

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОРСЬКОЇ БІОЛОГІЇ

СНІГІРЬОВА Анастасія Олександрівна

УДК 582.276:574.587(262.5.05)

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ УГРУПОВАННЯ ФІТОПСАМОНУ
ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ**

03.00.17 – гідробіологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Одеса – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України
АЛЕКСАНДРОВ БОРИС ГЕОРГІЙОВИЧ
Інститут морської біології Національної академії наук України,
директор

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
ЩЕРБАК ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ,
Інститут гідробіології Національної академії наук України,
провідний науковий співробітник відділу екології водойм

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник
ВИНОГРАДОВА ОКСАНА МИКОЛАЇВНА,
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного Національної академії
наук України, заступник директора з наукової роботи,
провідний науковий співробітник відділу фікології

Захист дисертації відбудеться « **3** » листопада **2015** р. о 10⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 41.258.01 Інституту морської біології НАН України за адресою: вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, 65011.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту морської біології НАН України за адресою: вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, 65011

Автореферат розісланий « 3 » жовтня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої
ради К 41.258.01,
кандидат біологічних наук



С. В. Стадніченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з найбільш актуальних напрямків у гідробіологічних дослідженнях є екологічний моніторинг, метою якого є виявлення областей, найбільш схильних до антропогенного впливу [Vorja, 2014]. Піщаний контур моря є однією з таких зон [Виноградов, 1969; Зайцев, 2008]. При взаємодії двох зовсім різних за природою існування організмів середовищ «моря і суші» спостерігається активізація фізико-хімічних і біологічних процесів [Зайцев, 1991; Zaitsev, 2012], що в результаті відображається у високому таксономічному різноманітті та продукційних характеристиках гідробіонтів. В даний час детальних досліджень щодо кількісного та просторового розподілу автотрофів в піщаному контурному біотопі та впливу на них чинників середовища недостатньо [Гусляков, 2002; Гаркуша и др., 2012; Ковтун, 2012]. Особливо це стосується окремих районів північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) – піщаних кіс та узбережжя лиманів.

Крім того, практично не вивченими залишаються вплив факторів середовища на кількісний розвиток мікроводоростей псамону, а також особливості формування угруповань мікрофітів на узбережжі морів із незначними приливами та відливами, таких як Чорне море. Вивчення угруповань псамофільних мікроводоростей дозволяє уточнити і доповнити екологічні характеристики окремих видів водоростей, їх географічне поширення та індикаційні властивості. Важливим є вивчення впливу на гідробіонтів природних факторів, властивих саме піщаним узбережжям: гранулометричного складу ґрунту, гідродинаміки, зволоженості субстрату. В силу високого вмісту біогенних речовин у порових водах, доцільно виявити особливості їх впливу на автотрофів в умовах псамоконтура. Таким чином, піщане узбережжя являє собою важливий біотоп для вивчення закономірностей формування угруповання фітопсамону.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконували на базі Гідробіологічної станції Одеського національного університету імені І. І. Мечникова та у лабораторії Регіонального центру інтегрованого моніторингу природного середовища ОНУ під час планових науково-дослідних робіт з тем: НДР № 505 «Оцінити вплив агрогосподарської діяльності та пожеж на екосистему Нижнього Дністра та емісію парникових газів до атмосфери» (2013-2014 рр.); НДР № 506 «Оцінити дострокові зміни та обґрунтувати заходи щодо стабілізації екологічного стану прибережних вод та берегової смуги острова Зміїний» (2013-2014 рр.); міжнародного проекту UNDP/ЕС «Improving Environmental Monitoring in the Black Sea – EMBLAS» (2013-2014 рр.). Крім того, здобувач був виконавцем фундаментальної теми Інституту морської біології НАН України № 0111U006730 «Взаємовідношення угруповань одноклітинних та багатоклітинних організмів екотонів біоциклів Азово-Чорноморського регіону» (2010-2015 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було встановити еколого-біологічні особливості та закономірності формування фітопсамону супраліторалі ПЗЧМ під впливом природних та антропогенних факторів.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

1. Дослідити характер впливу фізичних та хімічних факторів на розвиток мікроводоростей фітопсамону;
2. Визначити вплив гранулометричного складу піску на розвиток мікроводоростей в умовах експерименту;
3. Дослідити особливості просторово-часової динаміки кількісних показників фітопсамону ПЗЧМ;
4. Надати еколого-біологічну характеристику мікроводоростей фітопсамону ПЗЧМ;
5. Вивчити таксономічний склад мікроводоростей псамону ПЗЧМ.

Об'єкт дослідження – фітопсамон північно-західної частини Чорного моря.

Предмет дослідження – закономірності формування угруповання мікроводоростей псамону під впливом факторів оточуючого середовища.

Методи дослідження. Загальноприйняті методи відбору якісних та кількісних проб фітопсамону, фіксації, мікроскопічної обробки з використанням світлової та електронної мікроскопії, експериментальні методи дослідження. Для опрацювання матеріалів застосовували методи багатовимірного статистичного аналізу (пакет комп'ютерних програм PRIMER-5, XIStat). Для графічного представлення даних використовували програму Microsoft Excel.

Наукова новизна отриманих результатів. Дана робота є першим поглибленим дослідженням структурних характеристик фітопсамону супраліторалі ПЗЧМ, що розширює уяву про особливості псамоконтура, як місцеперебування мікроводоростей. Вона містить перше еколого-флористичне зведення щодо мікроводоростей псамону піщаних кіс ПЗЧМ та розширює уяву про мікрофіти піщаних берегів ПЗЧМ. Розроблено новий метод вивчення впливу гранулометричного складу ґрунту на мікроводорості. Результати експерименту дозволяють складати та науково обґрунтовують прогностичні оцінки в умовах зміни гранулометричного складу ґрунту і можуть бути використані при плануванні робіт по його рефулюванні на узбережжі. Проведене дослідження з визначення впливу факторів середовища на кількісні показники мікроводоростей із застосуванням методів багатовимірної статистики доповнює відомі закономірності та уточнює особливості впливу параметрів піщаної літоралі (гранулометричний складу ґрунту, гідродинаміка, біогенні елементи, солоність, токсичність та ін.). Робота дозволила ранжувати чинники середовища за значимістю для фітопсамону. Вперше для Чорного моря вказується вид *Attheya decora* T. West (Bacillariophyta). Крім того, виявлено 5 нових для ПЗЧМ видів діатомових (*Halamphora salinicola* Levkov et Díaz, *Diploneis stroemii* Hust., *Navicula viminoides* var. *cosmomarina* Lange-Bert., A.Witkowski, Bogaczewicz-Adamczak & Zgrundo, *Navicula phylleptosoma* Lange-Bert., *Opephora minuta* (A.Cleve) A.Witkowski), 2 види еугленових водоростей (*Dinema validum* Larsen et Patterson і *Heteronema larseni* Lee et Patterson) і 1 вид (*Nitzschia paleacea* Grunow), що раніше не був виявлений у флорі діатомових водоростей Будацького лиману.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані дані можуть слугувати базою при визначенні продукції мікрофітів в прибережній зоні окремих районів ПЗЧМ та представляють інтерес при складанні біотичного балансу

псамоконтуру. В результаті оцінки впливу рефулювання ґрунту на узбережжі запропоновано формули прогнозу чисельності мікроводоростей псамону в цілому та окремих відділів. Оригінальні експериментальні пластини, розроблені дисертантом, можуть бути використані в гідробіологічних дослідженнях при вивченні формування обростань гідробіонтами. Постійні препарати діатомових водоростей використовуються при проведенні практичних занять з альгології на кафедрі гідробіології та загальної екології ОНУ імені І. І. Мечникова.

Особистий внесок здобувача. Збір альгологічного матеріалу, визначення видової приналежності мікроводоростей, їх кількісних характеристик (чисельність, біомаса), статистична обробка, аналіз та узагальнення отриманих результатів, здійснені особисто автором. Самостійно виготовлені експериментальні пластини та проведені 2 лабораторних довгострокових експерименти. Спільно з науковим керівником проводилася постановка мети та завдань роботи, планування експериментів та формування структури роботи. Більшість робіт по темі дисертації опублікована безпосередньо здобувачем. У спільних публікаціях частка особистої участі автора пропорційна кількості авторів.

