведення екологічного аналізу новітніх технологій видалення мікропластику з водних об'єктів з метою оцінки їх ефективності, екологічної безпеки та можливостей впровадження на практиці.

Об'єктом дослідження є водні об'єкти забруднені мікропластиком.

Предметом дослідження є новітні методи видалення мікропластику з водних об'єктів.

Для досягнення мети дослідження були визначені наступні цілі:

1. Проаналізувати сучасний стан забруднення водних об'єктів мікропластиком та визначити основні джерела його потрапляння у довкілля.
2. Розглянути існуючі технології видалення мікропластику з водойм, їх переваги та недоліки.
3. Оцінити екологічну безпеку та економічну доцільність впровадження новітніх технологій видалення мікропластику на практиці.

Підп. і дата						
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.					
Підп. і дата						
Інв.№оподл.						
Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк
						8

4. Розробити рекомендації щодо покращення ефективності та масштабування новітніх технологій для очищення водних об'єктів від мікропластику.

Методи дослідження: аналітичні дослідження, літературний пошук, статистична обробка.

Очікується, що результати даного дослідження будуть сприяти подальшому розвитку екологічно безпечних та ефективних методів боротьби з забрудненням водних об'єктів мікропластиком.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата

ОС 20510004

Арк

9

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МІКРОПЛАСТИК ТА ЙОГО ПОШИРЕННЯ

1.1 Загальні характеристики мікропластику (МП) та опис проблеми

Глобальне погіршення стану довкілля стає проблемою через зростання кількості пластикових відходів. Через виробництво понад 280 мільйонів тонн пластику щороку, забруднення пластиком берегів морів, озер і річок є проблемою, яка впливає на весь світ. Ці матеріали проникають у водні системи, завдаючи шкоди водним мешканцям, зокрема рибі та іншим морським істотам. Ці покинуті матеріали були знайдені в різних екологічних середовищах і поширені у водному та наземному середовищах. Хоча більшість пластмас не піддаються біологічному розкладанню, вони можуть зменшуватися в розмірах за допомогою фізичних і хімічних процесів, таких як стирання і фотодеградація під дією ультрафіолетового випромінювання. Вони фрагментуються на менші частинки на мікро- та нанорівні, менші за 5 мм та 100 нм відповідно, і називаються мікро- та нанопластиками. В останні роки забруднення довкілля мікро- та нанопластиками (МП), особливо у водному середовищі, стало небезпечним і становить серйозну загрозу для водних екосистем [1].

На даний момент існує серйозна екологічна загроза навколишньому середовищу неконтрольованим розповсюдженням мікропластику у світі. Прямая та потенційна загроза визначається не лише «життєвим» циклом пластику/мікропластику, а й «життєвим» циклом хімічних речовин, що входять до його складу. Фактично мікропластик виконує ідеальну функцію транспортної форми для масового розповсюдження небезпечних для людини хімічних речовин, їх проникнення в живі організми, масового забруднення води та порушення нормального функціонування екологічних систем [2].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк
						10

Хоча вплив пластикового сміття на природне середовище є очевидним, останнім часом все більше уваги приділяється аналізу впливу мікропластику на здоров'я людей. Ці загрози виникають через потрапляння мікрочастинок пластику з водою, через харчовий ланцюг та з повітрям під час вдихання пилу. Водночас, більшість людей не усвідомлює реальний масштаб проблеми, оскільки мікропластик все ще залишається поза увагою соціальної реклами, яка популяризує вирішення глобальної проблеми забруднення, не акцентуючи увагу на негативних наслідках для здоров'я людини [3].



Рисунок 1.1 – Мікропластик [Джерело: NNews]

Вбачається доречним зауважити, що мікропластик - це дрібні пластикові частинки діаметром менше 5 мм, які утворюються внаслідок деградації більших пластикових виробів під дією фізичних, хімічних або біологічних факторів, а також спеціально виготовляються для використання у різних продуктах, таких як косметика, засоби для очищення та інші промислові вироби. Мікропластик є значним екологічним забруднювачем, оскільки він потрапляє в природні середовища, зокрема водні екосистеми, де накопичується і може негативно впливати на організми та екосистеми.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510004
					Арк
					11

1.2 Джерела утворення мікропластику та його поширення в сучасному світі

Не менш важливим є питання: "Звідки береться мікропластик?" Його джерелом є вироби, виготовлені з різних пластмас або синтетичних тканин. Коли викинуті пластикові вироби потрапляють у ґрунт, вони розкладаються сотнями років: спочатку перетворюються на мікропластик, а потім, через довгий час, розкладаються на безпечні речовини. Подібні процеси відбуваються в морях і океанах, з тією лише різницею, що солоня вода сповільнює процеси розпаду.

У міських умовах також утворюється мікропластик: синтетичний одяг з часом втрачає часточки синтетичних волокон, автомобільні шини стираються, пластмасові предмети поступово руйнуються, що призводить до потрапляння синтетичних часточок у стічні води, ґрунт і повітря. Несподіваним джерелом мікропластику є вологі серветки, оскільки їх основа – синтетична, а не натуральна тканина.

Косметика – ще один постачальник мікропластику. До звичних нам зубних паст, гелів для душу, шампунів, скрабів, помад та інших засобів догляду додають речовини, що містять дрібний пластик. Змиваючи ці засоби, ми забруднюємо воду та ґрунт.

Як вже було сказано раніше, мікропластик накопичується в навколишньому середовищі у великих кількостях, особливо у водних і морських екосистемах. Сміття присутнє всюди: на землі, в морі й навіть глибоко на дні океану. Ще в 90-і роки минулого сторіччя вчені почали порівнювати таке забруднення з екологічною катастрофою. Незважаючи на цілком очевидне забруднення води та землі, у процесі спалювання пластикових відходів в атмосферу виділяються одні з найтоксичніших з відомих на сьогодні органічних сполук – діоксини, що негативно впливають на репродуктивну систему та провокують розвиток онкозахворювань. Причина такої ситуації – дуже мала кількість переробних заводів: близько третини виробленого пластика йде не на переробку, а на смітники, чи, що гірше, у Світовий океан. Там пластик розпадається на

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк
						12

мікрочастинки, тобто мікропластик, який з'їдають планктон, риби та інші істоти. Разом із морепродуктами мікропластик потрапляє до організму ссавців та людини, завдаючи їм непоправної шкоди. Крім того, пластик здатен затримувати токсичні хімічні речовини з морського середовища у своїх сполуках, виділяючи їх після потраплення до організму морських мешканців.

Той факт, що пластик розкладається повільно (зазвичай декілька сотень або тисяч років), збільшує ймовірність потраплення і накопичення мікропластику в тканинах багатьох організмів. Повний цикл і рух мікропластику в навколишньому середовищі ще не відомі, але наразі проводяться дослідження для вивчення цього питання. Дослідження сміттєвих островів підтвердили, що мікрОВОлокна пластику складають до третини загальної кількості забруднюючої океан пластмаси, що становить близько 9,5 млн тон мікропластику на рік [4].

