



ЗАЙЦЕВ

Ювеналій Петрович — академік НАН України, доктор біологічних наук, професор, радник при дирекції Інституту морської біології НАН України

СТВОРЕННЯ «ДЕРЕВА НОВИХ ЗНАНЬ» У ГАЛУЗІ БІОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ МОРЯ

Відкриття на поверхні пелагіалі невідомої в науці життєвої форми — морського нейстону, якого, на загальну тоді думку, в морі не могло існувати, викликало жвавий інтерес у наукових колах і породило чимало питань, які вимагали пояснень. Чи не найголовніше з них: у чому полягає біологічна доцільність акумуляції організмів у цьому біотопі, з його вкрай несприятливими, як тоді вважалося, умовами життя? Пошук відповідей на ці та інші запитання виявив багато нових фактів і спонукав до перегляду уявлень щодо структури морського середовища і його залежності від природних та антропічних факторів. Усі ці пошуки починалися і продовжуються в Інституті морської біології НАН України і за своєю ідеологією є подальшим розвитком учення В.І. Вернадського про посилення біогеохімічних процесів на стиках природних середовищ — атмосфери, моря, суші та прісних вод.

Протягом вікової історії Національної академії наук України в її інститутах неодноразово народжувалися нові наукові ідеї, які зумовлювали прориви в різних галузях фундаментальної науки і практики. Ці ідеї часто суперечили існуючим уявленням, їм доводилося боротися з усталеними поглядами, доводячи свою переконливість, але врешті-решт вони перемагали і з повним правом входили в ужиток теоретичних досліджень і прикладних розробок. Так сталося і з новими думками щодо структури біосфери Землі, обґрунтованими на початку ХХ ст. першим президентом Української Академії наук В.І. Вернадським [1, 2], та з подальшим їх розвитком щодо біології та екології морського середовища, про що й ідеться далі.

Відкриття невідомої життєвої форми на поверхні морської пелагіалі

На замовлення Міністерства рибного господарства УРСР у 1957 р. автор цієї статті здійснював у Чорному морі пошук ікри важливих промислових риб — кефалей. На той час ікра цих риб практично не траплялася у пробах планктону, отрима-

них за допомогою традиційних знарядь збору. Використавши оригінальну методику розшуку ікри риб у водній товщі з урахуванням її питомої ваги, ми дізналися, що ікра кефалевих риб вирізняється дуже високою плавучістю і тому зосереджується на самій поверхні пелагіалі. Цей шар свідомо не досліджувався біологами, щоб уникнути потрапляння в сітки решток донних водоростей, наземних рослин, комах, згустків мазуту, шматочків пемзи тощо, які ускладнюють лабораторну обробку матеріалу.

За допомогою напівзануреної сітки оригінальної конструкції [3] нам нарешті вдалося виловити чималу кількість ікри кефалей, а разом з нею багато інших організмів, які вважалися тоді надзвичайно рідкісними. За своїми ознаками всі вони були явно пристосовані до перебування на самій поверхні пелагіалі. І в якусь мить прийшло осяяння, несподіване розуміння чогось нового в біологічній структурі моря. Так було відкрито морський нейстон [4], про який у літературі того часу писали, що він може розвиватися лише на поверхні невеличких, захищених від вітру прісноводних ставків. Тому й статтю було озаглавлено «Про існування біоценозу нейстону в морській пелагіалі». Оскільки прісноводний нейстон складався з двох ярусів — водного, або гіпонеїстону, та повітряного — епінейстону, те, що було відкрито у Чорному морі, назвали *гіпонеїстоном* [5].

Несподіване відкриття викликало жвавий інтерес серед науковців і породило багато питань, які вимагали пояснень. Передусім потрібно було дізнатися, чи не випадковою була концентрація організмів на поверхні води? А якщо вона не випадкова, а закономірна, то яка біологічна доцільність такого компактного скупчення живих істот на самій поверхні моря?

Враховуючи те, що найбільші організми з проб нейстону, а саме — мальки риб, личинки крабів, креветок та інші ракоподібні за характером живлення є хижачками, можна було припустити, що привабити їх у цей шар води могла, крім інших сприятливих умов, висока концентрація в ньому кормових об'єктів — дрібних безхребетних. Ці істоти своєю чергою

також потребують відповідного корму — найпростіших тварин та одноклітинних водоростей. Найпростішим потрібні бактерії, а водоростям — поживні речовини. Чи можливе поєднання таких умов саме у кількох верхніх сантиметрах пелагіалі? Аргументованих відповідей на ці запитання в літературі того часу не було.

Викладаючи свої погляди на біогеохімічну структуру біосфери, В.І. Вернадський [1, 2] звертав увагу на «плівки життя», які протягом еволюції утворилися на стику атмосфери з літосферою та у верхніх шарах гідросфери. Стосовно морів та океанів Вернадський розрізняв дві таких плівки — *планктонну*, як зону хлорофілового планктону, та *донну* — у зоні шельфу. Планктонна плівка знаходиться на поверхні водної товщі і має глибину 20–50 м, іноді до 100 м. У решті пелагіалі, а це становить близько 98 % її об'єму, міститься розсіяне життя, як вважав Вернадський.

Ці уявлення вченого про загальну структуру гідросфери увійшли у свідомість біологів і закріпилися у методиках відбору біологічного матеріалу. Тому зразки (проби) поверхневого планктону отримували вертикальним обловом шару завтовшки 10–0 м за допомогою сіток, а проби води для хімічних аналізів — «поверхневим» батометром на глибині, практично, 0,5 м. Однак скупчення організмів нейстону було виявлено у верхньому шарі води, завтовшки не більш як 5 см. У чому його специфічність як біотопу нейстону, ще належало з'ясувати.