Представлені в роботі фотографії зроблені автором у період експедиційних досліджень. Робота на електронному мікроскопі і мікрофотографування проводилася разом з вченим секретарем Інституту аридних зон ЮНЦ РАН, к.б.н. Г. В. Ковальновою. Фотографії мікроводоростей в світловому мікроскопі зроблені спільно із завідувачем Гідробіологічної станції ОНУ, к.б.н. О. О. Ковтуном. Розрахунки в програмі XlStat здійснювались за допомогою с.н.с. Інституту неврології (Великобританія), к.б.н. С. О. Силантьєва.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації було представлено на: XII з'їзді українського ботанічного товариства (Одеса, Україна, 2006); 19th International Diatom Symposium (Listvianka, Russia, 2006); V международной научно-практической молодежной конференции по проблемам водных экосистем «Понт Эвксинский» (Севастополь, Украина, 2007); X международной конференции диатомологов стран СНГ «Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей», (Минск, Белоруссия, 2007); V З'їзді Гідроекологічного товариства України (Житомир, Україна, 2010); 3rd Biannual BS Scientific and UP-GRADE Black Sea SCENE EC FP7 Project Joint Conference (Odessa, Ukraine, 2011); III Международной научной конференции «Современные проблемы морской и пресноводной гидробиологии. Перспективы. Пути и методы решения» (Херсон, Украина, 2012); Международной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, Украина, 2012); Международной научной конференции альгологов «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, Россия, 2013).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць, до переліку яких входить 7 статей, опублікованих у фахових виданнях, з яких дві включені до міжнародних наукометричних баз, 1 розділ у колективній монографії, 1 патент на корисну модель, 1 методична рекомендація, решта – в інших наукових виданнях, матеріалах конференцій та з'їздів.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, узагальнення, висновків, списку використаних джерел (289 джерел, з яких 117

іноземними мовами) та чотирьох додатків. Матеріал викладено на 175 сторінках, в тому числі 32 стор. – список використаних джерел. Додатки виконано на 34 стор., які містять список таксонів фітопсамону, оригінальні мікрофотографії, таблиці даних та фотографій регіону досліджень. Робота містить 29 таблиць, 33 рисунки, 144 мікрофотографії водоростей.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ТА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У розділі подано огляд літературних даних, що стосуються особливостей функціонування контактної системи «море-берег» району дослідження та стан вивчення фітопсамону ПЗЧМ. Піщаний контур моря є відкритою системою, якій притаманні складні фізичні, хімічні та біологічні процеси. Як і інші контурні зони, псамаль є акумулятором «згущення живої речовини» [Зайцев, 2008], оскільки в цій зоні спостерігається високе біологічне різноманіття, а показники чисельності, біомаси та продукції перевищують такі в сусідніх біотопах. Процеси, що мають місце у пісках, визначаються його геологічною природою – розміром часток ґрунту. Останні в свою чергу впливають на пористість піску, проникливість для води та повітря, щільність упаковки та сортування ґрунту, капілярність. Це має велике значення для мейобентосних організмів [Воробьева и др., 1992], але практично не вивчено для мікроводоростей.

Дослідження фітопсамону вертає увагу вчених починаючи з середини минулого століття. Основна маса даних присвячена вивченню епіпсамітних та епіпелітних водоростей річок та припливних зон морів [Round, 1965; Meadows, Anderson, 1968; Perkins, 1974]. В Чорному морі фітопсамон почали вивчати біля 20 років тому [Гусляков, Ковтун, 2000; Герасимюк, 2000, 2001], а з розвитком концепції контактних зон підходи до моделювання процесів, що відбуваються на морському узбережжі, потребують детального дослідження [Северо-западная часть Черного моря, 2006; Александров, 2008; Зайцев, 2012; Гаркуша и др., 2012].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основою роботи слугували матеріали, зібрані на узбережжі Одеської затоки, Кінбурнської, Кароліно-Бугазької та Будацької піщаних кос та їх водойм. Відбір проб проводили в період 2005-2008 та 2011-2013 рр. У 2014 р. зібраний матеріал з прибережної акваторії острова Зміїний. Всього зібрано та опрацьовано 289 кількісних та 112 якісних проб фітопсамону. Вплив факторів зовнішнього середовища на мікроводорості псамону вивчався у 2006-2008 та 2012 рр. в ході польового (97 проб) та у 2010 і 2012 рр. лабораторного (177 проб) експериментів.

В Одеській затоці проби збиралися на п'яти станціях в різні сезони 2006-2008 рр. та трьох станціях помісячно у 2011-2012 рр.; на піщаних косах в 2005 р. (літо-осінь), 2007 р. (осінь), 2010 р. (весна-осінь), 2011 р. (літо), 2013 р. (літо-осінь). З метою оцінки впливу берегоукріплювальних робіт з наміву піску в Одеській затоці проби збиралися у вересні 2007 і 2008 рр. і липні 2012 р на 7-и додаткових станціях (всього на 13-и) з намитим піском і 3-х контрольних, де відсипка піску не відбувалася.

Кількісні проби збирали трубкою площею перетину 5,3 см² на відстані 0-5 м від урізу води в трьох повторностях. Мікроводорості вивчали в поверхневому 2-см шарі піску. Для фіксації проб фітопсамону використовували формалін (4%).

В розділі описані методи збору, якісної та кількісної обробки проб. Для видової ідентифікації діатомових водоростей виготовили 80 постійних препаратів. З метою очищення панцирів від органічної речовини використовували 40% перекис водню. Відмиті проби зберігали в спирті і використовували для виготовлення постійних препаратів і для дослідження в електронному мікроскопі.

Вивчення водоростей проводили з використанням світлового мікроскопу (СМ) Ergaval (Carl Zeiss-Jena, Німеччина) при збільшенні x160 і x640. Всі вимірювання здійснювали окуляр-мікрометром з точністю до 1 мкм. Таксономічну приналежність діатомових водоростей встановлювали при використанні скануючого та трансмісійного електронних мікроскопів JSM-35 S (Jeol, Японія) в Інституті ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (Київ) і Carl Zeiss EVO 40 XVP в Інституті аридних зон Південного наукового центру РАН (Ростов-на-Дону, Росія). Для фотографування в світловому мікроскопі застосовувалася фотонасадка МФН-12 і МФН-13, фотоапарат Canon 450D та Nikon D70.

Номенклатура водоростей наведена за [Round et al., 1990; Разнообразие водорослей Украины, 2000], з подальшими доповненнями [Witkowski et al., 2000; Algae of Ukraine, 2009; Levkov 2009], а також з міжнародного електронного каталогу водоростей www.algaebase.org [Guiry, Guiry, 2014]. Визначення видового складу діатомових водоростей проводилося по визначникам та атласам [Діатомовий аналіз, 1950; Прошкіна-Лавренко, 1955, 1963; Діатомові водорості СРСР, 1974; Krammer, Lange-Bertalot, 1991a, 1991b, 1996, 1998, 2004; Гусляков та ін., 1992; Witkowski et al., 2000; Levkov, 2009; Snoeijs, 1993, 1994, 1995, 1996]. Визначення зелених водоростей проводилося з використанням монографічних зведень та окремих робіт [Царенко, 1990;], ціанопрокаріот – [Косинська, 1948; Коваленко, 2009], динофітових, криптофітових, евгленових – [Tomas, 1997; Lee, Patterson, 2000; Murray, Patterson, 2002; Murray et al., 2004; Hoppenrath et al., 2009; Al-Yamani, Saburova, 2010].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методами багатовимірної статистики (ANOVA, ССА) з використанням пакету програм PRIMER-E 5, Microsoft Excel 2003, XLStat. Відношення між чинниками середовища і мікроводоростями вимірювали на основі однофакторного аналізу (критерій Фішера, F) і кореляційного аналізу. Індeksi біорізноманіття (Шеннона), домінування (Сімпсона) і подібності (Брей-Куртиса) розраховувалися в програмі PRIMER-E 5 на основі матриці чисельності мікроводоростей псамону, попередньо $4\sqrt{\quad}$ -трансформованої для зниження небажаного ефекту впливу високої чисельності домінантних видів на результати розрахунків.

