Міністерство освіти і науки України
Український державний університет
імені Михайла Драгоманова

Природничий факультет

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК»

15-16 квітня 2025 р.



Київ 2025 р.

УДК: 378:5(082)

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми підготовки фахівців природничих наук», 15-16 квітня 2025 року. Київ: Український державний університет імені Михайла Драгоманова, 2025. 290 с.

Укладачі збірника матеріалів конференції:

Вікторія ЛАВРІНЕНКО – доцент, кандидат біологічних наук УДУ імені Михайла Драгоманова.

Мирослава ПІВЕНЬ – студентка 3-го курсу спеціальності 014 Середня освіта, предметної спеціальності 014.07 Географія, голова НТСА Природничого факультету Українського державного університету імені Михайла Драгоманова.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів та посилань несуть автори матеріалів доповідей.

Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Актуальні проблеми підготовки фахівців природничих наук» об'єднує тези доповідей науковців, викладачів, аспірантів і студентів, присвячених сучасним викликам і перспективам підготовки кадрів у галузях біології, хімії, географії, екології та суміжних наук. У публікаціях розглядаються інноваційні педагогічні технології, модернізація змісту природничої освіти, формування професійної компетентності майбутніх фахівців, інтеграція науки і практики у навчальному процесі. Збірник буде корисним для науковців, педагогічних працівників, методистів та усіх, хто зацікавлений у розвитку природничої освіти в умовах сучасних освітніх трансформацій.

© Український державний університет імені Михайла Драгоманова, 2025

РОЗДІЛ І.
ХІМІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ БУДОВИ ПОВЕРХНЕВОГО МІКРОШАРУ СВІТОВОГО ОКЕАНУ ЯК «МІКРОБІОХІМІЧНОГО РЕАКТОРА»

Андрєєва О.В.,
старший лаборант
andreevakiev91@gmail.com
Науковий керівник:
Богатиренко В.А.
доцент, к.х.н.
vitabog@gmail.com
Український державний університет
імені Михайла Драгоманова

Анотація. Представлено короткий огляд наукових досягнень у вивченні хімії тонкого поверхневого мікрошару Світового океану (SML), який контролює швидкість обміну енергією і речовиною між повітрям та морем й у такий спосіб впливає на різні процеси на планеті Земля. Показано, що він утворює поверхневу «біоплівку» внаслідок накопичення природних поверхнево-активних речовин – біосурфактантів, які формують насичений молекулярний шар. Наведена інформація щодо ролі та сучасних напрямків застосування біосурфактантів SML.

Ключові слова: мікрошар морської поверхні, SML, поверхнево-активні речовини, біосурфактанти, фізико-хімічні властивості, застосування.

Хімічні, фізичні, біологічні, геологічні властивості та характер поширення всіх типів вод Світового океану добре відомі. Проте до недавнього часу практично не звертали уваги на особливий поверхневий шар Світового океану – поверхня океану/атмосфера – хоча за оцінками він покриває 362 мільйонів км^2 (~71 %) поверхні Землі. Вивченню саме цього тонкого поверхневого шару води як однієї з найбільших і найважливіших регуляторних систем на планеті приділяється все більше уваги у численних наукових дослідженнях останніх років. Виявилось, що він контролює швидкість обміну енергією і речовиною між повітрям і морем та у такий спосіб впливає на різні процеси на планеті Земля, включно з біогеохімічними циклами хімічних елементів і регулюванням клімату. Кожна речовина, що надходить до океану з атмосфери або навпаки, проходить через цю поверхню. Товщина SML оцінюється у 1-1000 мкм.

Дистанційне зондування океану показало, що на поверхні моря між повітрям і морем накопичується величезна кількість хімічних сполук, рис. 1. Джерела їх походження різні: вони є продуктами метаболізму морських бактерій, слизом водоростей, ексудатом живих або зруйнованих клітин фітопланктону або просто органічним детритом [1]. Такі речовини як ліпіди та амінокислоти, які утворюються під час цвітіння фітопланктону, також переносяться на поверхню

морів, річок та озер. Ці сполуки є біологічно активними. Більшість з них є поверхнево-активними речовинами (ПАР), тобто мають дифільну, будову і мають одночасно як гідрофільні (полярні), так і гідрофобні (ліпофільні) властивості. Природні поверхнево-активні речовини, які є метаболітами фітопланктону (бактерій, дріжджів та грибів, зокрема *Candida, Pseudomonas, Bacillus, Mycobacterium* та *Acinetobacter*) називають часто біосурфактантами.