Роботи розпочалися відразу за кількома напрямками, чому сприяло розпорядження Президії АН УРСР про організацію на Одеській біологічній станції відділу гіпонеїстону під керівництвом автора цієї статті. Від самого початку виникли протиріччя з багатьма усталеними в біології моря переконаннями. Так, вважалося аксіомою, що бактерії уникають яскравого сонячного світла. Засновник морської мікробіології, американський учений К. Зобелл [6] у своїй монографії писав, що після проходження верхнього шару води завтовшки 10 см інтенсивність найактивнішої бактерицидної радіації Сонця знижується вдвічі. З цього твердження

впливало, що шукати скупчення бактерій саме у поверхневій плівці — нераціонально. Проте ми отримали зовсім інші дані. За допомогою оригінального стерильного обладнання мікробіолог відділу гіпонеїстону А.В. Цибань виявила у шарі товщиною 0–2 см скупчення бактерій у десятки, сотні й навіть тисячі разів вищі, ніж у пробах, які одержували за допомогою традиційного «нульового» батометра. Так було відкрито морський бактеріонейстон у складі великого різноманіття пігментованих бактерій, що утворюють основу трофічної піраміди морського нейстону. Згодом цей новий напрям мікробіології моря став темою докторської дисертації А.В. Цибань [7, 8].

Аналогічно ми дізналися про статистичну достовірність концентрації у шарі нейстону одноклітинних водоростей, безхребетних, грибів, ікринок, личинок та мальків риб [9–19]. Результати досліджень біосферної ролі нейстону, а згодом і інших контурних угруповань організмів у різних морських та океанічних регіонах узагальнено в публікаціях Ю.П. Зайцева і Г.Г. Полікарпова [20–23]. Дослідженнями у затоці Аркашон на Атлантичному узбережжі Франції виявлено, що концентрація пестицидів, поліхлорбіфенілів та важких металів у поверхневій плівці води завтовшки не більш як 100 мкм у сотні й тисячі разів вища, ніж на глибині 0,5 м [24]. Проте саме у мілководних затоках, лагунах та лиманах мальки риб знаходять оптимальні умови для нагулу і росту.

Усі нові дані, які ми отримали, досліджуючи нейстон, відповідали принциповій тезі В.І. Вернадського про посилення фізичних, хімічних та біологічних процесів на стиках атмосфери з гідросферою та літосферою. Однак наші дослідження уточнювали, що в межах планктонної плівки Вернадського міститься ще тонше утворення, свого роду *ультрапливка*, в якій фізичні, хімічні та біологічні процеси відбуваються ще інтенсивніше, ніж у планктонній плівці Вернадського. Цей шар, що обмежується верхніми 5 см пелагіалі, дістав назву *нейстали* [25–29], і саме в ньому впродовж еволюції виник нейстон з його надзвичайно важливою роллю у водних екосистемах.

Сприйняття ідеї морського нейстону в науковому середовищі та на офіційному рівні

Щодо ідеї морського нейстону думки науковців розділилися. Більшість біологів спочатку були проти введення нового терміна і, тим більше, відмовлялися припускати відкриття невідомої науці нової життєвої форми. «Хіба можна, — запитували опоненти, — у ХХ столітті відкрити нову життєву форму, та ще й на поверхні пелагіалі, яку всі ми досліджуємо?!».

Інші, а їх на перших порах була меншість, стверджували протилежне. «Колеги, зверніть увагу, відкрито найбільший біоценоз планети», — заявив з трибуни ювілейної конференції у Новоросійську в 1961 р. відомий морський біолог В.В. Хлебович з ленінградського Зоологічного інституту АН СРСР. На тій самій конференції засновник морської радіоекології Г.Г. Полікарпов з Інституту біології південних морів у Севастополі сказав: «Слід відзначити величезну зацікавленість морських радіоекологів у якнайшвидшому розвитку широкого фронту досліджень гіпонеїстону в усіх його аспектах, у тому числі як мішені радіоекологічного фактора». Академік Румунської академії наук Є.А. Пора в офіційному відгуку на докторську дисертацію автора писав, що це новий розділ науки і що відкриття і дослідження нейстону роблять честь радянській океанографії. У 1963 р. вийшла перша друкована реакція на відкриття: у *New Zealand Journal of Science* дослідник з Новозеландського океанографічного інституту у Веллінгтоні R.P. Willis [30] написав, що за допомогою напівзануреної у воду сітки він отримав з поверхні пелагіалі велике різноманіття організмів, яке назвав «гіпонеїстоном Зайцева» (*the hyponeuston of Zaitsev*). У списку літератури наводилася лише одна моя стаття — публікація у «Зоологічному журналі» [31]. Це було перше письмове повідомлення про те, що концентрація організмів на поверхні пелагіалі — явище не лише чорноморське.

Висловлень *pro et contra* було чимало, вище наведено лише крайні думки, щоб дати уявлення про широкий спектр сприйняття нової ідеї,

на тлі якого нашому колективу доводилося розвивати комплекс досліджень, який я згодом назвав створенням нового «дерева знань». Важливою передумовою для нас виявилось те, що ідея морського нейстону була від самого початку позитивно сприйнята керівником Одеської біологічної станції К.О. Виноградовим та Президією АН УРСР і особисто її президентом академіком Б.Є. Патонем.

Науковою новиною зацікавилися також і засоби масової інформації. У 1962 р. на Одеську біостанцію прибула група фахівців з московського телебачення і зняла фільм про відкриття гіпонейстону. У газеті «Правда» від 20 липня 1970 р. у рецензії на науково-популярний фільм «Планета Океан» зазначалося: «Змістовна розповідь про біологічну роль поверхневого шару морських вод і морської піни — розплідника життя. На жаль, автори фільму забули згадати, що ця розповідь є коротким викладом суті багаторічних робіт радянського дослідника, співробітника Інституту біології південних морів АН УРСР, нині члена-кореспондента АН УРСР Ю.П. Зайцева, внесок якого в дослідження поверхневого шару був високо оцінений океанологами світу».