Польовий багатofакторний експеримент. З метою вивчення впливу низки чинників середовища на мікроводорості псамону на п'яти станціях Одеської затоки було відібрано проби фітопсамону в 2006 р. (холодноводний період) і 2007 р. (тепловодний період) в трьох біотопах: зоні заплиску (ЗЗ), тимчасових водоймах (ТВ), біля виходу дренажних вод (ДВ). Аналізувався фітопсамон на ділянках піску з різною зволоженістю. Одночасно зі збором проб мікроводоростей визначали такі

характеристики їх місця існування: об'єм найближчого життєвого простору (НЖП), його гранулометричний склад і вміст мулистої фракції; температуру, солоність води; гідродинамічну активність хвиль, вміст біогенних речовин (мінеральні і органічні сполуки азоту, фосфору та кремнію) і токсичність води.

Об'єм НЖП, або питомий об'єм інтерстиціального простору, розраховували за допомогою коефіцієнта упаковки ґрунту (k) за формулою: $k = (M_v/\rho_v)/(M_v/\rho_v + M_g/2,65)$, де M_v – маса води, що заповнює інтерстиціальний простір; ρ_v – щільність води, якою заливали висушений і попередньо зважений ґрунт; M_g – маса досліджуваного ґрунту.

Гранулометричний склад ґрунту визначали методом ситового аналізу [Рухин, 1947]. Розраховували наступні гранулометричні коефіцієнти: модуль крупності піску (MDK) по [Страхов, 1953], коефіцієнт медіанний, коефіцієнт сортування, що широко використовуються в морській геології [Чаповский, 1975].

Температуру води вимірювали ртутним термометром ТГ (точність $\pm 0,1^\circ\text{C}$). Солоність встановлювали в лабораторії Регіонального центру моніторингу ОНУ загальноприйнятим методом [Арсан та ін., 2006]. Гідродинамічну активність хвиль визначали з використанням гіпсових структур у вигляді блоків вагою 0,5-0,7 г. Після закінчення експозиції блоки витягували з води, висушували до повітряно-сухого стану і зважували. Визначали втрати їх маси (ВМБ) на одиницю маси за 1 год. Цю величину виражали в процентах за 1 год і обчислювали за формулою: $\text{ПМБ} (\% \cdot \text{h}) = (M_0 - M_t)/t \cdot 1/M_0 \cdot 100\%$, де M_0 – початкова маса блоку, M_t – остаточна маса блоку, t – час експозиції [Muus, 1968].

Для гідрохімічних і токсикологічних аналізів на станціях, розташованих вище урізу води, відбирали інтерстиціальну воду. Хімічний аналіз проводився за стандартними методиками [Методы гидрохимических..., 1978]. Токсичність води визначали на основі виживання лабораторних тест-об'єктів: партеногенетичних самок *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg для прісних вод і наупліусів *Artemia salina* L. для морських [ДСТУ, 2004].

Лабораторний експеримент. З метою вивчення впливу гранулометричного складу піску на розвиток бентосних мікроводоростей, була розроблена корисна модель «Субстрат для вивчення впливу гранулометричного складу піску на розвиток гідробіонтів» [Пат. № 91601, 2014] (рис. 1). Вона полягає у використанні скляних пластин з нанесеними на них різними фракціями піщаного ґрунту. При виготовленні пластин для склеювання піщинок спочатку використовували епоксидну смолу. Але досліди показали її токсичну дію на мікроводорості, отже вона була замінена інертним силіконовим клеєм, що використовується при виготовленні акваріумів.

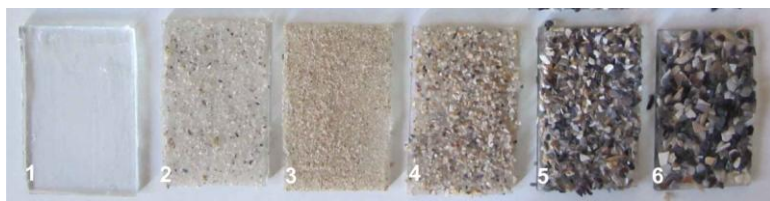


Рис. 1. Субстрат для вивчення впливу гранулометричного складу піску на розвиток гідробіонтів: 1 – силікон; 2-6 – піщинки розміром <0,25 мм; 0,25-0,50 мм; 0,5-1,0 мм; 1-2 мм; 2-3 мм.

Для проведення першого експерименту із використанням епоксидної смоли було виготовлено 60 пластин з піском і 12 контрольних. Експеримент проводили в червні 2010 р. Було проведено 4 серії експериментів тривалістю в 1, 2, 3 і 4 тижні.

Для проведення другого експерименту із використанням силіконового клею було виготовлено 75 пластин з піском і 30 контрольних (15 з силіконом і 15 скляних). Кювети з пластинами заливалися морською водою і поміщалися в лабораторії на північно-східній стороні, при природному освітленні. Експеримент проводили в серпні 2012 р. Перегляд пластин здійснювали на 1, 3, 9, 15 і 30 добу. Під час експерименту температура води коливалася в межах 20,4-25,8°C, солоність – 16,23-22,34‰, рН – 7,58-8,42 од. рН. Експерименти проводили у трьох повторностях.

Після закінчення терміну кожного етапу експерименту пластини акуратно витягували з кювети і переглядали під мікроскопом на наявність обростання. Для видової ідентифікації та кількісної обробки мікродорості відокремлювали від субстрату жорстким пензликом, 3-5 разів промиваючи водою і доводячи до об'єму 15-30 мл; фіксували 4%-им формаліном.

Для кількісного вивчення формування фітопсамону для кожної пластини розраховувався коефіцієнт упаковки фізичної поверхні (S_{Σ}/S_0) [Хайлов та ін., 1994; Shimek, 2001] в модифікації, що показує наскільки поверхня пластин з субстратом (S_{Σ}) більше гладкої поверхні (S_0): $S_{\Sigma}/S_0=6/a$, де a – розмір піщинки (що відповідав розміру вічка на ситах). Середня питома швидкість росту чисельності мікродоростей (продукція) за період розрахована за [Методы определения продукции..., 1968].

ВПЛИВ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА НА ФІТОПСАМОН

У розділі представлено дані про вплив абіотичних факторів на водорості псамону за період 2006-2007 рр. Температура води у вивчених біотопах змінювалась в межах 3,5-26,5°C; солоність – 1,0-16,3 ‰; гідродинаміка – 0,03-37,80 % · год⁻¹; гранулометричний склад піску: модуль крупності піску (MDK) – 2,7-6,0; коефіцієнт сортировки – 1,3-2,7; медіанний коефіцієнт – 0,04-1,30; мулиста фракція – 0-95 %; найближчий життєвий простір – 0,2-0,7; токсичність морської води – 7,9-92,2‰; вміст мінерального фосфору – 0,10-0,27 мгP/л; амонійного азоту – 0,01-0,15 мгN/л; мінерального азоту – 0,02-12,60 мгN/л; органічного фосфору – 0,01-0,04 мгP/л, органічного азоту – 0,01-39,96 мгN/л; оксиду кремнію – 0,6-4,7 мгSi/л. Високі концентрації біогенних елементів були характерні для дренажних та порових (інтерстиціальних) вод. Вміст мінерального азоту та оксиду кремнію збільшувався з віддаленням від урізу води в 1,5-2,0 рази.

Наводяться **результати експерименту** з вивчення впливу гранулометричного складу піску на мікродорості з використанням оригінальних пластин. Встановлено, що за видовим складом на пластинах переважали діатомові водорості. Практично на всіх пластинах були присутні *Navicula* sp., *Amphora arcus* (Greg.), *Attheya decora* T. West, *Cylindroteca closterium* (Ehrenb.) Reimann et JC Lewin. Розвивалися також зелені (Chlorophyta), в меншій мірі динофітові водорості (Dinophyta) та ціанобактерії (Cyanobacteria). Пластини с найменшими частинками піску (<0,25 мм) мали найбільшу поверхню, та перевищували площу гладкого скла

у 40 разів ($S_{\Sigma}/S_0=40$). Швидкість обростання пластин мікроводоростями була найвищою на 3 добу експерименту та переважала на пластинах із найменшими піщинками. На подальших етапах швидкість вирівнювалася на всіх пластинах та поступово зменшувалась.