Біоактивність біосурфактантів включає антибактеріальну, протигрибкову та протипухлинну дію. Головна перевага біосурфактантів полягає в тому, що вони екологічно безпечні, менш токсичні, біоактивні та біорозкладні [2]. Вони виявились корисними у переробленні харчових продуктів. Їх екологічне значення зумовлено участю у біодеградації вуглеводнів під час забруднення океану розливами сирої нафти [1, 3]. Наприклад, здатність бактерії *Alcanivorax borkumensis* руйнувати вуглеводні й аліфатичні поліестери нафти забезпечується високою адгезією до них за рахунок молекули гліцил-глюколіпіду, яка прикріплена до поверхні клітини і посилює гідрофобність її поверхні. Відомо три основні етапи деградації алканів: 1) алкани поглинаються і піддаються термінальному окисненню з утворенням спирту; 2) спирт окиснюється до альдегіду і далі до жирної кислоти; 3) жирна кислота вступає в реакцію *β*-окиснення. З огляду на вищезазначене стає зрозуміло, чому дослідження останніх років зосередилися на вивченні біосурфактантів – через їх потенційне терапевтичне, промислове та екологічне застосування [4, 5].

Мікрошар морської поверхні Світового океану має особливі фізико-хімічні властивості, пов’язані з насиченням поверхнево-активними речовинами та унікальною орієнтацією біомолекул на межі атмосфера/вода. Накопичення біо-ПАР сильно знижує поверхневий натяг мікрошару і величину критичної концентрації міцелоутворення (ККМ). Тому молекули біосурфактантів здатні формувати міцелярні структури різної форми за значно нижчих концентрацій, ніж більшість хімічно синтезованих поверхнево-активних речовин [6].

Хімічна активність цих речовин проявляється в їх хелатувальній здатності щодо йонів металічних елементів, високій толерантності до несприятливих значень pH, температур та йонної сили, а також максимальному поглинанні сонячної радіації, що стимулює фотохімічні реакції з утворенням активних радикалів. У цілому це контролює газообмін парникових газів між повітрям і морем, утворення морської піни та активних морських аерозолів, а також прискорює біодеградацію сирої нафти.

Мікрошар SML часто збагачується твердими органічними речовинами – прозорими екзополімерними часточками (ЕПЧ) – багатими на кислі полісахариди. Вони утворюються внаслідок агрегації розчинних попередників, які виділяються фітопланктоном. Нещодавні дані свідчать про те, що деякі ЕПЧ легко солюбілізуються – покриваються молекулами ПАР, спливають на поверхню мікрошару і утворюють гелеподібну плівку. Ці екзополімерні частинки відіграють вирішальну роль у формуванні морських агрегатів, оскільки є тією

сполучною матрицею або «клеєм», який утримує молекули в єдиному агрегаті. Така плівка швидко колонізуються мікроорганізмами.

У зонах зустрічі течій, перемішування вод та у зонах прибійних хвиль молекули ПАР у поверхневому шарі води сильно стискаються. Цей стиснений шар молекул ПАР легко захоплює повітряні бульбашки, що завжди виникають під дією вітру і хвиль. Якщо бульбашки відразу не лопаються, то на поверхні моря утворюються пінні міцели – тобто морська піна, а іноді й масивні пінні агрегати. Інколи їх можна побачити на пляжах і в прибережних зонах. Отже піни можуть існуватися лише за участі стиснутого SML. Підраховано, що в 1 л пінної води утримується 2 м^2 SML і щойно піна спадає, її матеріал стає частиною SML. Чим більше біосурфактантів накопичує шар SML, тим стабільнішою і об'ємнішою буде піна. Тим не менше, тривалість життя піни обмежена годинами або днями. На основі супутникових спостережень було встановлено, що середнє покриття поверхні океану пінами (білими шапками) становить 1-6%.