Зарубіжні колеги і справді виявляли увагу до наших досліджень. Для ознайомлення з методами вивчення нейстону і отриманими новими науковими даними у 1967 р. на Одеську біологічну станцію прибула представницька делегація відомих морських біологів Франції на чолі з академіком Ж.-М. Пересом (J.-M. Pérès). Мою доповідь гості слухали уважно, ставили багато запитань, а на завершення професор Раймон Вєсьєр (R. Vaissière) підсумував: «*C'est une nouvelle façon de penser*» (це новий спосіб мислення). Через деякий час я отримав від академіка Ж.-М. Переса лист з проханням прийняти на стажування доктора Ж. Шампалбер, яка вже почала досліджувати гіпонейстон у Марсельській затоці Середземного моря.

У 1975 р. для більш детального ознайомлення з дослідженнями нейстону до Одеси прибула офіційна делегація вчених США на чолі з директором Національного управління з досліджень океанів та атмосфери (NOAA)

доктором Р.М. Уайтом (R.M. White). Я розповів гостям про наші дослідження у Чорному, Азовському, Каспійському, Середземному, Карибському морях та у Мексиканській затоці. Гості слухали уважно, записували, ставили запитання. З відкритим нами морським нейстоном американські вчені були вже знайомі завдяки англійському перекладу моєї монографії «*Marine Neustonology*», опублікованому у США у 1971 р. Наприкінці зустрічі глава делегації підкреслив, що подальше вивчення морського нейстону — найважливіший напрям у вивченні морів та океанів, який має величезне наукове та практичне значення і в якому зацікавлене все людство.

У 1979 р. уряд Японії запросив мене прочитати цикл лекцій з морської нейстонології у провідних університетах Токіо, Шімізу, Сендаї, Цукуби, Хакодате і Нагої. Сам факт запрошення до країни, в якій морська наука традиційно розвивалася на найвищому рівні, свідчив про офіційне визнання нашого пріоритету в цій галузі. Лекції викликали жвавий інтерес з боку студентів, аспірантів, викладачів. Було організовано й успішно проведено під моїм керівництвом у тихоокеанській затоці Суруга першу японську експедицію з вивчення нейстону. Цікаві результати, отримані під час цієї експедиції, було опубліковано в колективній статті [32]. Відвідання об'єктів марікультури, де вирощували промислові види водоростей, молюсків та риб, дали змогу ознайомитися з методикою та результатами цієї перспективної технології, добре розвиненої в цій країні.

Увага з боку провідних країн світу, в яких дослідження з біології та екології моря були на найвищому світовому рівні, підтверджувала наш пріоритет у цій галузі, що врешті-решт і в СРСР було позитивно оцінено на офіційному рівні. У журналі *Soviet Life* (1974, № 7), що видавався у Москві англійською мовою, було надруковано статтю під назвою «*Neuston, a Living Continent*» (Нейстон, живий континент). У цій публікації йшлося про відкритий нами морський нейстон і про те, що внаслідок прогресуючого забруднення океану йому загрожує велика небезпека.

Продовження і поглиблення досліджень морського нейстону та його біотопу

Нові результати досліджень відділу гіпонеїстону породжували нові питання. Насамперед вражав ступінь наукової новизни отриманих даних і те, що ця новизна «лежала» буквально на самій поверхні пелагіалі, а не в її глибинах, особливо зважаючи на те, що більшість видів нейстону було описано вже давно. Чому зоологи-систематики довгі роки не помічали того, що об'єднує ці види, а саме — їх пристосованість до умов верхнього шару пелагіалі? Чому протягом еволюції велика кількість видів саме тут «влаштувала» свій головний «розплідник»? Поступово ми почали знаходити відповіді на ці запитання.

Ми вже дізналися, що у Чорному морі існує не лише гіпонеїстон, а й епінеїстон, хоча і не такий різноманітний, як у тепловодних морях. За нашою методикою збору матеріалу було отримано зразки нейстону з приполярних і тропічних вод океану, а також з великих прісноводних водойм, де, як вважалося, нейстону також немає.

На замовлення професора Ф. Бернарда (F. Bernard), редактора Бюлетеня Алжирського океанографічного інституту Pelagos, я написав французькою мовою оглядову статтю «Морська нейстонологія: предмет, методи, основні досягнення та завдання» [33]. Публікація вийшла напередодні конференції Комітету планктону Міжнародної комісії з досліджень Середземного моря, що відбулася в Монако. Саме у той час наукове судно «Академік Ковалевський», виконуючи завдання експедиції з радіоекології нейстону Середземного моря (керівник Г.Г. Полікарпов), зайшло у порт Монако. Ми відразу відчули величезний інтерес до морського нейстону з боку вчених із середземноморських країн, зокрема, мали цікаві розмови з Ж.-І. Кусто та іншими відомими дослідниками моря.

У 1970 р. у видавництві «Наукова думка» вийшла моя монографія «Морская нейстонология» [25]. Наступного року я дізнався, що її

було перекладено англійською мовою і видано в Ізраїлі й у США [34].

Що стосується причин виникнення нейстону протягом еволюції морських організмів, поступово я дійшов висновку, що акумуляція поживних речовин на поверхні пелагіалі та у морській піні, а також особливий оптичний режим шару завтовшки 0–5 см з наявними у ньому біологічно активними інфрачервоними та ультрафіолетовими променями відіграли визначальну роль в еволюції живих істот і привели до заселення цього біотопу великим різноманіттям організмів, пристосованих до його специфічних екологічних умов. Причому в цьому шарі переважають ранні стадії онтогенезу безхребетних тварин і риб. Згодом акумуляція у цьому біотопі шкідливих речовин перетворила його мешканців на «екологічну мішень», а коливання їх чисельності позначаються на більшій частині морського середовища, особливо у прибережній зоні.