Щодо рівня чисельності мікроводоростей, то на початкових етапах експерименту вона була досить рівномірною (1,5-3,3 тис. кл. \cdot см $^{-2}$ – на першу добу; 2,8-7,5 тис. кл. \cdot см $^{-2}$ – на третю добу). На 9 добу чисельність на пластинах з розміром піщинок <0,25 мм становила 443,60 тис. кл. \cdot см $^{-2}$, що перевищувало контроль у 10 разів. Це відбувалось загалом за рахунок діатомових водоростей *Navicula* sp., *A. arcus*, що щільно прикріплювалися до поверхні піщинок. Для типово псамофільного виду *A. decora* було відмічено підвищення чисельності на пластинах з піщинками розміром 0,5 мм, а рухливої водорості *C. closterium* – 1-2 мм. На останньому етапі експерименту на всіх пластинах діатомові та зелені водорості були витиснені ціанобактеріями.

Результати експерименту показали високу кореляцію чисельності мікроводоростей із розміром піщинок (рис. 2). Рівняння $x = (0,99 \cdot S_{\Sigma}/S_0 + 24,907) \cdot 2,5$, де x – чисельність мікроводоростей псамону, S_{Σ}/S_0 – коефіцієнт упаковки фізичної поверхні було використане для верифікації даних експерименту на основі даних, отриманих нами *in vivo*.

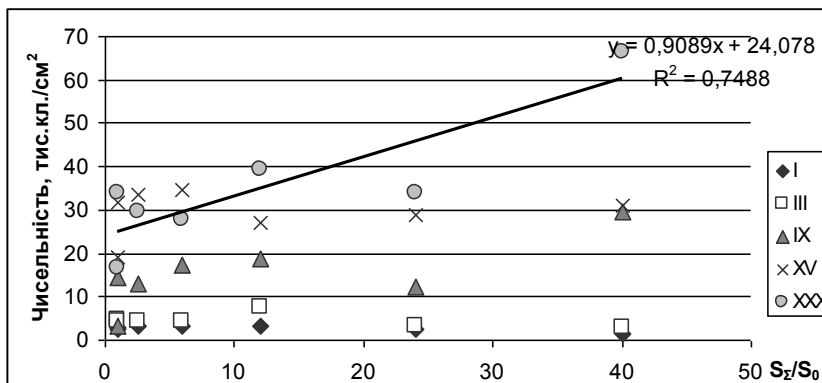


Рис. 2. Залежність чисельності мікроводоростей від коефіцієнта упаковки фізичної поверхні (S_{Σ}/S_0) в ході експерименту (I, III, IX, XV, XXX – доби).

ЧАСОВІ ЗМІНИ ФІТОПСАМОНУ

У розділі аналізується вплив факторів на фітопсамон в залежності від сезону року. Для цього використовувався багатовимірний аналіз відповідностей (ССА), в який увійшли 14 параметрів середовища та дані по чисельності 44 видів мікрофітів псамону, які зустрічались не менш, ніж в 3-5 пробах. Мінімальна чисельність мікроводоростей складала 200 кл. \cdot см $^{-2}$. Результати дослідження показані в ССА діаграмах (рис. 3, 4), де чинники середовища представлені стрілками, що показують значимість і напрям взаємодії з іншими факторами. Оскільки дані по чисельності мікроводоростей були розділені на холодноводний і тепловодний періоди, фактор температури не був включений в аналіз.

У холодноводний період найбільш важливими факторами в усіх місцеперебуваннях були гранулометричні коефіцієнти (модульний MDK та медіанний GRAN), вміст кремнію (Si), органічного азоту (DON) та мулистої фракції піску (SILTY) (рис. 3). Фітопсамон зони запліску знаходиться під впливом неорганічних речовин ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, DIP), токсичності (TOX) та гідродинаміки

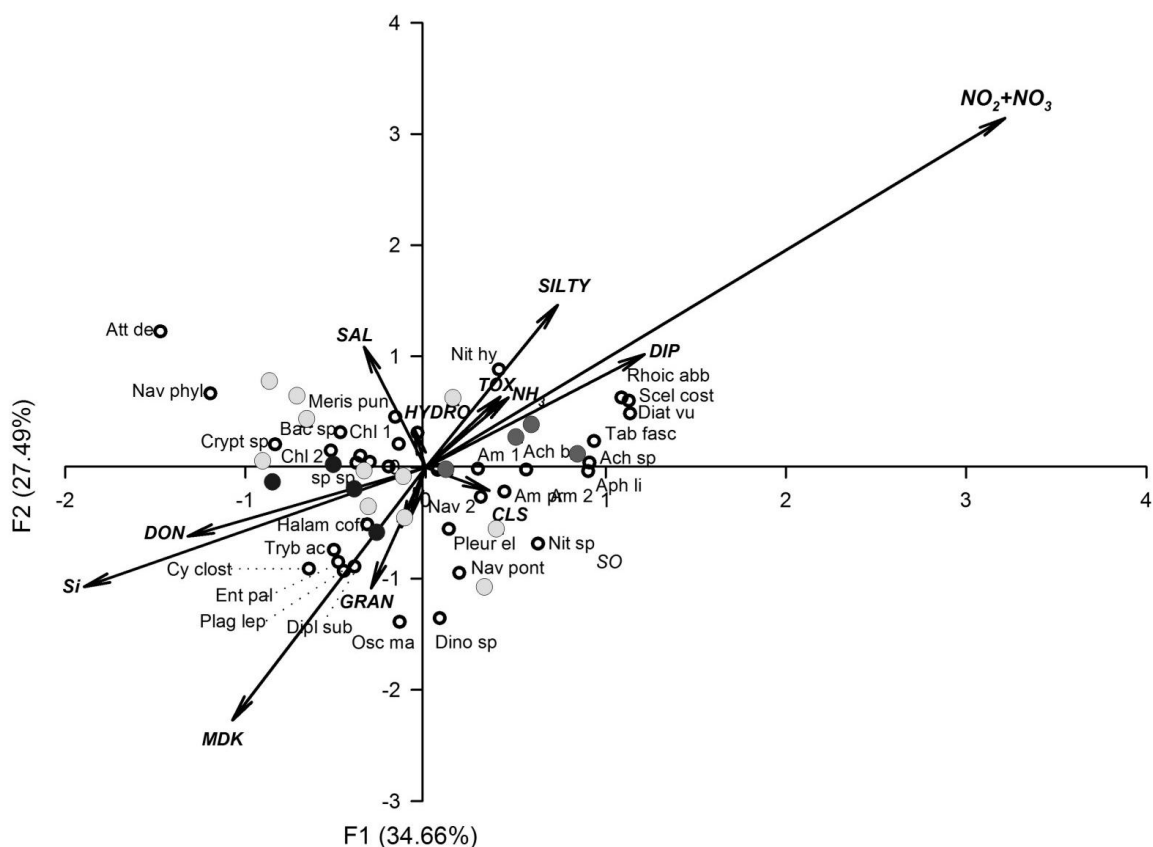


Рис. 4. Ординаційна діаграма, на основі ССА аналізу чисельності видів в тепловодний період. Значимість ефекту 14 факторів середовища перевірена тестом Монте-Карло (Monte-Carlo permutation test), $p < 0,028$. Довжина і напрям стрілок вказує на відносну значимість і напрям зміни факторів. Безбарвні кола – види, що розподіляються вздовж градієнта фактору, світлі кола – станції відбору проб в зоні заплиску, сірі – біля дренажних вод, темні – в тимчасових водоймах. Розшифровка абревіатур факторів у тексті.

Слід відзначити, що вектор токсичності в усі вивчені сезони є однонаправленим із фактором неорганічних речовин (оксидів азоту, амонію, фосфору), що, можливо, вказує на токсичний ефект саме цих речовин для гідробіонтів.

Таким чином, отримані результати показали, що гранулометричний склад ґрунту (MDK) та вміст кремнію (Si) не залежать від сезонності, є пріоритетними та значно впливають на фітопсамон. У теплий період, в умовах високої інтенсивності процесів, фактором, що визначає розподіл мікроводоростей псамону на узбережжі Одеської затоки, є вміст нітратів та нітритів, у холодний період – медіанний коефіцієнт, вміст мулистої фракції та органічного азоту.