Бульбашки, які захоплюються і переносяться вітром утворюють морський аерозоль. Так усі захоплені речовини потрапляють в атмосферу.

Мікрошар SML збагачений агрегатами різних мікробних спільнот (нейстону), тобто є складним середовищем для організмів, що населяють його. Нейстон представлений різноманітними бактеріями, найпростішими і водоростями, у тому числі й діатомеями, веслоногими рачками, поліхетами і личинками оболонщиків. Саме тому його вважають середовищем умовної «біоплівки». Останніми дослідженнями доведено, що ці організми потрапляють і у морську піну. Наприклад, уздовж пляжів узбережжя затоки під час цвітіння *Karenia brevis* бульбашки морської піни, що лопаються, є одним зі способів, за допомогою яких токсини цих водоростей потрапляють у повітря і діють як сильна отрута на водну біоту і на людей (рис.2) [7, 8].

За останні 20 років було відкрито нові мікроорганізми, метаболіти яких вже використовуються в сучасних технологіях – медицині, харчовій промисловості фармпромисловості тощо [9]. Серед них особливо цікавими є бактерії, які населяють поверхневий шар вод полярних широт. Ці морські організми продукують терпени і терпеноїди, зокрема, у кнідарій (коралів), молюсків і губок ці типи сполук широко представлені серед інших зареєстрованих природних продуктів. У асцидій та голкошкірих частка молекул терпенів і терпеноїдних сполук нижча, але вони все ще відносно поширені [10]. Загалом, терпеноїди є найбільш часто реєстрованим класом природних продуктів з Антарктики, демонструючи високий ступінь структурного розмаїття та біологічної активності. Адаптовані до холоду гриби та бактерії вважаються джерелом: антифризних білків*, які* використовуються в харчовій промисловості та в біомедичних цілях; позаклітинних полімерних речовин (EPS), які вже використовуються в текстильній, косметичній та харчовій промисловості, для очищення забруднених важкими металами середовищ та у фармацевтичній

промисловості; поліненасичених жирних кислот як перспективних альтернатив риб'ячому жиру в харчовій промисловості.

На початку 21 століття було знайдено навий рід бактерій *Pseudoalteromonas,* які є типовим представником SML. Вони виробляють ПАР і посилюють утворення та стабільність піни. *Pseudoalteromonads* синтезують також червоний пігмент, який включає групу речовин, що відносяться до продигінинів – це циклопродигіозин (CYPRO), продигіозин, 2-метил-3-гексил-продигінін. Ці речовини впливають на розселення, проростання і метаморфоз різних видів морських безхребетних, твердих коралів і водоростей.

Цей рід бактерій було ідентифіковано як перспективне джерело хімічно різноманітних молекул, включно з протиороговілими, антибактеріальними, протигрибковими, цитотоксичними та протираковими агентами. Так, із морських бактерій *Pseudoalteromonas Antarctica,* що живуть у льодовиках Антарктиди, сьогодні одержують досить складну речовину *антарктицин*. Це екзополісахарид, глікопротеїн, що складається з пептидів і моносахаридів [11].

Встановлено багато корисних властивостей цих екзополісахаридів. Зокрема, під їхнім впливом шкіра людини стає більш стійкою до холоду, і що найголовніше, швидше і повніше оновлюється, відновлюється. Захисний ефект від холодового стресу цього морського інгредієнта значно вищий, ніж той, що проявляє гіалуронова кислота, яка інтенсивно використовується в медицині та косметології. Косметичні властивості антарктицину важко переоцінити: цей компонент вирізняється ефективною репаративною дією – швидко і повноцінно відновлює пошкоджену шкіру, допомагає їй регенерувати після термічних, механічних і фотопошкоджень, а також усуває сухість і шорсткість шкіри. Таким чином сприяє зниженню вираженості вікових змін на шкірі. Так, було встановлено, що розчин антарктицину з масовою часткою 1 % дає змогу значно підвищити швидкість росту фібробластів і кератиноцитів у дермі. У поведених дослідженнях рівень вмісту колагену I-го типу підвищувався на 128 %, рівень колагену IV-го типу – на 81%, рівень вмісту еластину – на 31% упродовж лише 17 днів. Одноразове застосування такого розчину збільшувало адгезію фібропластів в 2,5 рази, і в 1,3 рази – швидкість утворення кератонінів, зберігаючи цей ефект протягом 5 годин. Також експерименти показали, що лінійні порізи шкіри після обробки цими глікопротеїнами гоїлися значно швидше, ніж необроблені.