Від нейстонології до концепції контурної структури морів і океанів

З огляду на те, що вдалося дізнатися про нейстон та умови його існування, природно постало запитання: чи є в інших біосферних «плівках життя» В.І. Вернадського «ультраплівки», подібні до тієї, якою виявилася нейсталь у планктонній плівці? Виявилось, що є. За даними Л.В. Воробйової й І.І. Кулакової [35], чисельність нематод і гарпактицид у піщаних пляжах у десятки разів вища, ніж на шельфі. Ці та інші факти свідчили про те, що піщаний контур моря являє собою особливий біотоп у прибережному згущенні життя В.І. Вернадського. Вже накопичено значний обсяг знань про піщаний контур моря, проте й подальші дослідження цього біотопу також видаються вельми перспективними [36].

Стосовно піщаних берегів моря та їх екологічного значення особливу увагу привертає, зокрема, відкриття біологічної активності інтерстиціальної рідини, яка заповнює простори між зернами піску (її ще називають *поровою*



Рис. 1. Двостулковий моллюск *Donacilla cornea*



Рис. 2. Поліхета *Ophelia bicornis*



Рис. 3. Поліхета *Janua pagenstecheri*



Рис. 4. Поліхета *Spirobranchus triqueter*

водою) і здатна стимулювати ріст і розвиток інших організмів. Ще у 1960-х роках у відділі гіпонейстону проводилися лабораторні дослідження властивостей морської піни, що утворюється на поверхні пелагіалі, виноситься хвилями на берег і проникає у піщані пляжі. Виявилося, що піна здатна прискорювати ріст і розвиток не лише морських водоростей, безхребетних тварин і риб, а й культурних рослин — пшениці, ячменю, вівса. Статистично достовірні дані про цю властивість морської піни викликали інтерес з боку і біологів, і фахівців інших спеціальностей [37, 38]. Останнім часом стимулювальний вплив порової води на розвиток мікрowodоростей піщаних пляжів успішно вивчала О.П. Гаркуша [39, 40]. Отже, враховуючи отримані результати, постає важливе питання, чи не може інтерстиціальна рідина впливати також і на організм людини, яка відвідує морські береги заради рекреації та лікування? В такому разі сотні кілометрів піщаних берегів України на Чорному та Азовському морях — це не просто природне середовище дуже важливого екологічного значення [41], а ще й не повністю оцінений за своїм соціальним ефектом біотоп.

Прибережна зона моря і пляжі, як правило, підлягають регулярному моніторингу в інте-

ресах їх відвідувачів, а дані про температуру води, солоність, вміст різних хімічних речовин та патогенних бактерій у воді й на пляжах доводяться до відома громадян. Однак поза увагою контролюючих органів поки що залишається інтерстиціальна (порова) вода пляжів, яка постійно виходить (просочується) з пляжів у море. Перебуваючи на пляжі, майже неможливо уникнути цієї рідини, а діти, які зазвичай граються з мокрим піском, будуючи з нього «замки» й «фортеці», упродовж тривалого часу фактично занурені в цю біологічно активну рідину. Який вплив на людський організм має цей контакт, поки що невідомо. Про те, що рідина піщаних пляжів здатна впливати на морські організми, як і про інші невідомі досі факти, ми дізналися, створюючи наше «дерево нових знань». На черзі, за задумом автора цієї статті, — комплексне дослідження можливого медичного та соціального ефекту такого контакту людини з морем.

Нову цікаву інформацію отримано також стосовно літоконтуру — каменистих берегів та дна, однак і в цьому напрямі потрібні подальші спеціальні дослідження. Зокрема, необхідне всебічне вивчення води, яка утримується між галькою пляжів.

Для біоценозів біоконтуру, коли сидячі організми прикріплюються до поверхні тіл інших видів, має значення не лише якість субстрату (його твердість, хімічний склад, рельєф, текстура тощо), а й ті зовнішні метаболіти, які бактерії, гриби, водорості й тварини виділяють у воду і які можуть впливати на ефективність процесу прикріплення. З цього приводу накопичено чимало даних, що констатують сам факт прикріплення, але не пояснюють його тривалість і значення для кожного з біологічних партнерів [42].

Від організмів-контуробіонтів та їх угруповань до ідеї «екологічних дозорних»

Акумуляція в контурних біотопах не лише корисних для живих істот чинників, а й небезпечних речовин, навела нас на думку, що

найбільша кількість особин і популяцій, так чи інакше постраждалих внаслідок погіршення умов життя, має бути саме серед організмів-контуробіонтів. З цього припущення випливає, що у товщі води, де екологічна обстановка значно менш напружена, випадків пригнічення гідробіонтів має бути набагато менше. Ми вирішили перевірити цю гіпотезу.

З'ясувалося, що, справді, серед мешканців контурних біотопів є багато видів-біоіндикаторів, які чутливо реагують на погіршення умов життя зниженням своєї чисельності, аж до зникнення на цій ділянці узбережжя. Наприкінці ХХ ст. вздовж північно-західного узбережжя Чорного моря повністю зникли багаторічна бура водорість цистозіра (*Cystoseira*), двостулковий молюск донацила (*Donacilla*), поліхети офелія (*Ophelia*), януа (*Janua*), спіробранхус (*Spirobranchus*) та деякі інші, у минулому масові, організми [42]. Такі види першими сигналізують про основні екологічні «больові точки» [43] та екологічну небезпеку, що загрожує морю. Вони є у всіх морях і океанах, причому в морях з нормальною солоністю таких екологічних сигналізаторів значно більше, ніж у більш опрісненішому, але краще дослідженішому в цьому плані, Чорному морі. Образно кажучи, вони становлять свого роду загін «екологічних дозорних» [42], які першими оповіщають про небезпеку тих, кого це стосується. А стосується це насамперед морських біологів та екологів, працівників природоохоронних установ, а також тих, хто планує та здійснює екологічний моніторинг у морях і океанах. Адже шукати ознаки погіршення екологічної обстановки там, де їх немає, або де вони слабо виражені (наприклад, у товщі води), скоріш за все, недоцільно.