Найпоширеніші види мікропластику відображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 - Найпоширеніші види мікропластику [5]

Фрагменти утворюються, коли більші пластики розбиваються на маленькі шматочки. За оцінками, на них припадає складають ~22% мікропластику в морських середовищі.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Частинки фарби утворюються, коли з поверхонь осипається фарба або вони піддаються піскоструминній обробці. Звіт за 2022 рік показав, що синтетична фарба може бути найбільшим джерелом мікропластику у водному середовищі, оскільки за оцінками, 2.9 мільйона тон потрапляє у водне середовище.

Плівки виготовляються з тонких, гнучких пластиків, таких як продуктивні пакети або пакети для чіпсів. Мікроплівки часто зустрічаються на суші, оскільки пластикові плівки використовуються в сільському господарстві для мульчування ґрунтів та інших застосувань.

Передвиробничі пластикові гранули, складають основу багатьох пластикових продуктів, які ми використовуємо у повсякденному житті. Під час виробництва, обробки та транспортування ці крихітні пластмаси часто потрапляють у навколишнє середовище у навколишнє середовище.

Мікробісер - виготовлені пластикові намистини розміром менше 1 мм, які використовуються як відлущувачів у засобах особистої гігієни, таких як пінки для вмивання та зубної пасти. Нещодавно міжнародна політика, підкріплена науковими доказами. запроваджено міжнародну політику, спрямовану на їх заборону.

Частинки зносу шин утворюються внаслідок тертя між шинами та дорогами і є одним з найбільш поширених джерел мікропластику в прибережних водах Каліфорнії. Токсини, що містяться в частинках шин, що були виявлені знижують рівень виживання деяких видів риб і викликають деформації в їхніх ембріонах.

МікрОВОлокна походять з одягу, домашніх тканин, засобів особистої гігієни, рибальських сіток і мотузок, сигаретних фільтрів та інших волокнистих матеріалів [5].

Виділяють два основні процеси, що призводять до утворення мікропластика у водних об'єктах:

1. Безпосереднє попадання у водне середовище мікропластичних часток, використовуваних в різних споживчих товарах.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк
						14

2. Деструкція більших пластикових відходів, що потрапляють у водні об'єкти з суші.

Відходи з пластика знаходяться практично всюди в зонах рекреації, в поверхневих водах і глибоководному середовищі, але темпи вивітрювання/руйнування в кожній з них істотно відрізняються [5].

У такому разі виділяються два види мікропластика, що потрапляє у водні об'єкти:

– первинний мікропластик – це частки пластика (гранули, волокна), які спеціально роблять невеликого розміру і додають в споживчі товари (наприклад, в косметику) для надання їм певних властивостей;

– вторинний мікропластик – це пластикові продукти, які в процесі вивітрювання розпалися на частки (наприклад, пластиковий пакет, що розкладається) [4].

1.3 Забруднення морської фауни внаслідок поширення мікропластику

Пластикове забруднення переміщується по всьому Світовому океану переважаючими вітрами та поверхневими течіями. Це було показано для північної півкулі, де тривалий поверхневий транспорт призводить до накопичення пластикової підстилки в центрі океанських басейнів [2].

Мікропластик був знайдений у кожному морському середовищі існування, яке досліджували вчені. Дослідники повідомили, що з загального забруднення мікропластиком у світовому океані 34,8% утворюються з синтетичних тканин і 28,3% - від тертя шин (журнал Американського інституту охорони природи).

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата	ОС 20510004	Арк
Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дата		15

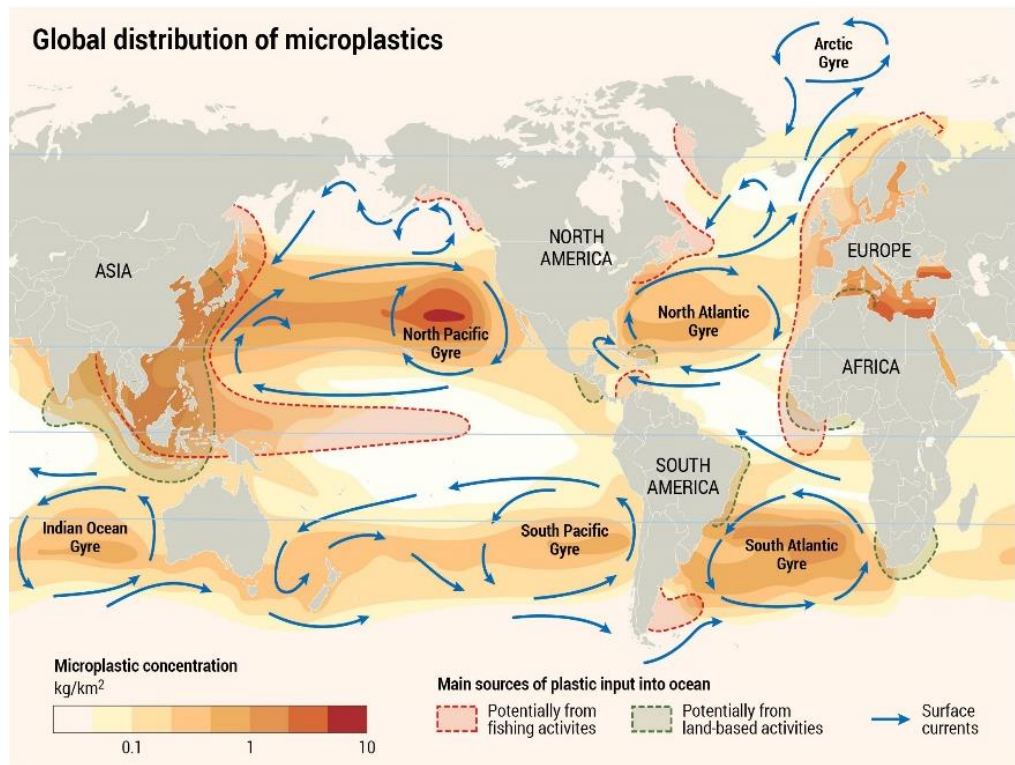


Рисунок 1.3 - Глобальний розподіл мікропластику [6]

Існують тисячі різних типів пластикових полімерів, але на ринку та в смітті, що знаходиться в морському середовищі, домінують шість речовин: поліпропілен, поліетилен, полівінілхлорид, поліуретан, політерефталат і полістирол, які разом становлять приблизно 80 % загального виробництва пластмас. З часом частинки пластику забруднюють морську екосистему та харчовий ланцюг, у тому числі харчові продукти, призначені для споживання людиною, при цьому мікро- та нанопластики можуть зберігатися в організмі тварин і переміщатися з кишкового тракту в систему кровообігу або навколишні тканини. Понад 690 представників морської фауни постраждали від пластикового сміття через дрібні чужорідні частинки, які виявляються в травному тракті організмів різних трофічних рівнів. При цьому фізичні та хімічні властивості мікропластику полегшують сорбцію забруднень на поверхні частинок, які стають переносником забруднень до організмів після ковтання [7].

