

ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЛАСТИКУ У СОЛОНІЙ ТА ПРІСНІЙ ВОДІ. МІКРОПЛАСТИК. ВПЛИВ МІКРОПЛАСТИКУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ТВАРИН (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

Ю. Єрмоєнко, В. Кушнір

Одеський Державний Аграрний Університет

У статті наведена сучасна інформація щодо використання пластика, його хімічного перетворення у водоймах. Наведено приклади потрапляння пластику у біосферу солоних та прісних водойм. На основі аналізу літературних джерел встановлено, як саме мікропластик впливає на стан здоров'я тварин та риб, зокрема людини, а також наведено приклади боротьби із забрудненням навколишнього середовища.

Ключові слова: Пластик, мікропластик, перетворення у воді, поглинання.

Постановка проблеми. Розвиток технологій та поліпшення рівня нашого життя призводять врешті решт до негативних наслідків. На сьогоднішній день розробка та впровадження у широкий вжиток різноманітних полімерів/пластмас через дешевизну, міцність, пластичність, довговічність внесли в наше життя значні переваги починаючи від звичних нам побутових речей на кшталт пакетів та пляшок до виробів медичного призначення (одноразові шприці, рукавиці і т.д.). Наслідком безконтрольного використання людиною пластикових виробів стало те, що пластики та продукти їх деградації призводять до незворотних змін екосистеми, починаючи від диспропорції бактерій та завершуючи загрозою вимирання цілих видів тварин. За різними оцінками, лише на поверхні океану знаходиться близько 200 000 частинок мікропластику на квадратний кілометр. Всі ми бачили сумні картини величезних скупчень пластикового сміття посеред Тихого океану, які стають непрошеним раціоном для його жителів, нахабно втручаючись у здоров'я та метаболізм. Мікропластик легко поглинається дрібними організмами, які продовжуючи харчовий ланцюг, врешті решт, опиняються на нашому столі і в нашому організмі. І вже екологічна проблема плавно перебігає у соціальну із медичними наслідками [1].

Метою даної роботи є огляд літературних джерел та формулювання висновків щодо впливу мікропластику на організми тварин.

Аналіз літературних джерел. Пластик, пластмаси — штучно створені матеріали, основою яких є полімер, що перебуває під час формування виробу у в'язкорідкому чи високоеластичному стані, а під час експлуатації — в склоподібному чи кристалічному стані. [2] Сучасною проблемою є перетворення пластику у воді — саме мікропластик. Це крихітні пластмасові частинки розміром від 1 мкм до 5 мм, наприклад розмір зерна річкового піску від 100 мкм.

Класифікація мікропластику:

- Первинний мікропластик — мікрогранули, які спеціально виробляють маленькими за розміром. Їх використовують в засобах гігієни, вони потрапляють в море і навколишнє середовище зі стічними водами.
- Вторинний мікропластик — мікрогранули, які утворюються в результаті розпаду пластикових відходів під впливом води і ультрафіолетових променів. Джерелами такого мікропластику можуть бути: побутове сміття, втрачені рибальські сітки, частки корабельної фарби і автомобільних шин, мікрОВОлокна тканини, що утворюються при пранні синтетичного одягу.
- Нанопластик. Залежно від визначення, нанопластики мають розмір менше 1 мкм (тобто 1000 нм) або менше 100 нм [6]. Про існування нанопластів у навколишньому середовищі йде дискусія, оскільки виявлення та кількісне визначення в екологічних матрицях залишається проблемою.