На рис. 1–5 наведено деяких представників «екологічних дозорних» Чорного моря. Наприклад, з липня по жовтень біля берегів Чорного моря з'являються зграйки сріблястих мальків кефалей (гостроноса *Liza saliens* та лобаня *Mugil cephalus*) довжиною 10–20 мм, які виключилися з нейстонної ікри у відкритому морі і прямують до берегів, шукаючи морські мілководдя, лимани та лагуни з їх найкращими



Рис. 5. Бура водорість *Cystoseira barbata*: а – у здоровому стані; б – вмираюча, вкрита нитчастими водоростями



Рис. 6. Зграйка мальків кефалей

кормовими умовами (рис. 6). Тому видове різноманіття та кількість цих мальків відображає екологічний стан морської поверхні у період нересту цих риб.

Проте на практиці екологічний моніторинг у морях і океанах світу проводиться ще по-

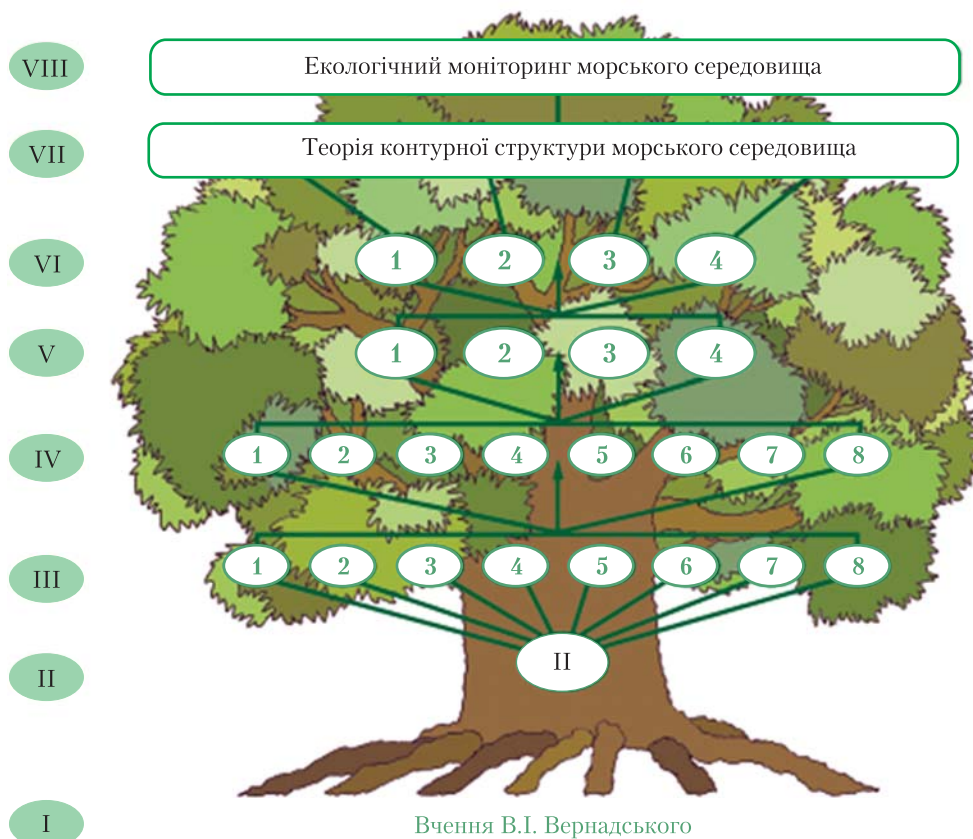


Рис. 7. «Дерево нових знань».

- VIII Розроблення методології екологічного моніторингу морського середовища «Екологічні дозорні Чорного моря»
- VII Обґрунтування теорії контурної структури гідросфери
- VI Дослідження інших ультраструктур (контурних біотопів) біосферних плівок В.І. Вернадського: 1. Псамоконтур. 2. Літо-контур. 3. Пелоконтур. 4. Біоконтур. 5. Потамоконтур
- V Біосферне значення морського нейстону: 1. «Розплідник» ранніх стадій онтогенезу морських організмів. 2. Кормова база водних та наземних консументів. 3. Головна екологічна мішень гідросфери. 4. «Гаряча» екологічна точка морського середовища
- IV Дослідження умов існування морського нейстону та особливостей їх розподілу: 1. Особливості проникнення у пелагіаль видимих променів сонячного спектра. 2. Присутність у нейстали інфрачервоних та ультрафіолетових променів. 3. Біологічно активні властивості морської піни. 4. Пузирковий ліфт. 5. Хемоекологія нейстали. 6. Радіоекологія нейстали. 7. Подвійний прес хижаків. 8. Реакція нейстонів на фактори середовища. Біоіндикатори. Формулювання основ морської нейстонології
- III Дослідження компонентів морського нейстону та особливостей їх розподілу: 1. Бактеріонейстон. 2. Фітонейстон. 3. Міконеїстон. 4. Зоонейстон. 5. Іхтіонейстон. 6. Планктонейстон. 7. Бентонейстон. 8. Нейстон помірних, високоширотних, тропічних зон Світового океану та великих прісноводних водойм
- II Відкриття морського нейстону на поверхні Чорного моря
- I Вчення В.І. Вернадського про плівки життя у біосфері