Вплив на навколишнє середовище. На сьогоднішній день було виявлено близько 1 300 морських видів, що вони поглинають пластик. Огляд досліджень,

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

опублікованих у 2019-2020 роках показав, що 60% риби, дослідженої у всьому світі, містить мікропластик, а м'ясоїдні риби, як правило, містять більше мікропластику, ніж всеїдні.

МікрОВОлокна є найпоширенішою категорією мікропластику, що потрапляє в організм морської риби, ракоподібних та двостулковими молюсками (наприклад, устрицями та молюсками) у більшості польових на сьогоднішній день (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Лабораторні дослідження поглинання мікропластичних речовин [7]

Організм	Розмір спожитого матеріалу	Вплив
1	2	3
Мідія блакитна (<i>Mytilus edulis</i>)	30 нм	Проковтування, псевдофекалії, зменшена фільтрація
Мідія (<i>Mytilus trossulus</i>)	10 нм	Проковтування
Морський гребінець Атлантичного моря (<i>Placopecten magellanicus</i>)	15, 10, 16, 18, 20 нм	Проковтування, утримання, перетравлення
Східна устриця (<i>Crassostrea virginica</i>)	10 нм	Проковтування, перетравлення
Тихоокеанська устриця (<i>Crassostrea gigas</i>)	2, 6 нм	Підвищена фільтрація та асиміляція, зниження якості, повільніше вирощування личинок для личинок від батьків, що зазнали впливу
Гігантський каліфорнійський морський огірок (<i>Apostichopus californicus</i>)	10, 20 нм	Проковтування, утримання
Вугор (<i>Semibalanus balanoides</i>)	20–2,000 нм	Проковтування
Береговий краб (<i>Carcinus maenas</i>)	8–10 нм	Проковтування через зябра та кишечник, утримання та виведення, біологічні впливи не вимірюються

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№лодубл.
Інв.№лодубл.	Вип	Арк	№ докум.
			Підп.
			Дата

ОС 20510004

Арк

17

1	2	3
Норвезький омар (<i>Nephrops norvegicus</i>)	5 мм	Проковтування
Бичок звичайний (<i>Pomatoschistus microps</i>)	1–5 мм	Проковтування, модуляція біодоступності або біотрансформація пірену, зниження енергії, пригнічена активність АСhЕ
Атлантична тріска (<i>Gadus morhua</i>)	2,5 мм	Проковтування, перетравлення, 5 мм утримується протягом тривалого періоду, спорожнення пластмас поліпшується за рахунок споживання їжі додаткових страв
Личинки морського окуня (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	10–45 мм	Проковтування, відсутність значного збільшення приросту, вплив на виживання личинок. Можлива непрохідність шлунка

Деякі морські істоти можуть помилково сприймати тверді пластикові частинки за живі організми, адже пластик може мати форму та кольори, схожі на природні джерела їжі. Це призводить до того, що вони ковтають пластикові предмети, які не можуть бути перетравлені і шкодять їхньому здоров'ю. Наприклад, численні мікропластикові частинки, такі як мікросфери або мікрогранули, можуть виглядати дуже подібно до дрібних організмів, зокрема планктону, що є основою харчового ланцюга в океані. Риби та інші морські тварини, що харчуються планктоном, часто споживають ці мікропластикові частинки [8].

Сині кити - найбільші живі морські тварини - споживають до 10 мільйонів шматочків мікропластику на день.

Пластикові відходи стають значним джерелом забруднення морських екосистем, особливо в прибережних зонах. Вони можуть погіршувати якість води та руйнувати природні місця проживання морських організмів, що призводить до зменшення біорізноманіття та зниження продуктивності моря. Загроза для морської фауни також проявляється в тому, що великі пластикові предмети

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип.	Арк.	№ докum.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

можуть стати пасткою для морських тварин, таких як черепахи, морські ссавці та птахи. Вони можуть заплутатися або застрягти в пластикових відходах, що спричиняє травми або загибель. Пластикові відходи, що викидаються на пляжі, можуть бути проковтнуті морськими тваринами або потрапити в їхні гнізда. Це може призвести до загибелі молодих особин або зменшення популяцій. Вплив пластикових відходів на морські організми становить серйозну загрозу для біорізноманіття океанів і здоров'я екосистем. Це також впливає на риболовлю та інші види морської діяльності, від яких залежить життя мільйонів людей [8].



Рисунок 1.4 – Наслідки забруднення навколишнього середовища пластиком (джерело: Кореспондент)

Пластикові добавки можуть потрапляти в навколишні води. Фталати, полібромізовані дифенілові ефіри (PBDEs), нонілфеноли (NP), бісфенол-А (BPA) та антиоксиданти - найпоширеніші пластикові добавки в океані.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата

ОС 20510004

Арк

19

Пластикові відходи в океанах не лише фізично впливають на морські організми, але й спричиняють хімічний вплив через процеси розпаду та виділення шкідливих речовин. Пластик містить різні хімічні добавки, які використовуються для поліпшення його властивостей під час виробництва. Під впливом сонячного світла та тепла ці хімікати можуть вивільнятися в морське середовище, що призводить до забруднення води та отруєння морських організмів. Окрім цього, мікропластик здатний поглинати шкідливі речовини з навколишнього середовища, такі як важкі метали та органічні сполуки. Це сприяє концентрації цих речовин у мікропластику, який потім може бути спожитий морськими організмами. Щодо розпаду пластику в океані то він може змінювати хімічний склад води, особливо в районах з високою концентрацією пластикових відходів. Це впливає на хімічний баланс та екологічні процеси в морських екосистемах. В результаті виділення токсичних речовин і забруднення води пластиком погіршують якість води в океані. Це негативно позначається на умовах життя морських організмів і знижує їхні шанси на виживання [8].

Мікропластик також може збирати та утримувати забруднювачі такі як промислові хімікати, фармацевтичні препарати та важкі метали.

Потрапляння мікропластику в організм тварин пов'язане з негативними наслідками для здоров'я включаючи зменшення споживання їжі, погіршення росту та поведінки, зниження репродуктивної здатності, зниження енергії для росту, зміна експресії генів експресія генів та пошкодження клітин і ДНК [9].

1.4 Вплив мікропластику на організм людини

Хоча люди, ймовірно, здатні очистити переважну більшість (>90%) мікропластику, що потрапляє в організм своїх систем, все ще залишаються питання щодо хімічних речовин, що потрапляють в організм з мікропластику, а також про долю мікропластику, який ми не виводимо з організму.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк
						20

В основному ми піддаємося впливу через вдихання, а також з їжею та напоями. Нещодавнє дослідження підрахувало, що дорослі люди вдихають до 121 000 мікропластикових частинок на рік через повітря, їжу та напої.