У розділі також розглядається **оцінка відновлення угруповання фітопсамону в результаті рефулювання ґрунту**, що періодично проводиться з метою запобігання зсувних процесів у берегів Одеси. Пісок, який використовувався при засипці, характеризувався значно більш дрібними розмірами піщинок, ніж пісок, який був тут раніше. В результаті намиву розмір піщинок на пляжах Одеського узбережжя знизився в середньому на 53%. Діапазон значень MDK на цих станціях варіював наступним чином: в 2007 р. – 2,3-5,3, а в 2008 р. – 1,4-2,0 Mdk. Намив піску став причиною як загибелі гідробіонтів, вивезених з піском (взятому на Одеській банці), так і знищення мешканців піщаних пляжів узбережжя,

що опинилися засипаними. В результаті різко збільшився вміст біогенних і розчинених органічних речовин, що було ще одним фактором, який вплинув на зміни в угрупованні фітопсамону.

На ділянках узбережжя, де проводилася відсіпка ґрунту, чисельність мікроводоростей збільшилася в 1,5 рази, тоді як на контрольних станціях – зменшилася удвічі (таблиця 1). Спостерігалися зміни у таксономічному складі фітопсамону, а саме в 6 разів збільшилася чисельність та біомаса дінофітових та криптофітових водоростей. Отже ці відділи першими відреагували на зміни субстрату.

Таблиця 1.

**Зміна чисельності мікроводоростей псамону (10^3 кл.·см⁻²)
в результаті берегоукріплювальних робіт ($M \pm m$)**

Період спостереження	Район відсіпки піску	Контроль (без відсіпки піску)
До наміву піску (2007 р.)	$66,86 \pm 1,44$	$64,02 \pm 2,09$
Після наміву піску (2008 р.)	$99,09 \pm 1,14$	$35,38 \pm 2,12$

На основі кореляційного аналізу було виявлено, що різні групи мікроводоростей по-різному відреагували на зміну гранулометричного складу ґрунту (рис. 5). Чисельність міксотрофів (Dinophyta, Cryptophyta) і ціанобактерій має зворотний зв'язок з розмірами піщинок ($r = -0,6$ і $-0,4$ відповідно). Для інших відділів мікроводоростей (Bacillariophyta, Chlorophyta) характерна пряма кореляція ($r = 0,6$).

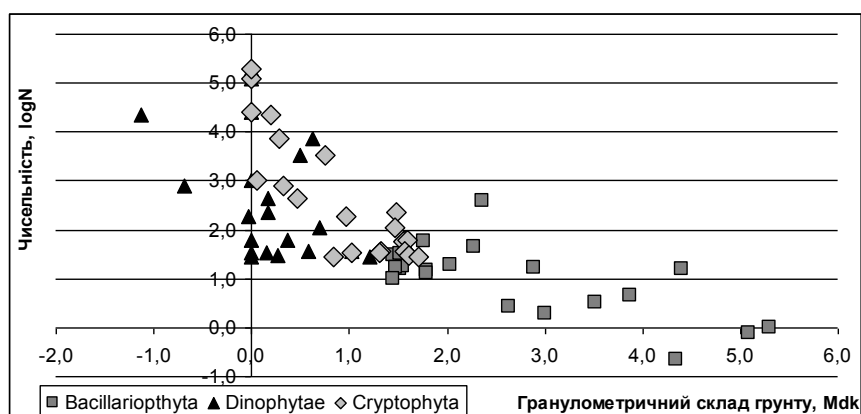


Рис. 5. Вплив гранулометричного складу ґрунту на мікроводорості.

Проаналізувавши рівень кількісних показників різних відділів мікрофітів на піщаних субстратах, було встановлено, що на пісках з розміром піщинок 0,50-1,00 та <0,25 мм спостерігається підвищення процентного вкладу дінофітових (14 %) та зелених (11 %). Для криптофітових водоростей спостерігається зростання процентної долі (до 28 %) із зменшенням розміру піщинок. Внесок діатомових водоростей варіює в середньому в межах 32-45 % на піщаному субстраті різної зернистості. Ціанопрокаріоти краще обростають піщинки розміром 0,50-1,00 та <0,25-1,00 мм.

Через 5 років після проведення наміву піску спостерігалось збільшення частки крупних піщинок пляжу, що говорить про відновлення гранулометрії до природного стану. Це відобразилось і на загальній чисельності мікрободоростей, а саме, середні значення цього показника на всіх вивчених станціях в 2007 і 2012 рр. практично не відрізнялись, тоді як в 2008 р., безпосередньо після робіт з відсіпання – різнилися у три рази (рис. 6).

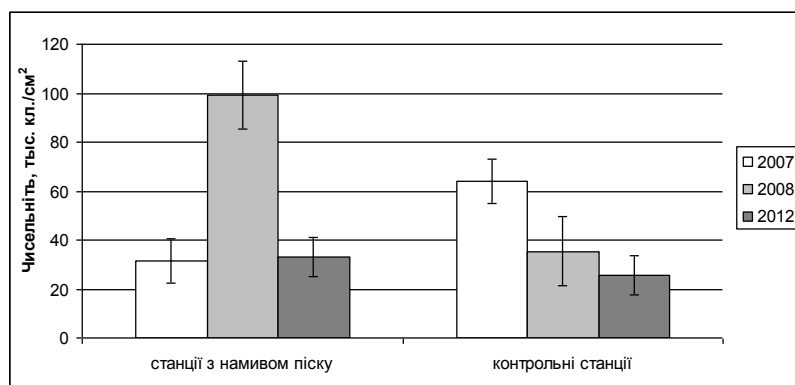


Рис. 6. Зміна чисельності мікрободоростей піщаних пляжів Одеської затоки з природним і штучно намитим субстратами.

З метою проведення верифікації даних лабораторного експерименту за результатами натурних досліджень були відібрані дані по чисельності мікрободоростей псамону за різні роки одного сезону. Для кожної проби було розраховано значення коефіцієнта упаковки фізичної поверхні (S_{Σ}/S_0) та спрогнозована чисельність мікрободоростей за модифікованою із рівняння на рис. 2 формулою: $y = 2,3 \cdot x + 60,2$ (табл. 2).

На підставі середніх даних чисельності мікрободоростей, отриманих на основі розрахунків ($N_{\text{ПРОГН}}$) та природних спостережень ($N_{\text{ФАКТ}}$), отримана тісна кореляція чисельності мікрободоростей фітопсамону з S_{Σ}/S_0 ($r = 0,8$), що співпадає з даними лабораторного експерименту. Таким чином, показана можливість прогнозування чисельності мікрободоростей псамону на основі значень розмірів піщинок субстрату з точністю до 80 %.

Таблиця 2

Розрахунки коефіцієнта упаковки фізичної поверхні (S_{Σ}/S_0), прогностичної ($N_{\text{ПРОГН}}$, тис. кл.·см⁻²) та фактичної ($N_{\text{ФАКТ}}$, тис. кл.·см⁻²) чисельності фітопсамону

Діаметр піщинок, мм	Середній діаметр, мм	S_{Σ}/S_0 , мм ⁻¹	$N_{\text{ПРОГН}}$	$N_{\text{ФАКТ}}$
< 0,25 (0,25-0,05)	0,15	40,00	151	133
0,25 – 0,50	0,25	16,00	119	130
0,50 – 1,00	0,75	8,00	96	119
1,00 – 2,00	1,35	4,44	72	55
2,00 – 3,00	2,35	2,55	-	-

Примітка: S_{Σ}/S_0 для скла дорівнює 1,00 мм⁻¹.

На підставі експериментальних та польових досліджень були розраховані моделі для прогнозування чисельності мікрободоростей, основних відділів, що характерні для псамону (табл. 3).

Прогностичні формули складу фітопсамону на узбережжі

Відділ	Формули	R ²
Bacillariophyta	$y = 0,0264 \cdot x^2 - 0,9 \cdot x + 20,2$	0,98
Dinophyta	$y = 0,2106 \cdot x - 0,5281$	0,95
Cryptophyta	$y = -0,0243 \cdot x^2 - 1,541 \cdot x - 6,5$	0,96
Cyanoprokaryota	$y = 0,25 \cdot x + 3,35$	0,82

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ФІТОПСАМОНУ

В розділі розглядаються особливості фітопсамону районів дослідження. Всього виявлено 100 таксонів мікроводоростей псамону, з яких 70 таксонів – для Одеської затоки, 50 таксонів для піщаних кос ПЗЧМ, 27 таксонів для острова Зміїний. Більшість видів представлено діатомовими водоростями: 48 таксонів – Одеська затока, 51 таксон – піщані коси, 12 – острів Зміїний. Серед інших мікрофітів псамону для Одеської затоки спостерігались: 9 видів – Cyanoprokaryota, 4 – Chlorophyta, 4 – Euglenophyta, 2 – Cryptophyta, 3 – Dinophyta. Для піщаних кос: 5 таксонів Cyanoprokaryota, 3 – Chlorophyta, 2 – Dinophyta.