Одним із вивчених метаболітів *Pseudoalteromonas* є дуже перспективний антибіотик із широким спектром дії тіомаринол А.

За підрахунками після 2005 року кількість натуральних продуктів, виділених із морських полярних мікроорганізмів, збільшилася з 22 % до 71 %. Це свідчить про те, що мікроби перетворюються на плідний ресурс для «нової» хімії.

Таким чином, проведені за останні 20 років інтенсивні наукові дослідження поверхневого мікрошару на межі Світовий океан/атмосфера відкрили завісу його будови і впливу на природні рівноважні системи, пов'язані з накопиченням і

переходом речовин через цей мікрошар. Вони сприяли глибшому розумінню поширення гідрофобних забруднювачів в гідросфері та механізмів їх знешкодження. Вивчення будови, біологічного та хімічного складу тонкої «біоплівки» на поверхні океану дозволило створити нові ефективні препарати та лікарські засоби тощо.

Список використаних джерел

1. Дистанційне зондування Землі. Лекційний матеріал для дисциплін “Системи супутникового зв’язку”, “Системи зв’язку з рухомими об’єктами” / Укладач: ст. викл. каф. РТ Г.П. Химич. Тернопіль: ТНТУ. 2012. 58 с.
2. Datta M., Chattopadhyay I. Applications of microbial biosurfactants in human health and environmental sustainability: a narrative review. Discov Med. 2024. 1. 160. https://doi.org/10.1007/s44337-024-00181-w.
3. Zadjelovic V., A., Quareshy M., Silvano E., Hernandez-Fernaud J. R., Aguilo-Ferretjans M.M., Bosch R., Dorador C., Gibson M. I., Christie-Oleza J. A. Beyond oil degradation: enzymatic potential of Alcanivorax to degrade natural and synthetic polyesters. Environmental Microbiology. 2020. 22, № 4. https://doi.org/10.1111/1462-2920.14947 .
4. Kubicki S., Bollinger A., Katzke N., Jaeger K.-E., Loeschcke A., Thies S. Marine Biosurfactants: Biosynthesis, Structural Diversity and Biotechnological Applications. Mar. Drugs. 2019. 17.408. https://doi.org/10.3390/md17070408 .
5. Pacwa-Płociniczak M., Płaza G.A., Piotrowska-Seget Z., Cameotra S.S. Environmental Applications of Biosurfactants: Recent Advances. Int. J. Mol. Sci. 2011. 12. 633-654. https://doi.org/10.3390/ijms12010633 .
6. Antonioli J. R., Poloni J.d.F., Pinto É.S.M., Dorn M. Interdisciplinary Overview of Lipopeptide and Protein-Containing Biosurfactants. Genes. 2023. 14. 76. https://doi.org/10.3390/genes14010076.
7. Бреветоксин А Pub Chem. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/; https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Brevetoxin-A
8. Hort V., Abadie E., Arnich N., Bottein M.-Y. D., Amzil Z. Chemodiversity of Brevetoxins and Other Potentially Toxic Metabolites Produced by Karenia spp. and Their Metabolic Products in Marine Organisms. Marine Drugs. 2021, 19, 656. https://archimer.ifremer.fr/doc/00735/84730/89777.pdf .
9. Dias M.A.M., Nitschke M. Bacterial-derived surfactants: an update on general aspects and forthcoming applications. Braz J Microbiol. 2023. 54. 103–123. https://doi.org/10.1007/s42770-023-00905-7 .
10. Núñez-Pons L., Shilling A., Verde C., Baker B.J., Giordano D. Marine Terpenoids from Polar Latitudes and Their Potential Applications in Biotechnology. Mar. Drugs. 2020. 18. 401. https://doi.org/10.3390/md18080401.
11. Andryukov B., Mikhailov V., Besednova N. The Biotechnological Potential of Secondary Metabolites from Marine Bacteria. J. Mar. Sci. Eng. 2019. 7. 176. https://doi.org/10.3390/jmse7060176 .