Оскільки щороку виробляється приблизно 300 мільйонів тон пластику, що людство використовує повсякденно у всіх сферах життя, то посилюється проблема забруднення океанів і річок. [3] Це викликає все більше занепокоєння. У звіті ООН за 2016 рік було зафіксовано понад 800 видів тварин, що потерпають від забруднення пластиком при поглинанні або заплутанні — на 69 % більше, ніж у звіті 1977 року, в якому від забруднення потерпало 247 видів тварин. [4] Щорічно в Світовий океан потрапляє близько восьми мільйонів тон пластикового сміття. 67 % пластикового сміття, що потрапляє в океан, приносять з собою 20 річок, в основному — азіатських. 90% всього пластику в Світовому океані протікає всього через 10 річок. Всі вони проходять через густонаселені райони; вісім з них — в Азії і дві в Африці. Найбільше пластику в океан потрапляє з річки Янцзи в Китаї. [5] Дослідження на тваринах свідчать, що мікропластик може пошкоджувати кишечник і печінку. Згідно з деякими дослідженнями, проковтнуті частки мікропластику ушкоджують внутрішні органи, а також виділяють всередині організму небезпечні хімічні речовини — від бісфенолу А (БФА), що негативно впливає на ендокринні органи, до пестицидів. Це порушує захисні функції організму і зупиняє ріст і розмноження клітин. Частинки мікропластику можуть призводити до утворення тромбів. Багато компонентів пластика негативно впливають на ендокринну систему.

З іншого боку, Всесвітня організація охорони здоров'я не вважає мікропластик в питній воді загрозою здоров'ю.

Процеси перетворення пластику на мікропластик.

У береговій зоні основним, домінуючим процесом є температурна дія. Враховуючи, що питома теплоємність піску відносно низька (664 Дж/кгК), топоверхня піщаного пляжу і пластикові відходи, що знаходяться в межах пляжу, влітку можуть нагріватися до температури + 40 °С. При більш високих температурах залежно від енергії активації процесу (E_a) фотоокислювальне розкладання значно прискорюється. Наприклад, при $E_a \sim 50$ кДж/міль, швидкість деградації збільшується удвічі при підвищенні температури всього на 10 °С [7]. Деградація – це хімічна зміна, яка різко знижує середню

молекулярну масу полімеру. Оскільки механічна цілісність пластмас незмінно залежить від їх високої середньої молекулярно-масової ваги, будь-яка значна ступінь деградації неминуче послаблює матеріал. Сильно розкладені пластмаси стають крихкими, щоб розпастися на порошкоподібні фрагменти при обробці. Навіть ці фрагменти, які часто не видно неозброєним оком, можуть зазнати подальшої деградації (як правило, за допомогою мікробіологічної біодеградації), при цьому вуглець в полімері перетворюється на CO₂. Коли цей процес закінчується, і весь органічний вуглець у полімері перетворюється, це називається повною мінералізацією[8]. Пластик з високою молекулярною масою не піддається помітній біодеградації, оскільки види мікроорганізмів, які можуть метаболізувати ці полімери, досить рідкісні в природі. У водному середовищі це простежується відносно практично усіх видів пластика, за винятком біополімерів, таких як целюлоза і хітин. Проте в роботах деяких учених визначені декілька штамів мікробів, які здатні розкласти поліетилен (*Rhodococcus ruber* – штам C208, 21 *Brevibacillus borstelensis* – штам 707), а також ПВХ (*Pseudomonas putida*). У лабораторних умовах, впродовж 30 днів інкубації, в концентрованій рідинній культурі, актиноміцети *Rhodococcus ruber* (штам C208) змогли переробити до 8 % поліолефіну в перерахунку на суху масу. Лакази, що секретуються цим видом штаму, зменшили середню молекулярну масу полімеру[9]. Проте, в ґрунті і водному середовищі цей процес практично неможливий. Це пов'язано з тим, що ці мікроорганізми не зустрічаються у великих концентраціях і, крім того, в природі завжди є джерела легко засвоюваних поживних речовин.

Як досліджували мікропластик у клітинах?

Вчені помістили чисті мікропластикові частинки розміром близько трьох мікрометрів у прісну воду зі штучного ставка або солону воду з морського акваріума та витримували їх там від двох до чотирьох тижнів. Обидві водойми, з яких взяли воду, населяли різні тварини, рослини та мікроорганізми. Помістивши в таку воду пластик, дослідники прагнули відтворити процес, що відбувається з ним у природних середовищах. Після витримання у таких умовах мікропластик із обох середовищ покритися оболонкою з біологічних молекул — вуглеводів, білків, жирів, амінокислот та нуклеїнових кислот.