Мікропластик був виявлений в органах людини в тому числі в товстій кишці та плаценті. Вдихувані мікрОВОлокна були виявлені в тканинах легенів, де вони можуть викликати запалення, де вони можуть викликати запалення, пошкодження клітин і тканин або ураження дихальних шляхів

Багато мікропластичних хімічних добавок пов'язані з ризиками для здоров'я людини, порушує нашу гормональну систему, має тривожну кореляцію з хронічними хворобами, такими як серцево-судинні захворювання та діабет 2 типу у людей.

Окрім того, бактерії та патогени можуть бути знайдені на поверхні мікропластику, і при потраплянні в організм тваринами та людьми, вони можуть поширювати захворювання [9].

Водопровідна вода є основним компонентом питної води і прямим шляхом потрапляння забруднювачів до організму людини, тому її якість і безпека тісно пов'язані зі здоров'ям людини. В умовах глобального поширення забруднення пластиком поява мікропластиком у водопровідній воді є неминучою, що становить потенційну загрозу для здоров'я людини. Наразі численні дослідження виявили присутність мікропластику у системах водопостачання по всьому світу, включаючи очищену питну воду, водопровідну воду та водопровідну воду для домогосподарств/громадських потреб. Тим часом, численні несприятливі ефекти, спричинені впливом МП, такі як ендокринні порушення, токсичність для розвитку та генотоксичність, спостерігалися у різних модельних організмів (наприклад, у зебр, щурів та нематод), що ще більше загострює проблеми громадського здоров'я [10].

Основним документом у міжнародному морському праві, зокрема й у сфері боротьби із забрудненням мікропластиком, є Конвенція Організації Об'єднаних Об'єднаних Націй з морського права (UNCLOS) [11].

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата

OC 20510004

Арк

21

Згідно з ч. 2 ст. 194 Конвенції з морського права держави зобов'язуються вживати всіх необхідних заходів для того, щоб діяльність, здійснювана під їхньою юрисдикцією або контролем, не завдавала шкоди іншим державам та їхньому морському середовищу. Відповідно до ст. 195 Конвенції з морського права держави беруть на себе зобов'язання не переносити шкоду або небезпеку забруднення, а також не перетворювати один вид забруднення на інший. Стосовно забруднення пластиком, крім запобігання транскордонному забрудненню пластиком, ці норми мають значення і для контролю над переходом одного виду пластикового забруднення в інший, наприклад у результаті розкладання макропластику на мікропластик.

Згідно зі ст. 207 Конвенції з морського права держави ухвалюють закони, правила, а також інші необхідні заходи, спрямовані на запобігання, скорочення та збереження під контролем забруднення морського середовища з джерел, які знаходяться на суші. Це положення Конвенції має великий потенціал для охорони морського середовища від забруднення мікропластиком, істотна частка якого походить із джерел, розташованих на суші.

Таким чином, Конвенцією з морського права встановлено правові засади для боротьби із забрудненням морського середовища, зокрема й мікропластиком, незважаючи на те, що поняття "мікропластик" не використовується в тексті Конвенції.

Європейський Союз видав директиву про пластмаси одноразового використання (Директива (ЄС) 2019/904 про зменшення впливу певних пластикових виробів на навколишнє середовище) [12]. Метою цієї Директиви є запобігання та зменшення впливу певних пластикових виробів на довкілля, зокрема водне середовище, та на здоров'я людини, а також сприяння переходу до циркулярної економіки з інноваційними та сталими бізнес-моделями, продуктами та матеріалами, що сприятиме ефективному функціонуванню внутрішнього ринку. Директива застосовується до пластикових виробів одноразового

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

22

використання, до виробів, виготовлених з оксо-розкладного пластику, а також до рибальських знарядь, що містять пластик

За допомогою низки нових заходів вимагається стійке кількісне скорочення споживання певних одноразових пластмас, для яких немає альтернатив. Крім того, встановлено цільовий показник збору 90% одноразових пластикових пляшок для напоїв до 2029 року, з включенням 25% переробленого пластику в ПЕТ-пляшки для напоїв з 2025 року і 30% - у всі пластикові пляшки для напоїв з 2030 року.

25 березня 2021 року Європейський парламент ухвалив резолюцію, яка не має законодавчого характеру, але спрямована на зменшення морського сміття. Зокрема, резолюція має на меті збільшити збір, переробку та вторинну переробку відходів у секторі рибальства та аквакультури поступово відмовитися від використання пінополістиролу в рибній продукції, створити план дій ЄС з очищення забруднених річок.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510004			
					Арк			
					23			

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДАЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ З ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Видалення мікропластику з водних об'єктів є актуальною та складною проблемою, яка потребує нових підходів та інноваційних технологій.

Сучасні технології видалення мікропластику у водних об'єктах - це комплекс передових фізичних, хімічних, біологічних та інноваційних методів та технологій, спрямованих на ефективне видалення мікропластикових частинок з водних середовищ з метою зменшення забруднення та охорони довкілля.

2.1 Основні технології видалення мікропластику з води

Схематичні зображення основних технологій видалення МП з води відображено на рис. 2.1

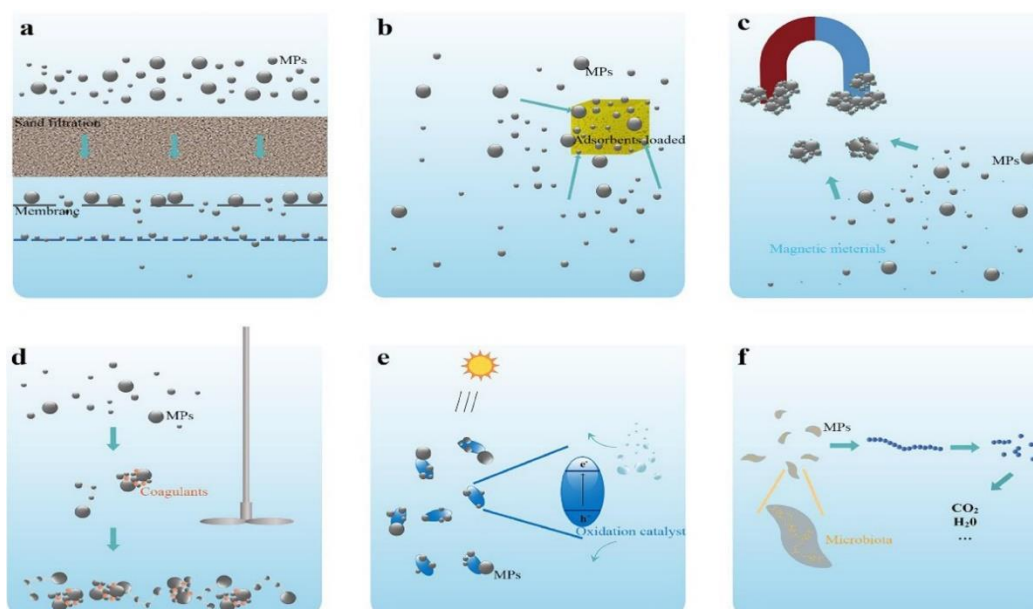


Рисунок 2.1 - Схематичні зображення основних технологій видалення МП з води: технологія фільтрації (а), адсорбційне видалення (б), магнітне видалення (с), коагуляційне очищення (д), фотокаталіз (е), біологічне очищення (ф) [16]

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Технологія мембранної фільтрації широко використовується як в системах доочищення стічних вод, так і в системах водовідведення. Для контролю забруднення МП використовуються декілька технологій мембранної фільтрації, такі як мікрофільтрація, ультрафільтрація, динамічна мембрана, зворотний осмос та мембранні біореактори.