Одеська затока. Більшість видів в Одеській затоці були характерними для м'яких субстратів: епіпелітні (39%) і епіпсамітні (27%). У фітопсамоні виявлені епіфітні види (10-20%).

Мікроводорості узбережжя Одеської затоки були представлені олігогалобами (40 %, 20 видів), мезогалобами (31 %, 15 видів), полігалобами (29 %, 14 видів). Серед олігогалобів 15 видів відносились до галофілів, 4 види до індиферентів, один вид – прісноводний.

По відношенню до ацидофільності представники фітопсамону були переважно алкаліфілами (95%, 38 видів). За географічним поширенням 63 % видів є широко поширеними (космополітами), 28 % – бореальними, по 4 % – широко-бореальні і бореально-тропічні.

По відношенню до сапробності переважали β-мезосапроби (52%, 18 видів), що характерно для слабого забруднення або завершення самоочищення. Крім того, були присутні олігосапроби (18%, 5 видів), α-мезосапроби (12%, 4 видів), мезо-, о-χ-, χ- і о-β-сапроби (по одному виду кожні).

В сезонній динаміці фітопсамону спостерігалось два піки – осінній та весняний. В усі місяці переважали діатомові водорості, найбільша чисельність припадала на листопад, березень. На другому місці за кількісними показниками знаходилися динофітові водорості, пік чисельності яких спостерігався у жовтні-грудні та квітні. У весняно-літній період переважали ціанобактерії.

На узбережжі Одеської затоки найбільш масово були представлені епіпелітні рухливі мікроводорості. Високої чисельності ця група досягала в районі виходу дренажних вод і тимчасових водоймах. Це пов'язано з високим ступенем замуленості в цих біотопах. Спалахи чисельності в районі дренажних вод в холодний період давали *Navicula cryptocephala* (10 млн. кл.·см⁻²), в теплий – *Diploneis subadvena* Hust. (2 млн. кл.·см⁻²). Важливу роль в угрупованні псамону всіх біотопів відігравали види *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et JC

Lewin (3-214 тис. кл.·см⁻²), *Entomoneis paludosa* (W. Sm.) Reimer (1-224 тис. кл.·см⁻²), *Pleurosigma elongatum* (W. Sm.) Van Heurk (2-84 тис. кл.·см⁻²), *Plagiotropis lepidoptera* (W.Greg.) Kuntze (11-19 тис. кл.·см⁻²).

На другому місці за чисельністю серед діатомових водоростей були епіпсамітні види, що прикріплялись або пересувались по поверхні піщинок. Основними з них є *Attheya decora* T. West (1-139 тис. кл.·см⁻²), *Halamphora coffeaeformis* (C.Agardh.) Levkov (1-114 тис. кл.·см⁻²), *Navicula pontica* (Mereschk.) A.Witkowski, Kulikovskiy, Nevrova et Lange-Bert. (3-110 тис. кл.·см⁻²), *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht. (5-51 тис. кл.·см⁻²), *Nitzschia hybrida* Grunow in Cleve et Grunow (1-45 тис. кл.·см⁻²).

Піщані коси. Фітопсамон найбільш представлений діатомовими водоростями. Максимальним числом видів на всіх досліджуваних територіях відрізнялися роди *Navicula*, *Amphora*, *Cocconeis*, *Nitzschia*. Роди *Petronis*, *Plagiotropis*, *Entomoneis*, *Fallacia*, *Rhopalodia* були представлені одиничними видами, але, при цьому, виступали серед домінуючих і субдомінуючих представників в угрупованні. У фітопсамоні масово розвивались такі види: *Halamphora salinicola* Levkov et Díaz, *Navicula parapontica* A.Witkowski, Kulikovskiy, Nevrova et Lange-Bert., *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grunow, *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht., *Hippodonta* cf. *hungarica* (Grunow) Lange-Bert., Metzeltin et A.Witkowski, *Halamphora coffeaeformis* (C.Agardh.) Levkov, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) Grunow, *Anorthoneis hummii* Hust. До тих, що рідко зустрічаються віднесені *Astartiella bahusiensis* (Grun.) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin, *Delphineis minutissima* (Hust.), *Caloneis liber* (W. Sm.) Cleve, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*.

Чисельність фітопсамону на Будацькій косі варіювала від 3 тис. до 12 млн. кл.·см⁻²; на Кінбурнській косі становила 780-6330 тис. кл.·см⁻²; на Кароліно-Бугазькій косі – 140-460 тис. кл.·см⁻².

У районі Будацької та Кінбурнської кіс масово розвивалися такі види діатомових водоростей: *C. placentula* var. *euglypta* (до 3,8 млн. кл.·см⁻²), *H. salinicola* (до 3,6 млн. кл.·см⁻²), *N. frustulum* (до 1,8 млн. кл.·см⁻²), *H. coffeaeformis* (до 1,2 млн. кл.·см⁻²). На Кароліно-Бугазькій косі переважала *N. parapontica* (240 тис. кл.·см⁻²).

Біологічне різноманіття було найвищим на Кінбурнській косі в зоні запліску (індекс Сімпсона 0,9, індекс Шеннона 2,4), що цілком ймовірно, адже вона представляє собою природно заповідну територію (РЛП «Кінбурнська коса»). Найбільше антропогенний вплив проявляється на Кароліно-Бугазькій косі, що відображається на порівняно невисокому видовому різноманітті (табл. 4).

Таблиця 4

Індекси видового різноманіття Сімпсона (λ) та Шеннона (H) на піщаних косах

Район досліджень	Гідропсамон		Гігропсамон		Еупсамон	
	λ	H	λ	H	λ	H
Кароліно-Бугазька коса	0,7	1,5	0,5	1,1	-	-
Будацька коса	0,8	2,0	0,8	2,2	0,6	1,4
Кінбурнська коса	0,9	2,4	0,7	1,6	0,7	1,8

Острів Зміїний. Найбільш масово розвивалися діатомові водорості і ціанопрокаріоти, внесок яких у загальну чисельність змінювався в залежності від сезону: спостерігалися весняний спалах чисельності діатомових (68% від загальної чисельності мікроводоростей), і осінній – ціанопрокаріот (68%).

Дослідженим станціям в районі острова Зміїний був характерний крупнозернистий пісок (середні розміри піщинок 1-2 мм), з домішкою гальки і черепашок. Такий гранулометричний склад ґрунту пояснює порівняно невисоку чисельність мікроводоростей: навесні – 14-15 тис. кл.·см⁻², восени 26-33 тис. кл.·см⁻² в порівнянні з фітопсамоном в інших районах ПЗЧМ.

НОВІ ВИДИ МІКРОВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У розділі наводиться інформація про 9 нових для району дослідження видів мікроводоростей. На підставі аналізу літературних даних по таксономічному складу діатомових водоростей Чорного моря в районі досліджень вперше для Чорного моря знайдено вид *Attheya decora* West. Виявлено 5 нових для ПЗЧМ видів (*Halamphora salinicola* Levkov et Diaz, *Diploneis stroemii* Hust., *Navicula viminoides* var. *cosmotarina* Lange-Bert., A.Witkowski, Bogaczewicz-Adamczak & Zgrundo, *Navicula phylleptosoma* Lange-Bert., *Opephora minuta* (A.Cleve) A.Witkowski) і 1 вид (*Nitzschia paleacea* Grunow), раніше не виявлений у флорі діатомових водоростей Будацького лиману.

В результаті вивчення розподілу *A. decora* в різних біотопах Одеської затоки відзначено, що найбільш масово цей вид представлений в поверхневому шарі піску в зоні запліску. Живі клітини *A. decora* виявлені також в інтерстиціальних просторах в товщі піску на глибині 0,5-0,6 м. Розміри клітин тут відповідали наступним значенням: середня ширина клітин – 24,8 мкм; діаметр – 20,6 мкм; довжина рогів – 11,5 мкм. Розподіл цього виду пов'язаний із гранулометричним складом ґрунту, найвищі кількісні показники спостерігались при гранулометрії піску 1,6 Mdk (чисельність 522 тис. кл.·см⁻²; біомаса 719 · 10⁻³ мг·см⁻²). Середнє значення чисельності навесні становила 6 тис. кл.·см⁻², восени – 186 тис. кл.·см⁻².