Далі вчені досліджували, чи поглинаються ці частинки живими клітинами мишей або ж просто прикріплюються до їхньої поверхні. Для цього вчені пофарбували одну з основних клітинних структур, актинові філаменти, піддали клітини впливу пластику та дослідили їх під мікроскопом.

Реакція клітини на мікропластик.

Дослідження виявило всередині клітин темні плями, які виявилися згодом насправді мікропластиком. Це були частинки полістирену, пластику, який повсюдно використовується, зокрема для упакування харчових продуктів. Мікропластик, покритий оболонкою, суттєво частіше поглинався клітинами, ніж той, якого витримували в очищеній воді та який не мав

покриття. Дослідники припускають, що саме біологічні молекули на поверхні мікропластику допомагають йому легше проникати всередину живих клітин, відповідно, й тканин.

Мікропластик може потрапити в саму основу морської харчової мережі через поглинання. Таке спостерігалось, коли заряджені кульки нанополістиролу всмоктувались в целюлозу морської водорості, що пригнічувало фотосинтез та спричиняло окислювальний стрес. Мікропластик також може впливати на функціонування та здоров'я морського зоопланктону. Зменшення годування спостерігалось після поїдання зоопланктоном гранул полістиролу. Цікаво, що в шлунках масово викинутих на міліну кальмарів Гумбольдта знаходилися пластикові гранули. Цей великий хижий головоногий живиться зазвичай на глибині від 200 до 700 м. Шлях поглинання незрозумілий; кальмари могли харчуватися безпосередньо затонулими гранулами або організмами з гранулами в травній системі[10].

Незважаючи на те, що мікропластичне поглинання було зафіксовано для ряду видів, організми, здається, відкидають мікропластик до перетравлення та виводять мікропластик після перетравлення. Виробництво псевдофекалій є формою відторгнення перед травленням, але вимагає додаткових енергетичних витрат. Крім того, тривале виробництво псевдокалів може призвести до голоду. З іншого боку, багатошестинкові хробаки, морські огірки та морські їжаки здатні виводити небажані речовини через кишковий тракт, не зазнаючи очевидної шкоди. Повідомлялося про побічні ефекти поглинання мікропластичних речовин для хробаків: втрата ваги позитивно корелювала з концентрацією колосових відкладень (40–1300 мкм полістиролу), що зафіксувало суттєво знижену живильну активність та суттєво зменшення запасів енергії у хробака під впливом 5% непластифікованого полівінілхлориду (U -PVC). Пригнічене годування зменшує засвоєння енергії, порушуючи фізичну форму.

Природний знищувач пластику.

Апендикулярія – незвична тварина: прозора родичка асцидії та сальпи, що плаває в океані, фільтруючи воду в пошуках їжі з допомогою липкої сітки, що має метр завбільшки. Проте виявилось, що представники цього класу покривників відіграють і важливу роль при переробці мікропластику, який потрапив в океан: апендикулярії ловлять і їдять частинки пластику, викидаючи їх зі своїми випорожненнями та використаними фільтрами на морське дно. Аби відфільтрувати з води свою їжу – органічні частинки, – ця тварина створює фільтрову сітку завбільшки понад метр. Ці покриті слизом снасті плавають по воді, і їх забруднюють частинки. Потім *bathochordaeus charon* їх з'їдає. З часом фільтр сильно заклеюють неістівні частинки, тоді тварина його скидає, і ця делікатна структура тоне на морському дні. Вчені припускають, що не лише апендикулярії виконують таку роботу, а й інші тварини, що фільтрують воду і живуть у середніх та верхніх водних шарах. Завдяки такій діяльності ці організми можуть послабити вплив забруднення принаймні в регіоні свого

проживання. [11]

Сучасні методи боротьби з пластиковими відходами.

На початку 2019 року уряд Євросоюзу заборонив додавати в продукти всі види пластику. В першу чергу це відноситься до косметичної індустрії. Виробникам доведеться замінити пластик на біологічну альтернативу.