Адсорбційний підхід базується на адсорбційній взаємодії між частинками та адсорбентами. Адсорбційне видалення має відносно високу ефективність для видалення нанопластиків (НП) і малих МП, особливо розміром менше 10 мкм. Механізм адсорбції пов'язаний з електростатичними взаємодіями, взаємодіями водневих зв'язків та π - π взаємодіями. Деякі дослідники використовували гранульовані або порошкоподібні адсорбенти для видалення МП.

В останні роки для видалення МП була розроблена магнітна сепарація. У процесі видалення магнітні наночастинки з великою питомою поверхнею використовуються як адсорбенти, які з'єднуються з МП, після чого намагнічені МП можуть бути легко і швидко відокремлені від води за допомогою магнітної сили.

Коагуляція є типовим методом очищення на очисних спорудах, а також ефективним для видалення МП у воді. У процесі коагуляції суспендовані частинки НП дестабілізуються та агрегуються шляхом додавання коагулянтів, потім утворюють великі флокули за рахунок взаємодії, і, нарешті, викликають їх відділення від водної матриці, що, в свою чергу, призводить до їх відокремлення від водних матриць.

Коагулянти з протилежними зарядами можуть нейтралізувати заряд на МП і послабити їх взаємне відштовхування, а також агрегувати та утворювати великі флокули.

Фотокаталітичний підхід до очищення ґрунтується на генерації гідроксильних радикалів шляхом електронного збудження напівпровідникового оксиду природним світлом або штучним джерелом світла. Ця технологія виявилася ефективною для окиснення МП у воді. Наприклад, розчини МП,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

нанесені краплями на плівку з наночастинок TiO_2 , розкладалися на 98,4% під дією УФ-опромінення протягом 12 годин.

Біодеградація - це економічна та екологічно чиста технологія видалення МП. Незважаючи на те, що більшість типів МП не розкладаються, деякі спеціальні види мікроорганізмів і комах здатні розкласти звичайний пластик. Дослідники успішно виділили та культивували бактерії та гриби, що розкладають пластик, з осаду, стічних вод та мулу, а деякі з них були отримані з кишечника наземних комах. Мікроби можуть колонізуватися на поверхні МП, а потім виділяти позаклітинні ферменти, які відіграють вирішальну роль у деполімеризації МП.

Загалом, підходи коагуляції, фільтрації, адсорбції та магнітної сепарації ґрунтуються на переведенні МП з рідкої фази у тверду, а завантажені МП тверді матриці потребують подальшої обробки. Наприклад, після коагуляційної обробки МП здебільшого потрапляють в осад, який зазвичай захоронюється на полігонах, спалюється або вноситься на сільськогосподарські угіддя як добриво. У процесі подальшого очищення існує ризик повторного потрапляння забруднювачів у навколишнє середовище. Існує аналогічний ризик вивільнення ГР із розчинів для зворотного промивання при використанні методів фільтраційного видалення. Незважаючи на це, ці технології можуть видалити велику кількість ГР за короткий проміжок часу і сприяти підвищенню безпеки питної води та води для побутових потреб [16].

2.2 Новітні технології очищення води від мікропластику

Мікрофлюїдний пристрій

До сучасних технологій видалення мікропластику у водних об'єктах належить мікрофлюїдний пристрій для відокремлення пластику з води. Він видаляє з води частинки пластику менше 5 мм за допомогою ультразвуку, але

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

ОС 20510004

Арк

26

відрізняється від аналогів передусім тим, що для очищення ним не потрібно багаторазово рециркулювати рідину. За допомогою нового пристрою можна досягти якісного очищення за один або кілька прогонів.

Мікрофлюїдний пристрій, розроблений на основі гідравлічно-електричної системи, має три мікроканали шириною 1,5 мм, з'єднаних чотирма послідовними потрійними переходами шириною 0,7 мм. Мікропластик видаляється з рідини за допомогою акустичної хвилі частотою 500 кГц. Під час тестування швидкість очищення перевищувала 90% для всіх мікрочастинок різних розмірів (10, 15, 25, 50, 200 мкм), крім 5 мкм – такі частинки пластику були занадто маленькі для захоплення за один прогін, тому потрібно було пропускати рідину через систему знову [13].

Даний мікрофлюїдний пристрій можна встановити в пральних машинах, в системах очищення пральних та в очисних спорудах промислових стічних вод.

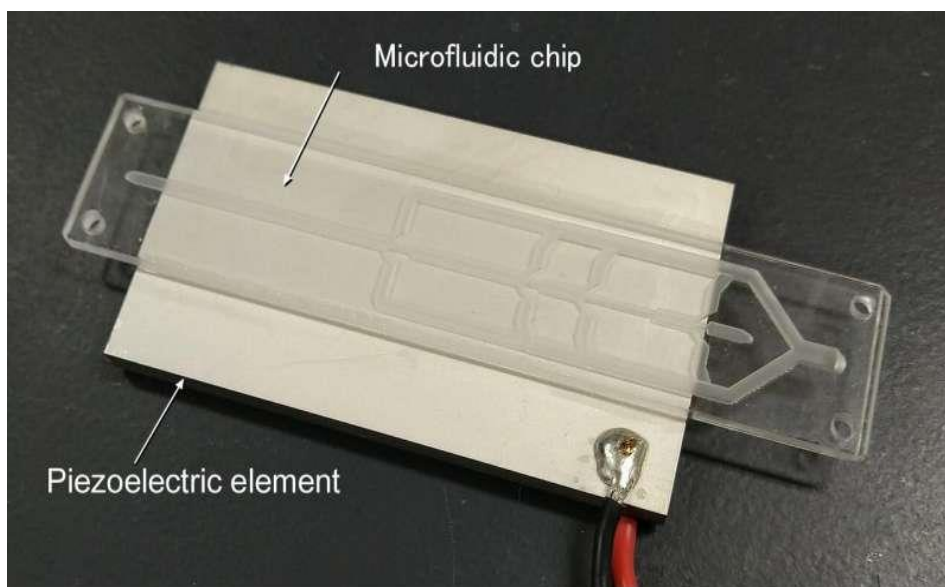


Рисунок 2.2 - Мікрофлюїдний пристрій для видалення мікропластику [13]

Магнітні нанопружини

Для очищення Світового океану від пластикових відходів вчені запропонували використовувати особливі технології, засновані на застосуванні

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

магнітних нанопружин. Вони притягують частинки мікропластику та руйнують його. Така технологія визнана унікальною, оскільки зможе позбавити акваторію світового океану від скупчення пластикових відходів, не завдаючи шкоди його мешканцям.