Бентосні вільноживучі флагеляти піщаного узбережжя Одеської затоки були представлені невеликими (10-60 мкм) рухливими мікроводоростями з наявністю джгутиків (1-4). Серед них зустрічаються організми як з хлоропластами, так і без них.

В результаті досліджень в псамоні було виявлено 7 видів вільноживучих флагелят, з яких 2 види – представники Dinophyta (*Amphidinium*, *Katodinium*), 1 – Cryptophyta (*Rhodomonas*), 4 – Euglenophyta (*Anisonema*, *Dinema*, *Heteronema*, *Ploeotia*). Всі види є типово бентосними. Чисельність флагелят в тимчасових водоймах була найвищою та змінювалася в діапазоні 14 – 1656 тис. кл.·см⁻². На інших станціях у зоні запліску чисельність досягала 1 – 138 тис. кл.·см⁻²; біля виходу дренажних вод – 19 – 708 тис. кл.·см⁻².

Вільноживучі флагеляти відіграють важливу роль в псамофільних угрупованнях узбережжя Одеської затоки. Їхній внесок у порівнянні з діатомовими, зеленими водоростями, ціанопрокаріотами становив від 1 до 75% в холодний період року та від 1 до 50% в теплий період. Найбільш різноманітною групою флагелят є

представники відділу Euglenophyta, серед яких виділено два нових для ПЗЧМ види: *Dinema validum* Larsen et Patterson і *Heteronema larseni* Lee et Patterson.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведені теоретичні узагальнення та експериментальне вирішення наукового завдання щодо видового різноманіття, закономірностей розподілу мікроводоростей фітопсамону у просторі та часі з метою прогностичної оцінки їх чисельності в умовах супраліторалі ПЗЧМ.

1. В угрупованні фітопсамону північно-західної частини Чорного моря виявлено 100 видів (включаючи внутрішньовидові таксони) мікрофітів, з яких 78 представлені відділом Bacillariophyta, 4 види – Chlorophyta, 4 види – Euglenophyta, 2 види – Cryptophyta, 3 види – Dinophyta, 9 видів – Cyanoprokaryota.
2. Вперше для Чорного моря вказується вид *Attheya decora* T. West. Для північно-західної частини Чорного моря виявлено 5 нових видів діатомових *Halamphora salinicola* Levkov et Díaz, *Diploneis stroemii* Hust., *Navicula viminoides* var. *cosmomarina* Lange-Bert., A.Witkowski, Bogaczewicz-Adamczak & Zgrundo, *Navicula phylleptosoma* Lange-Bert., *Ophephora minuta* (A.Cleve) A.Witkowski та 2 види Euglenophyta (*Dinema validum* Larsen et Patterson і *Heteronema larseni* Lee et Patterson).
3. Основу біологічного різноманіття формували діатомові водорості: у фітопсамоні Одеської затоки було виявлено – 48 видів, на піщаних косах – 51 вид, серед яких 10% було сформовано рідкими та новими видами. Найбільшої чисельності діатомові водорості досягали у тимчасових водоймах Одеської затоки (до 73 млн. кл.·см⁻²), та в зоні запліску на відстані 1-2 м від урізу води на косах (12 млн. кл.·см⁻²).
4. За еколого-біологічною характеристикою в структурі фітопсамону переважали види, що розвиваються на м'яких субстратах: епіпелітні (40 %) і епіпсамітні (40 %). Інші види відносилися до перифітонних (10-20 %) та планктонних (8 %).
5. Вперше в Одеській затоці вивчена група бентосних вільноживучих флагелат, серед яких виявлено 10 видів – мешканців морських пісків. Найбільшої чисельності (1,7 млн. кл.·см⁻²) вони досягали у тимчасових водоймах в осінньо-зимовий період, де займали друге за значимістю (після діатомових) місце в псамофільному угрупованні.
6. Штучний намив піску на пляжах призвів до збільшення у складі угруповання фітопсамону динофітових та криптофітових водоростей в 6 разів. Для даних відділів водоростей оптимальним середовищем був субстрат із розміром піщинок 1,4-2,0 Mdk.
7. До пріоритетних факторів піщаної супраліторалі відносяться гранулометричний склад ґрунту (MDK) і вміст кремнію, вплив яких на мікроводорості не залежать від сезону року. У тепловодний період, при високій інтенсивності процесів, формування угруповання фітопсамону обумовлюється вмістом мінерального азоту (нітрати та нітрити). У холодноводний період вирішальну роль відіграють медіанний коефіцієнт, мулиста фракція ґрунту, органічний азот.

8. Залежність чисельності мікрофітів від розміру піщинок описується формулою $y=2,3 \cdot x + 60,2$, де x – коефіцієнт упаковки фізичної поверхні (S_z/S_0). Для основних відділів фітопсамону (діатомових, динофітових, криптофітових водоростей та ціанопрокаріот) отримані коефіцієнти прогностичних рівнянь, що дозволяють розраховувати їх чисельність в умовах різного гранулометричного складу ґрунту.

Список основних наукових праць, опублікованих за темою дисертації:

1. Снигирев С. М. Комплексные ресурсно-экологические исследования в контексте задач управления живыми ресурсами бассейна Азовского моря / С. М. Снигирев, А. А. Снигирева // Интегрированное управление ресурсами и безопасностью в бассейне Азовского моря: монография. – Одесса ИПРЭЭ НАН Украины, 2010. – С. 33-59. (*Особистий внесок: літературний огляд та аналіз матеріалу, підготовка глави до друку*).
2. Тарасенко (Снигирева) А. А. Особенности экологии и распределения диатомовой водоросли *Attheya decora* West, 1860 в Одесском заливе (Черное море) / А. А. Тарасенко, Л. М. Теренько // Вісник Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. – Т. 13, № 14. – Біологія. – 2008. – С. 111-117. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, підготовка статті до друку*).
3. Снигирева А. А. Влияние берегоукрепительных работ на микрофлору побережья Одесского залива (Черное море) / А. А. Снигирева, Б. Г. Александров // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2010. – № 3 (44). – С. 253-256. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, аналіз матеріалу, підготовка статті до друку*).
4. Snigirova A. Benthic microalgae under the influence of beach nourishment in the Gulf of Odessa (the Black Sea) / A. Snigirova // Botanica Lithuanica. – 2013. – 19 (2). – P. 120–128, ISSN 2029-932X, DOI: 10.2478/botlit-2013-0015.
5. Снигирева А. А. Бентосные свободноживущие флагелляты песчаного побережья Одесского залива / А. А. Снигирева, Л. М. Теренько, Г. В. Теренько // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. № 1100. Сер. Біологія. Вип. 20. – 2014. – С. 174-179. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, аналіз матеріалу, підготовка статті до друку*).
6. Snigireva A. A. Diatom algae of sandy spits of the northwestern part of the Black Sea (Ukraine) / A. A. Snigireva, G. V. Kovaleva // International Journal on Algae. – 2015. – 17 (2). – P. 107-130. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, підготовка статті до друку*).
7. Пат. № 91601 на корисну модель «Субстрат для вивчення впливу гранулометричного складу піску на розвиток гідробіонтів» / Александров Б. Г., Снігірєва А. О.; Власник Одеський філіал Інституту Біології південних морів. Номер заявки u2014 01284; Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.07.2014. (*Особистий внесок: виготовлення експериментальних пластин*).