Для боротьби вже з існуючим океанічним забрудненням створюються системи очищення. Комп'ютерне моделювання, здійснене нідерландським фондом The Ocean Cleanup, припустило, що збиральні пристрої біля берегів, можуть видалити близько 31 % частинок мікропластику у навколишньому районі [12]. Крім того, деякі бактерії еволюціонували, щоб їсти пластик, а деякі види бактерій були генетично модифіковані для поїдання (певних видів) пластиків [13].

9 вересня 2018 року The Ocean Cleanup запустила першу в світі систему очищення океану, 001 aka «Wilson», яка діє в Великій тихоокеанській сміттєвій плямі [14]. В 2019-2021рр. у боротьбу з пластиковим забрудненням вступило друге та третє покоління бар'єрних перехоплювачів The Ocean Cleanup.

Висновки

У найближчі десятиліття мікропластик не зникне. Це факт. Але невже нічого не можна зробити? Звичайно можна. Кожен з нас може скоротити особисте споживання товарів з пластику, і тоді ми зменшимо його надходження в природу. Поки що вченим невідомо, чи чинить мікропластик всередині організму якийсь негативний вплив на здоров'я тварин та людей, і наразі немає визначених норм щодо максимальної кількості споживання пластикових частин на добу.

Список використаних джерел

1. <https://www.bsmu.edu.ua/blog/vikoristannya-plastiku-sotsialno-ekologichna-problema-z-medichnimi-naslidkami/>
2. Суберляк О. В., П. І. Баштанник. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч. Львів : Растр-7, 2007. — 375 с. Microplastic waste: This massive (tiny) threat to sea life is now in every ocean. *TheIndependent*. 13 липня 2014.
3. Smith, Madeleine; Love, David C.; Rochman, Chelsea M.; Neff, Roni A. (2018). [Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health](#). *Current Environmental Health Reports* **5** (3). с. 375–386.
4. Southeast Asia Ripe For New Approaches to Microplastic Glut, Climate Change. *Radio Free Asia*
5. Harrison, R. M.; Hester, R. E. [Plastics and the Environment](#) Royal Society of Chemistry. 20 листопада 2018.
6. Boerger C. M., Lattin G. L., Moore S. L., Moore C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.*, 2010. P. 2275- 2278

7. T. Namaide, R. Deterre and J.-F. Feller, Environmental impact of polymers, ISTE Ltd. John Wiley and Sons Inc, Hoboken, NJ. – 2014. P. 45-47.
8. Блиновська Я.Ю., Козловський Н.В. МІКРОПЛАСТИК – МАКРОПРОБЛЕМА СВІТОВОГО ОКЕАНУ. Міжнародний журнал прикладних і фундаментальних досліджень № 10-1, 2015. – 159-162 с.
9. Оцінка пластмаси: Економічне обґрунтування для виміру, управління та розкриття інформації щодо використання пластмаси в галузі виробництва споживчих товарів. Програма ООН по навколишньому середовищу. 2014. С.7
10. Kakani Katija (Monterey Bay Aquarium Research Institute, Moss Landing,) et al., Science Advances, doi: 10.1126/sciadv.1700715
11. How scientists plan to clean up plastic waste in the oceans. *The Independent* 19 січня 2016
12. Eating Away the World's Plastic Waste Problem. *AABGU*
13. System 001 has launched into the Pacific | Updates. *The Ocean Cleanup* . 9 вересня 2018.

**TRANSFORMATION OF PLASTIC IN SALT AND INSIPID WATER.
MICROPLASTIC. IMPACT OF MICROPLASTICS ON ANIMAL HEALTH
(REVIEW ARTICLE)**

Y. Yeromenko, V. Kushnir

The article provides up-to-date information on the use of plastic, its chemical transformation in water bodies. Examples of plastic entering the biosphere of salt and insipid water bodies are given. Based on the analysis of literary sources, it was determined how exactly microplastics affect the health of animals and fish, in particular, humans, and examples of combating environmental pollution are also given.

Key words: *Plastic, microplastic, transformation in water, absorption.*