старому: досліджують усю водну товщу і все дно, сподіваючись виявити ознаки відхилень від екологічної норми. Іноді знаходять, але цей шлях дуже витратний і не вельми результативний у всіх відношеннях. Тоді як моніторинг «екологічних дозорних» не потребує науко-

вих суден з їх складним обладнанням, дорогих експедицій, але дає оперативні вказівки про місця та час змін, що трапилися і реалізувалися в найбільш різких формах, підказує найімовірніші причини того, що сталося. І, що не менш важливо, новий метод дозволяє залучати

до цієї цікавої та корисної роботи волонтерів, у тому числі юних натуралістів під керівництвом досвідчених наставників. Вони цілком здатні знаходити та розпізнавати найбільших екологічних дозорних. У такий спосіб можна тримати під контролем усі берегові контурні біотопи моря, недосяжні для наукових суден, але в яких відбуваються екологічні процеси, доленосні для всього моря.

Мої матеріали разом із даними колег Б.Г. Александрова, Л.В. Воробйової і Г.Г. Мінічевої про види-індикатори з контурних біотопів моря становили основу морської складової циклу наукових робіт «Розробка наукових основ та методів біоіндикації і біомоніторингу природних екосистем України», який у 2013 р. було відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки.

Графічно довготривалі роботи, починаючи з відкриття морського нейстону і до формування уявлень про «екологічних дозорних», зображено у вигляді дендрограми «дерева нових знань» (рис. 7). Над створенням цього «дерева» разом зі мною працювали і продовжують працювати десятки фахівців з одеського Інституту морської біології НАН України, відділу радіоекології севастопольського Інституту біології південних морів, а також інших установ, де сприйняли нашу концепцію контурних біотопів та їх угруповань як нову величезну сферу перспективного наукового пошуку. Серед них є також дослідники з інших країн (Росії, Грузії, Румунії, Франції, Японії та ін.), але більшість все ж становлять фахівці Інституту морської біології Національної академії наук України, першим президентом якої був В.І. Вернадський. Розвиваючи його наукове надбання впродовж понад 55 років, з 1960 року, за своєю ідеологією теорія контурних біотопів і біоценозів виступає також частиною біосферології, або *вернадської біології* (так у світі, слідом за М.В. Тимофєєвим-Ресовським, називають учення великого натураліста). Створення «дерева нових знань» — не завершений творчий процес, оскільки попереду вбачаються широкі перспективи подальшого наукового пошуку. Нові дані, отримані під час створення «дерева знань», опубліковано у

сотнях наукових статей, за результатами цих досліджень було захищено понад два десятки докторських і кандидатських дисертацій.

Висновки

Огляд тривалого процесу створення першого у світовій науці «дерева нових знань» виявляє деякі цікаві деталі та повчальні висновки.

Відкриття морського нейстону і створення «дерева нових знань» є одним з прикладів успішних, визнаних у всьому світі, фундаментальних досліджень, які характеризують діяльність Національної академії наук України в галузі біології та екології морського середовища. Отримані теоретичні дані мають велике практичне значення.

На підставі імплементації результатів досліджень започатковано міжнародний проект Програми розвитку ООН та Європейської комісії — EMBLAS II (Екологічний моніторинг «Екологічні дозорні Чорного моря» [44]). Для його виконавців підготовлено та опубліковано «Польовий визначник екологічних дозорних Чорного моря» (автори Б.Г. Александров і Ю.П. Зайцев), яким під час проведення моніторингу вже користуються в різних країнах.

Найактивніше на відкриття морського нейстону та пов'язаних з ним нових наукових фактів відгукнулися вчені та урядові установи країн великої сімки. Результати робіт з морської нейстології та контурної структури морського довкілля опубліковано у Видавництві ООН (United Nations Publications) та у видавництвах США, Великої Британії, Канади, Італії, Німеччини, Франції, Японії та інших країн світу.

У Статуті НАН України, у розділі «Основні завдання Національної академії наук України» зазначено, що вони полягають у виконанні на світовому рівні фундаментальних і прикладних досліджень на пріоритетних напрямках науки. Проведені багаторічні роботи співавторів «дерева нових знань» цілком відповідають цим положенням Статуту. Створене «дерево нових знань» — це не закінчений інтелектуальний продукт, і попереду ще багато роботи.