Технологія розроблена командою дослідників з Університету Аделаїди в Австралії. В основі проекту лежало ставлення до мікропластику, як мікроскопічному усюдисущому забруднювачі. Розробка вчених заснована на використанні мініатюрних вуглецевих магнітів. Вони виконані у формі мініатюрних пружин. Крихітні магнітні пружинки створюють хімічні реакції для руйнування мікропластику в океані. В ході цього процесу пластик перетворюється в нешкідливі сольові з'єднання, які не представляють ніякої загрози для навколишнього середовища.

Пружинки покриті азотом та марганцем. Ці два хімічні сполуки взаємодіють з нанопружинами для створення високореактивних молекул кисню, які, у свою чергу, впливають на мікропластик. Форма пружин дозволяють притягувати велику кількість пластикового сміття, при цьому форма стабільна і не змінюється.

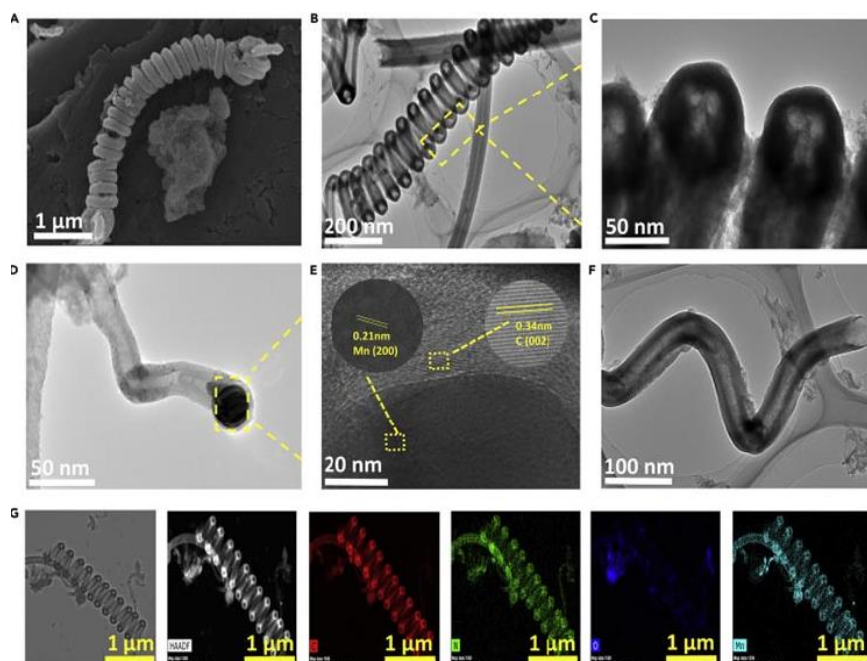


Рисунок 2.3 – Магнітні нанопружини для очищення мікропластику [14]

Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№лодд.	Інв.№лодд.

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

28

Мініатюрні роботи

Розроблені чеськими вченими мініатюрні роботи допомагають очистити крихітні шматочки пластику, що забруднюють водні шляхи по всьому світу. Кожен мікроробот не більший за кінчик загостреного олівця. Вони магнітні і мають форму зірки. Коли на них потрапляє сонячне світло, вони спричиняють хімічні реакції, які рухають їх у воді в певному напрямку. Коли вони знаходять шматок пластику, то прилипають до нього і починають його ламати. Коли світло вимикається, вони відпускають його і знову можуть бути використані. Мікророботи можуть або розщеплювати шматок мікропластику, або утримувати його, щоб потім зібрати. Ці роботи можуть їсти пластик. Вони його пережовують. Або ж вони можуть збирати його за допомогою магніту.

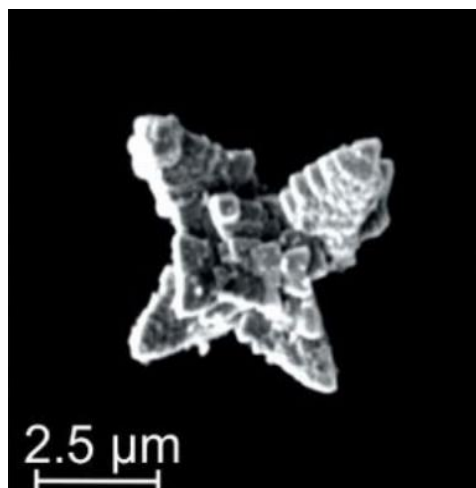


Рисунок 2.4 – Мініатюрні роботи для очищення мікропластику з водних об'єктів [15]

Їхній дизайн має два основні інгредієнти. Перший - ванадат вісмуту. Він вступає в хімічні реакції і "плаває" під впливом сонячного світла. Команда Румера використовує хімічні реакції під впливом світла для розщеплення пластику. Для цього вони покрили вісмутувий матеріал магнітною плівкою. Це дозволяє потім збирати роботів - так що "боти", що поїдають забруднювачі, не стануть просто ще більшими забруднювачами [15].

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

29

2.3 Методи попередження забруднення водоймищ мікропластиком

Окрім методів, що спрямовані на зниження вмісту вже наявного мікропластику у водоймах також варто розглянути шляхи, що сприяють запобіганню забруднення тим же мікропластиком водойм. Це також є важливим аспектом охорони довкілля, що вимагає комплексного підходу. Основні методи включають законодавчі, технічні та поведінкові заходи.

Серед законодавчих заходів особливо важливими є:

1. Заборони та обмеження, що передбачають введення заборони на використання одноразових пластикових виробів, таких як пакети, соломинки, посуд. Багато країн Європейського Союзу та Україна вже зробили кроки в цьому напрямку.

2. Регулювання виробництва та утилізації, що поширюється на виробництво пластику, зокрема вимоги до маркування, збирання та переробки пластикових відходів, будуть вагомим кроком до покращення становища.

3. Економічні стимули також є важливими, а саме надавання податкових пільг або субсидій для компаній, що займаються переробкою пластику або виробляють екологічно чисті матеріали.

Серед технічних заходів виділяють:

1. Системи фільтрації. Встановлення фільтраційних систем на промислових та побутових стоках для запобігання потраплянню мікропластику у водойми.

2. Інноваційні матеріали. Розробка та використання біорозкладних матеріалів на основі крохмалю або інших природних речовин, які не завдають шкоди довкіллю.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата

ОС 20510004

Арк

30

3. Технології переробки. Впровадження нових технологій для ефективної переробки пластикових відходів, що зменшують кількість пластику, що потрапляє у довкілля.

І не менш важливими є й поведінкові заходи, а саме:

1. Освіта та обізнаність, які досягаються проведенням освітніх кампаній для підвищення обізнаності громадськості про шкідливість пластику та важливість його правильної утилізації.

2. Зміна споживацьких звичок, тобто заохочення використання багаторазових виробів, таких як скляні пляшки, металеві контейнери, тканинні сумки, замість одноразового пластику.