8. Ковтун О. О. Методичні рекомендації з вивчення фітомікробентосу та фітоперифітону / О. О. Ковтун, А. О. Снігірєва, О. П. Білоус. – Одеса, 2012. – 36 с. (*Особистий внесок: підготовка розділу з мікрофітобентосу, виготовлення постійних препаратів, підходи до аналізу даних*).
9. Snigirova A. A. Patterns of sand fractions influence on microalgae of the marine coast / A. A. Snigirova, B. G. Aleksandrov // Scientific journal “Science Rise”. – 2015. – vol. 4/1 (9). – P. 20-26. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.41503. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, аналіз матеріалу, підготовка статті до друку*).
10. Снігірєва А. А. Новый подход в исследовании микроводорослей песчаной супралиторали / А. А. Снігірєва, Б. Г. Александров // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 435-439. (*Особистий внесок: постановка лабораторного експерименту з вивчення впливу гранулометричного складу піску на микроводорості, підготовка статті до друку*).
11. Снігірєва А. А. Влияние берегоукрепительных работ на изменение таксономического состава микроводорослей / А. А. Снігірєва, Г. В. Ковалева // Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: сборник статей / гл. ред. акад. Г.Г. Матишов, акад. В.А. Иванов. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. – С. 176-188. – ISBN 978-5-4358-0046-3. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону, підготовка статті до друку*).
12. Александров Б. Г. К проблеме изучения микроводорослей песчаной супралиторали / Б. Г. Александров, А. А. Тарасенко (Снігірєва) // Матеріали XII з'їзду українського ботанічного товариства (15-18 травня 2006 г., Одеса). – Одеса, 2006. – С. 186. (*Особистий внесок: збір та обробка проб фітопсамону*).
13. Tarasenko (Snigirova) A. A. Preliminary data about structural and functional organization of some communities of diatom algae/ A. A. Tarasenko (Snigirova) // 19th International Diatom Symposium, 28 august – 3 September 2006, Listvianka, Russia. – p. 149. (*Особистий внесок: експериментальні дослідження*).
14. Tarasenko (Snigirova) A. Dependence of psammon microalgae on some physical factors of environment / A. Tarasenko (Snigirova), B. G. Alexandrov // In: Biodiversity and Functioning of Aquatic Ecosystems in the Baltic Sea Region, 2nd Regional Student Conference (Klaipeda, Lithuania October 7-8, 2006). – Klaipeda, 2006. – P. 44-45. (*Особистий внесок: проведення багатофакторного експерименту*).
15. Тарасенко (Снігірєва) А. А. Влияние физико-химических факторов на количественные характеристики микроводорослей песчаных пляжей г. Одессы / А. А. Тарасенко (Снігірєва), Б. Г. Александров // Современные проблемы альгологии: Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии (9-13 июня 2008 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 347-350. (*Особистий внесок: експериментальні дослідження*).
16. Снігірєва А. А. Влияние гранулометрического состава грунта на формирование микрофитобентоса / А. А. Снігірєва, Б. Г. Александров // Матеріали третьей

Международной научной конференции "Современные проблемы гидробиологии. Перспективы. Пути и методы решений." (17-19 мая 2012 г.). – Херсон, 2012. – С. 121-124. (*Особистий внесок: експериментальні дослідження з впливу гранулометрії на мікробіодорості*).

17. Снигирева А. А. Предварительные результаты исследований микрофлоры песчаных кос северо-западной части Черного моря (Украина) / А. А. Снигирева // Тезисы докладов IV Международной конференции "Актуальные проблемы современной альгологии" (23-25 мая 2012 г.). – Киев, 2012. – С. 275.
18. Snigirova A. A. Algae of sand substrates in North-Western Part of the Black Sea Coast // 4th Black Sea Scientific Conference «Black Sea – Challenges Towards Good Environmental Status». – 2013. – P. 108-109.
19. Snigirova A. A. Diatom algae of the Regional Landscape park "Kinburnskaya sandspit" (the Black Sea) / A. A. Snigirova // Delta and wetlands (book of abstracts) (Ed. L. Török). Tulcea, 2014. – Vol. 2. – P. 16.

Анотація

Снігірєва А. О. Особливості формування угруповання фітопсамону північно-західної частини Чорного моря. – На правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальності 03.00.17 – гідробіологія. Інститут морської біології НАН України, Одеса, 2015.

Дисертація присвячена вивченню особливостей формування угруповання фітопсамону північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ). З 14 вивчених факторів середовища основними, що впливають на фітопсаммон в будь-який час року, є гранулометричний склад піску і кремній. У тепловодний період вирішальну роль відіграє вміст нітратів та нітритів, в холодноводний – медіанний коефіцієнт, мулиста фракція ґрунту, органічний азот. На основі експериментальних та натурних даних встановлено залежності, які дозволяють прогнозувати (з імовірністю до 80%) загальну чисельність та внесок окремих відділів мікробіодоростей в умовах змін гранулометричного складу піску.

Вивчено характер розподілу чисельності та біомаси мікробіодоростей в трьох біотопах на узбережжі Одеської затоки і піщаних кос ПЗЧМ. У фітопсамоні ПЗЧМ виявлено 100 таксонів мікробіодоростей, з яких 8 видів – нових для регіону, 1 вид – для Чорного моря. Дана їх еколого-біологічна характеристика.

Ключові слова: фітопсамон, фактори середовища, гранулометрія, біогенні елементи, псамоконтур, прогностичні моделі, Чорне море.

Аннотация

Снигирева А.А. Особенности формирования сообщества фитопсаммона северо-западной части Черного моря. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.17. – гидробиология. Институт морской биологии НАН Украины, Одесса, 2015.

Диссертация посвящена изучению особенностей формирования сообщества фитопсаммона северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). Из 14 изученных факторов среды основными, влияющими на фитопсаммон в любое время года, являются гранулометрический состав песка и содержание кремния. В тепловодный

период решающую роль играет содержание нитратов и нитритов, в холодноводный – медианный коэффициент, илистая фракция песка, органический азот. На основании экспериментальных и полевых данных установлены зависимости, которые позволяют прогнозировать (с вероятностью до 80 %) общую численность и вклад основных отделов микроводорослей в условиях изменяющегося гранулометрического состава песка.

Изучен характер распределения численности и биомассы микроводорослей в трех биотопах на побережье Одесского залива и песчаных кос СЗЧМ. В фитопсаммоне СЗЧМ обнаружено 100 таксонов микроводорослей, из которых 8 видов – новых для региона, 1 вид – для Черного моря. Дана их эколого-биологическая характеристика.

Ключевые слова: фитопсаммон, факторы среды, гранулометрия, биогенные элементы, псаммоконтур, прогностические модели, Черное море.

Abstract

Snigirova A. A. Peculiarities of phytopsammic community formation in the north-western part of the Black Sea. – Manuscript. Thesis for the degree of candidate of biological sciences on specialty 03.00.17. – hydrobiology. Institute of Marine Biology of National Academy of Sciences of Ukraine, Odessa, 2015.

The thesis is devoted to peculiarities of formation of phytopsammic community of the north-western part of the Black Sea (NWBS). Among 14 investigated parameters, granulometric composition of sand and silicon are the main environmental factors affecting phytopsammon at any time of the year. During the warm period the content of mineral nitrogen plays the decisive role, whereas during the cold period the median coefficient, silty fraction of sand and organic nitrogen do. Gradation of sand (Mdk) showed the best result among the studied granulometric coefficients.

During the course of laboratory experiment, which was conducted using specially designed plates (utility model) coated with silicone adhesive grains of different sizes, the effect of particle size on microalgae was studied. It is shown that on the 9th day of the experiment the grains with smaller diameter particles (<0,25 0,25-0,50 mm) have a greater abundance of microalgae than the particles with larger diameter (1-2; 2-3 mm). The experimental data allow to predict (with a probability of 80%), the number of microalgae in a changing particle size distribution of the sand.

The character of microalgae abundance and biomass distribution in three habitats on the Gulf of Odessa coast and sand spits of NWBS has been studied. The basis of the community throughout the year was formed by diatoms. The two outbreaks of diatoms` abundance were observed: in autumn (November) and spring (March). Dinoflagellates were on the second place, their abundance rise was observed in October-December and April. In spring and summer period cyanoprokaryota made an important component of the community.

In phytopsammon of the NWBS 100 taxa of algae were found, of which 8 species were new for the region and one species new for the Black Sea. Their ecological and biological characteristics were given.

Key words: phytopsammon, environmental factors, granulometry, nutrients, psammolittoral, prognostic patterns, the Black Sea.

Підписано до друку 10.08.2015. Формат 90x60/16.
Друк різнограф. Папір офсетний. Гарнітура "Times New Roman"

Об'єм 0,9 умов. друк. арк.

Зам. № _____ Наклад 100 прим.

Надруковано ЧП «Майн-Рейн-Круїз»
м. Одеса, вул. Віце-Адмірала Жукова, 3/7
Тел. (0482) 375-235