REFERENCES

1. Vernadsky V.I. *The Biosphere*. (Copernicus, 1998).
[Вернадський В.І. Біосфера. В кн.: *Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського*. Т. 4. Кн. 1. К., 2012. С. 220–321.]
2. Vernadsky V.I. Living matter. In: *Selected Scientific Works of Academician V.I. Vernadsky*. Vol. 4. Book 2. (Kyiv, 2012).
[Вернадський В.І. Живое вещество. В кн.: *Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського*. Т. 4. Кн. 2. К., 2012.]
3. Zaitsev Yu.P. A device for plankton sampling at the water surface. *Inventions Bulletin*. 1961. (10).
[Зайцев Ю.П. Устройство для лова планктона в приповерхностном слое воды. *Бюлл. изобретений*. 1961. № 10.]
4. Zaitsev Yu.P. About the presence of the neuston biocoenosis on the marine pelagial. *Scientific Notes Odessa Biological Station*. 1960. (2): 37.
[Зайцев Ю.П. Про існування біоценозу нейстону в морській пелагіалі. *Наукові записки Одеської біологічної станції*. 1960. № 2. С. 37–42.]
5. Zaitsev Yu.P. The surface pelagic biocoenosis of the Black Sea. *Russian Journal of Zoology*. 1961. **40**(6): 818.
[Зайцев Ю.П. Приповерхностный пелагический биоценоз Черного моря. *Зоол. журн*. 1961. Т. 40, № 6. С. 818–825.]
6. Zobell C.E. *Marine Microbiology*. (Chronica Botanica Co, 1946).
7. Tsyban A.V. *The bacterioneuston and bacterioplankton of the Black Sea shelf zone*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1970).
[Цыбань А.В. *Бактерионеuston и бактериопланктон шельфовой области Черного моря*. К.: Наук. думка, 1970.]
8. Tsyban A.V. Marine Bacterioneuston. *J. Oceanogr. Soc. Japan*. 1971. **27**(2): 56.
9. Zaitsev Yu.P. On the need for some changes in the methods of ichthyoplankton sampling. *Scientific report at the session of the Academic Council of Institute of Hydrobiology of Academy of Sciences of Ukraine*. 1958.
[Зайцев Ю.П. О необходимости некоторых изменений в методике сбора ихтиопланктона. *Тез. докл. науч. сессии уч. совета Ин-та гидробиологии АН УССР на Одесск. биол. ст.* (3–4 ноября 1958, Одесса). С. 37–40.]
10. Zaitsev Yu.P. Hyponeuston of the Black Sea and its significance. Doctor. Sci. Thesis. (Odessa, 1964).
[Зайцев Ю.П. Гипонейстон Черного моря и его значение. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Одесса, 1964.]
11. Zaitsev Yu.P. The Problems of Marine Neustonology. *Hydrobiological Journal*. 1967. **3**(5): 58.
[Зайцев Ю.П. Проблемы морской нейстонологии. *Гидробиол. журн*. 1967. № 5. С. 58–69.]
12. Zaitsev Yu.P. The practical significance of investigations in the field of marine neustonology. In: *Biological problems of Southern Seas Oceanography*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1969).
[Зайцев Ю.П. Практическое значение работ в области морской нейстонологии. В кн.: *Биологические проблемы океанографии южных морей*. К.: Наук. думка, 1969. С. 130–132.]
13. Zelezinska L.M. On the feeding of some invertebrates of the Black Sea hyponeuston. *Dop. Nac. Akad. Nauk Ukr*. 1962. (2): 246.
[Зелезінська Л.М. До живлення деяких безхребетних гіпонейстону Чорного моря. *Доповіді АН УРСР*. 1962. № 2. С. 246–248.]
14. Vinogradov A.K. The study of ecological and morphological adaptations of the ichthyoneuston. In: *Biological problems of Southern Seas Oceanography*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1969).
[Виноградов А.К. Изучение эколого-морфологических адаптаций ихтионейстона. В кн.: *Биологические проблемы океанографии южных морей*. К.: Наук. думка. 1969. С. 119–122.]
15. Koryutina N.I. The Mysoneuston. In: *The Northwestern Part of the Black Sea: Biology and Ecology*. (Kyiv: Naukova Dumka, 2006).
[Копытина Н.И. Миконейстон. В кн.: *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология*. К.: Наук. думка, 2006. С. 133–134.]
16. Krakatitsa V.V. About the distribution and number of larvae and fry of the red mullet (*Mullus barbatus ponticus*) in the Black Sea hyponeuston. *Scientific Notes Odessa Biological Station*. 1963. (5): 102.
[Кракатиця В.В. До розподілу і кількості личинок та мальків барабулі (*Mullus barbatus ponticus*) у гіпонейстоні Чорного моря. *Наукові записки Одеської біологічної станції*. 1963. № 5. С. 102–103.]
17. Makarov Yu.N. Systematic characteristic and distribution of larvae of *Brachyura* (Decapoda) in the Black Sea neuston. *Russian Journal of Zoology*. 1972. **55**(3): 363.