3. Сортування відходів, а саме розвиток системи сортування сміття, що дозволяє ефективніше переробляти пластик та інші матеріали.

Додатково, варто звернути увагу на розвиток біорозкладних матеріалів, екологічно чистих упаковок (виготовлених з паперу, бамбуку, біопластику тощо) та інших технологічних інновацій.

Запобігання забрудненню водойм пластиком є багатоетапним процесом, що включає зміни у законодавстві, впровадження нових технологій та зміну споживчих звичок. Лише комплексний підхід, що включає всі ці аспекти, може ефективно вирішити проблему пластикового забруднення і зберегти чистоту водойм для майбутніх поколінь [17].

Підп. і дата	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Інв. № покл.	

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510004	Арк.
						31

РОЗДІЛ 3

ЗАКОНОДАВЧА БАЗА УКРАЇНИ ТА ЄС В ПИТАННЯХ ПОВОДЖЕННЯ ІЗ МІКРОПЛАСТИКОМ

3.1 Нормативні акти в Україні

1. Закон України "Про управління відходами" (від 20 грудня 2000 року № 509-IV):

Основна суть: Цей закон визначає правові основи поводження з відходами в Україні, спрямовані на:

- Зменшення утворення відходів;
- Раціональне використання відходів;
- Забезпечення екологічно безпечного поводження з відходами.

Мета: Забезпечити екологічно безпечне поводження з відходами на всій території України, зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище та людське здоров'я.

Вплив на забруднення мікропластиком водою:

- Закон встановлює вимоги до збирання, транспортування, зберігання, обробки та знешкодження відходів, що містять мікропластик.
- Закон забороняє скидання у водойми відходів, що містять мікропластик.

Основні тези:

- Встановлення принципів ієрархії поводження з відходами (уникання, зменшення, повторне використання, рециклінг, знешкодження).
- Впровадження системи розширеної відповідальності виробника (виробники зобов'язані брати участь у збиранні та переробці своїх продуктів).
- Запровадження системи державного контролю за поводженням з відходами [18].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

32

2. Водний кодекс України (від 5 жовтня 2005 року № 2781-IV):

Основна суть: Цей кодекс визначає правові основи охорони, використання та відтворення водних ресурсів України.

Мета: Забезпечення раціонального використання та охорони водних ресурсів України, збереження їх для теперішнього та майбутніх поколінь.

Вплив на забруднення мікропластиком водою:

- Кодекс встановлює вимоги до охорони водних ресурсів від забруднення, включаючи забруднення мікропластиком.
- Кодекс забороняє скидання у водойми речовин, що шкідливо впливають на водні екосистеми, включаючи мікропластик.

Основні тези:

- Встановлення принципів охорони водних ресурсів (захист від забруднення, раціональне використання, збереження).
- Впровадження системи державного управління водними ресурсами.
- Запровадження системи державного контролю за охороною водних ресурсів [19].

3. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" (від 27 січня 1995 року № 12-XII):

Основна суть: Цей закон визначає загальні принципи охорони навколишнього середовища, основні напрями державної політики у цій сфері, права та обов'язки громадян, підприємств, установ і організацій щодо охорони навколишнього середовища.

Мета: Забезпечення екологічно безпечного розвитку України, збереження та відтворення природного середовища.

Вплив на забруднення мікропластиком водою:

- Закон встановлює загальні принципи охорони навколишнього середовища, які застосовуються до поводження з відходами та охорони водних ресурсів.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ОС 20510004

Арк

33

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки під час дослідження проб води забрудненої мікропластиком у лабораторії

Незалежно від місця роботи та її специфіки, необхідно дотримуватися правил поводження з відповідними матеріалами, обладнанням, контролювати стан середовища, в якому здійснюють робочі обов'язки, тощо. Не виключенням є і техніка безпеки під час дослідження проб води забрудненої мікропластиком у лабораторії. Серед загальних вимог варто зазначити наступне:

1. До дослідження проб води забрудненої мікропластиком допускаються особи, які пройшли відповідний інструктаж з охорони праці та мають необхідні знання та навички.

2. Роботи з дослідження проб води забрудненої мікропластиком повинні проводитися в спеціально обладнаних лабораторних приміщеннях, які відповідають вимогам санітарних норм і правил.

3. При роботі з пробами води забрудненої мікропластиком необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: лабораторний халат, рукавички, захисні окуляри, респіратор.

4. Забороняється приймати їжу, пити воду, курити та користуватися мобільними телефонами в лабораторних приміщеннях.

5. Після закінчення роботи з пробами води забрудненої мікропластиком необхідно ретельно вимити руки з милом.

Окрім зазначених загальних вимог, є ще специфічні правила безпеки, які стосуються саме роботи в лабораторії та дослідженні зразків отриманих із водою, які теоретично забруднені мікропластиком. Так, наприклад, варто розглянути такі правила техніки безпеки як:

1. Техніка безпеки при роботі з хімічними реактивами

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ОС 20510004				Арк
					Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата

- При роботі з хімічними реактивами необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: лабораторний халат, рукавички, захисні окуляри, респіратор.

- Забороняється працювати з хімічними реактивами без знання їх властивостей та правил поводження з ними.

- При роботі з хімічними реактивами необхідно дотримуватися правил хімічної безпеки.

- У разі потрапляння хімічного реактиву на шкіру або слизові оболонки необхідно негайно промити їх проточною водою і звернутися за медичною допомогою.

2. Техніка безпеки при роботі з лабораторним обладнанням

- При роботі з лабораторним обладнанням необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: лабораторний халат, рукавички, захисні окуляри.

- Забороняється працювати з лабораторним обладнанням без знання його пристрою та правил роботи з ним.

- При роботі з лабораторним обладнанням необхідно дотримуватися правил техніки безпеки.

- У разі виявлення несправності лабораторного обладнання необхідно негайно припинити роботу з ним і повідомити про це відповідальній особі.

Також окрім тих правил техніки безпеки, які часто зустрічаються при роботі, є й ті, які на перший погляд є очевидними та багато хто ними нехтує, хоча вони мають також важливе значення, серед них варто зазначити:

- Перед початком роботи з пробами води забрудненої мікропластиком рекомендується ознайомитися з інструкціями з техніки безпеки, що додаються до лабораторного обладнання та хімічних реактивів.

- У лабораторії повинна бути аптечка першої допомоги, яка містить необхідні медикаменти та перев'язочні матеріали.

- У разі виникнення надзвичайної ситуації необхідно негайно повідомити про це відповідальній особі та вжити заходів щодо її ліквідації.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип.	Арк.	№ докum.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

38

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі "Екологічний аналіз новітніх технологій видалення мікропластику в водних об'єктах" було всебічно розглянуто актуальну проблему забруднення водних об'єктів мікропластиком, його поширеність, вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини, а також сучасні методи боротьби з цією проблемою та законодавчі аспекти.

У першому розділі було визначено, що мікропластик є глобальною проблемою, яка поширюється через різні джерела, включаючи промислові викиди, побутові відходи та знос автомобільних шин. Дослідження показали, що мікропластик негативно впливає на водну фауну, викликаючи токсичні ефекти та біологічні зміни. Крім того, він становить серйозну загрозу для здоров'я людини, потрапляючи в організм через споживання води та їжі.

Другий розділ присвячений сучасним технологіям видалення мікропластику з водних об'єктів. Було розглянуто декілька методів, включаючи фізико-хімічні та біологічні підходи. Серед найбільш перспективних методів виділяються адсорбція на активованому вугіллі, використання мембранних фільтрів, а також інноваційні біотехнологічні методи, такі як біодеградація за допомогою мікроорганізмів.

У третьому розділі розглянуто законодавчу базу України та Європейського Союзу щодо поводження з мікропластиком. Виявлено, що законодавство ЄС є більш розвиненим та передбачає жорсткі регулятивні заходи, спрямовані на зменшення використання мікропластику та його видалення з водних об'єктів. Україна також має ряд нормативних актів, проте потребує вдосконалення законодавчої бази для ефективнішої боротьби з проблемою мікропластику.

Четвертий розділ стосується охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час проведення робіт з очищення водних об'єктів. Важливими

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

ОС 20510004

Арк

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

41

аспектами є дотримання техніки безпеки та протипожежних заходів, щоб забезпечити захист працівників та мінімізувати ризики під час виконання робіт.

На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Мікропластик є серйозною екологічною проблемою, яка потребує комплексного підходу для її вирішення.

2. Сучасні технології видалення мікропластику демонструють високу ефективність, проте потребують подальшого вдосконалення та широкого впровадження.

3. Законодавча база України потребує гармонізації з європейськими стандартами для забезпечення ефективного контролю та регулювання поводження з мікропластиком.

4. Дотримання заходів охорони праці та техніки безпеки є критично важливим під час проведення робіт з очищення водних об'єктів.

Розглянуті в роботі аспекти підкреслюють необхідність активних дій на всіх рівнях для зменшення забруднення водних об'єктів мікропластиком та захисту екологічної безпеки.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510004					Арк
Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дата						42

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mustapha S., Tijani J., Elabor R. Technological approaches for removal of microplastics and nanoplastics in the environment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2024. №12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343724002148?via%3Dihub>.

2. Корнієнко Б. В. Мікропластик як глобальне джерело забруднення навколишнього середовища. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2022. № 6. С. 6-11.

3. Чагайда А. О., Тарасюк Г. М. Тенденції зростання у навколишньому середовищі мікропластику та його вплив на споживачів послуг індустрії гостинності. *Економіка, управління та адміністрування*. 2023. №1(103). С. 76-87.

4. Екологія людини. Нариси сьогодення : науково-публіцистична збірка / І. В. Завгородній, О. Л. Літовченко, К. О. Зуб, Д. С. Стукалкіна, А. А. Шенгер ; за редакцією І. В. Завгороднього. – Харків : ХНМУ, 2021. – 82 с.

5. Microplastics Facts & Figures. 2023. <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2023/02/Microplastics-Fact-Sheet-FINAL-2.3.23.pdf>

6. Global distribution of microplastics. <https://www.grida.no/resources/13339> (дата звернення: 20.06.2024).

7. Carbery, M., O'Connor, W. and Palanisami, T. (2018), «Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health», *Environment international*, Vol. 115, pp. 400–409, doi: 10.1016/j.envint.2018.03.007 (дата звернення: 20.06.2024).

8. Екологічні наслідки пластикових відходів в океанах - забруднення та його вплив. *Сайт Чернівців*. URL: <https://1408.cx.ua/rizne/ekologichni-naslidki-plastikovikh-vidkhodiv-v-oceanakh-zabrudnennya-ta-yogo-vpliv/#4> (дата звернення: 19.06.2024).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

9. Microplastics Facts & Figures. 2023. <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2023/02/Microplastics-Fact-Sheet-FINAL-2.3.23.pdf> (дата звернення: 20.06.2024).

10. Un T. Teng Y. Chenglong J. Global prevalence of microplastics in tap water systems: Abundance, characteristics, drivers and knowledge gaps. 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724028092> (дата звернення: 20.06.2024).

11. Конвенція Організації Об'єднаних Об'єднаних Націй з морського права від 10 грудня 1982 року. <https://ips.ligazakon.net/document/MU82K23R> (дата звернення: 20.06.2024).

12. Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj> (дата звернення: 20.06.2024).

13. Розроблено метод видалення пластику з води за допомогою звуку. 2024. <https://bizmag.com.ua/rozrobleno-metod-vydalennya-plastyku-z-vody-za-doromogo-yu-zvuku/> (дата звернення: 20.06.2024).

14. Ковальчук І. Світовий океан очистять від мікропластику магнітними нанопружинами. 2019. <https://ecotech.news/technology/334-svitovij-ocean-ochistyat-vid-mikroplastiku-magnitnimi-nanopruzhinami.html> (дата звернення: 20.06.2024).

15. Ornes S. Tiny swimming robots may help clean up a microplastics mess. 2021. <https://www.snexplores.org/article/innovation-tiny-swimming-robots-may-help-clean-up-a-microplastics-mess> (дата звернення: 20.06.2024).

16. Gao W., Zhang Y., Mo A. Removal of microplastics in water: Technology progress and green strategies. *Green Analytical Chemistry*. 2022. №3. <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2022.100042>

17. Прості екозвички для екологічного життя. *ICOOLA*. URL: <https://icoola.ua/blog/osnovni-suchasni-ekozvycky/> (дата звернення: 21.06.2024).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

18. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII: станом на 8 жовт. 2023 р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

19. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

20. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : станом на 19 квіт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

21. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 року : Директива Європ. Союзу від 23.10.2000 р. № 2000/60/ЄС : станом на 20 листоп. 2014 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення: 04.06.2024).

22. Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. *EUR-Lex*. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.155.01.0001.01.ENG (date of access: 04.06.2024).

23. Кругова економіка: потрібні швидші кроки для досягнення цілей ЄС щодо формування циркулярної економіки. *Екологія Право Людина*. URL: <https://epl.org.ua/announces/krugova-ekonomika-potribni-shvydshi-kroky-dlya-dosyagnennya-tsilej-yes-shhodo-formuvannya-tsyrkulyarnoyi-ekonomiky/> (дата звернення: 04.06.2024).

24. Про затвердження державних санітарних норм і правил "Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти I-IV груп патогенності молекулярно-генетичними методами" : Наказ МОЗ України від 24.01.2008 р. № 26. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-08#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510004

Арк

45

25. Про затвердження Правил охорони праці на об'єктах з переробки пластичних мас : Наказ М-ва надзвича. ситуацій України від 16.07.2012 р. № 989.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1336-12#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

26. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : Наказ М-ва внутр. справ України від 30.12.2014 р. № 1417 : станом на 7 квіт. 2023 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 04.06.2024).

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
ОС 20510004				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
				Арк
				46