- [Макаров Ю.Н. Систематическая характеристика и распределение личинок Brachyura (Decapoda) в нейстоне Черного моря. *Зоол. журн.* 1972. Т. 55, № 3. С. 363–370.]
18. Nesterova D.A. Studying the role of the microphytes in the complex of neustonic organisms. In: *Biological problems of Southern Seas Oceanography*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1969).
[Нестерова Д.А. Изучение роли микрофитов в нейстонном комплексе организмов. В кн.: *Биологические проблемы океанографии южных морей*. К.: Наук. думка, 1969. С. 108–110.]
 19. Savchuk M.Ya. About the migrations of fry of grey mullets near the coasts of the North-Western part of the Black Sea. In: *Ecological Biogeography Sea Contact Areas*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1968).
[Савчук М.Я. О миграциях мальков кефалей у берегов северо-западной части Черного моря. В кн.: *Экологическая биогеография контактных зон моря*. К.: Наук. думка, 1968. С. 111–125.]
 20. Zaitsev Yu.P., Polikarpov G.G. Problems of Hyponeuston Radioecology. *Oceanology*. 1964. 4(3): 423.
[Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. Вопросы радиоэкологии гипонейстона. *Океанология*. 1964. Т. 4, № 3. С. 423–430.]
 21. Polikarpov G.G., Zaitsev Yu.P. et al. *Problems of Radioecology of Hyponeuston and Benthos in the American Mediterranean Sea*. (Moscow: Atomizdat, 1966).
[Поликарпов Г.Г., Зайцев Ю.П., Парчевский В.П., Бачурин А.А., Марреро-Валверди Х. *Вопросы радиоэкологии гипонейстона и бентоса Американского Средиземного моря*. М.: Атомиздат, 1966.]
 22. Polikarpov G.G., Zaitsev Yu.P. *Prospects and retrieval in Marine Biology*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1969).
[Поликарпов Г.Г., Зайцев Ю.П. *Горизонты и стратегия поиска в морской биологии*. К.: Наук. думка, 1969.]
 23. Polikarpov G.G. *Radioecology of aquatic organisms*. (N.Y.: Reinhold, 1966).
 24. Patin S.A. Chemical pollution and its impact on hydrobionts. In: *Oceanology. Biology of Ocean*. Vol. 2. Biological Productiveness of Ocean. (Moscow: Nauka, 1977).
[Патин С.А. Химическое загрязнение и его влияние на гидробионтов. В кн.: *Океанология. Биология океана*. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. С. 322–331.]
 25. Zaitsev Yu.P. *Marine Neustonology*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1970).
[Зайцев Ю.П. *Морская нейстонология*. К.: Наук. думка, 1970.]
 26. Zaitsev Yu.P. *The Life of the Sea Surface*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1974).
[Зайцев Ю.П. *Жизнь морской поверхности*. К.: Наук. думка, 1974.]
 27. Konstantinov A.S. *General Hydrobiology*. (Moscow, 1986).
[Константинов А.С. *Общая гидробиология*. М.: Высшая школа, 1986.]
 28. Romanenko V.D. *Fundamentals of Hydroecology*. (Kyiv, 2001).
[Романенко В.Д. *Основы гидроэкологии*. К.: Обереги, 2001.]
 29. Dediu I.I. *Enciclopedia de Ecologie*. (Chişinău: Ştiinţa, 2010).
 30. Willis R.P. A small towed net for ocean surface sampling. *New Zealand J. Sci.* 1963. 6(1): 120.
 31. Zaitsev Yu.P. A surface pelagic biocoenosis of the Black Sea. *Russian Journal of Zoology*. 1961. 40(6): 818.
[Зайцев Ю.П. Приповерхностный пелагический биоценоз Черного моря. *Зоол. журн.* 1961. Т. 40, № 6. С. 818–825.]
 32. Hattori H., Yuki K., Zaitsev Yu.P., Motoda S. A preliminary observation on the neuston in Suruga Bay. *La mer. Bull. de la Soc. Franco-Japonaise d'oceanographie*. 1983. 21(1): 11.
 33. Zaitsev Yu.P. La Neustonologie marine: Objet, Methodes, Realisations principales et Problemes. *Pelagos*. 1968. (8): 1.
 34. Zaitsev Yu.P. *Marine Neustonology*. (Washington: NOAA, 1971).
 35. Vorobyova L.V., Zaitsev Yu.P., Kulakova I.I. *Interstitial meiofauna of the Black Sea sandy beaches*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1992).
[Воробьева Л.В., Зайцев Ю.П., Кулакова И.И. *Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Черного моря*. К.: Наук. думка, 1992.]
 36. Zaitsev Yu.P. *An Introduction to the Black Sea Ecology*. (Odessa, 2006).
[Зайцев Ю.П. *Введение в экологию Черного моря*. Одесса: Эвен, 2006.]
 37. Zaitsev Yu.P. Problems of Marine Neustonology. *Hydrobiological Journal*. 1967. 3(5): 58.
[Зайцев Ю.П. Проблемы морской нейстонологии. *Гидробиол. журн.* 1967. Т. 3, № 5. С. 58–69.]
 38. Chilikina N.S. Study of the biological activity of the sea foam. In: *Biological Problems of Southern Seas Oceanography*. (Kyiv: Naukova Dumka, 1969).
[Чиликина Н.С. Изучение биологического действия морской пены. В кн.: *Биологические проблемы океанографии южных морей*. К.: Наук. думка, 1969. С. 128–129.]

39. Garkusha O.P. Influence of pore water on the development of microalgae of the Odessa sandy beaches. *Ecology of Sea*. 2009. (78): 34.
[Гаркуша О.П. Влияние поровой воды на развитие микроводорослей песчаных пляжей одесского побережья. *Экология моря*. 2009. № 78. С. 34–39.]
40. Garkusha O.P. Forming of microalgal communities on different substrates in the coastal zone of the Black and Azov Seas. PhD thesis. Odesa, 2016.
[Гаркуша О.П. Формування угруповань микроводоростей на різних субстратах прибережної зони Чорного і Азовського морів. Автореф. дис. канд. біол. наук. Одеса, 2016.]
41. Zaitsev Yu. A key role of sandy beaches in the marine environment. *Journ. of Black Sea Mediterranean Environment*. 2012. **18**(2): 114.
42. Zaitsev Yu.P. On Contour Structure of Biosphere. *Hydrobiological Journal*. 2015. **51**(3): 3.
43. Zaitsev Yu. Major accumulations of life and main “pain points” in the seas and oceans. *J. Environ. Sci. Eng.* 2012. **1**(7A): 886.
44. Alexandrov B., Zaitsev Yu. *Environmental Sentinels of the Black Sea*. Field Guide. 2016.

Стаття надійшла 06.02.2017.

Yu.P. Zaitsev

Institute of Marine Biology of National Academy of Sciences of Ukraine (Odesa)

CREATION OF A NEW «TREE OF KNOWLEDGE»
IN THE FIELD OF MARINE BIOLOGY AND ECOLOGY

The discovery on the surface of the pelagic zone of an unknown life form – the marine neuston, existence of which in the sea was considered to be impossible, aroused interest among scientists and generated a number of questions, demanding explanations. Perhaps chief among them was, what is the biological expedience of such a high concentration of organisms in this biotope, with its extremely unfavorable, according to general opinion, living conditions? Search of answers to these and other questions revealed many new data and stimulated the revision of some common convictions about the structure of the marine environment and its dependence on natural and man-made factors. All these searches began and are in development in the Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine and its ideology is a further development of the teaching of V.I. Vernadsky about the strengthening of biogeochemical processes at the boundaries of the natural environments – atmosphere, sea, land and fresh water.

Keywords: contour biotopes, contourobionts, environmental sentinels, monitoring.