

УДК 582.275.39 (262.5); 574.587

КП 70.03.07

№ держреєстрації 0119U103549

Інв. №

Міністерство енергетики та захисту довкілля України
НДУ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ»
(УкрНЦЕМ)

65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89. тел. (0482) 63 66 22, факс (0482) 637322
e-mail: accem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук, старш. наук.
співроб.



В. М. Коморін

2020 року

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ
ТА РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ОХОРОНЮВАНИХ МОРСЬКИХ АКВАТОРІЙ
ТА ПРИМОРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Розділ 1: Оцінка та діагноз стану ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова»

Науковий керівник

директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

В. М. Коморін

2019

Рукопис закінчено 16 грудня 2019 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол № 1 від 23 січня 2020 року

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР директор УкрНЦЕМ, канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.	 (підпис) «16» 12 2019	В. М. Коморін (вступ; висновки; загальна редакція)
Наук. співроб. сектору гідробіологічних досліджень	 (підпис) «16» 12 2019	О. Г. Качалов (розділ 4; висновки)
Завідувач лабораторії хіміко-аналітичних досліджень відділу аналітичних досліджень та організації моніторингу	 (підпис) «16» грудня 2019	Ю. В. Олейник (розділи 1, 2; висновки)
Наук. співроб. сектору біологічних методів оцінки якості морських вод відділу наукових досліджень та охорони морських біоценозів	 (підпис) «16» 12 2019	О. В. Рачинська (розділ 6; висновки)
Наук. співроб. відділу геоінформаційного аналізу морського інформаційно- аналітичного центру	 (підпис) «16» 12 2019	О. О. Семенова (розділ 3; висновки)
Завідувач сектору охорони морських біоценозів відділу наукових досліджень та охорони морських біоценозів	 (підпис) «16» 12 2019	І. П. Трет'як (розділ 5; висновки)
Наук. співроб. відділу аналізу морських екосистем та антропогенного навантаження, канд. біол. наук	 (підпис) «16» грудня 2019	Т. О. Чужекова (розділ 4; висновки)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 58 с., 22 табл., 18 рис., 18 інф. джерел.

ОЦІНКА СТАНУ ДОННИХ БІОЦЕНОЗІВ БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА «ФІЛОФОРНЕ ПОЛЕ ЗЕРНОВА».

Необхідність та актуальність проведення НДР обумовлена проведенням систематичних спостережень за станом природних комплексів та об'єктів на акваторії заказника з метою розробки наукових засад збереження біологічного різноманіття цієї акваторії, а також заходів щодо відновлення та невиснажливого використання природних ресурсів району Філофорного поля Зернова (ФПЗ).

Метою НДР є оцінка сучасного стану та динаміки змін донних біоценозів ФПЗ.

Об'єктами дослідження є морське середовище, донні відкладення та бентосні оселища ботанічного заказника.

Предметом дослідження є показники стану морської води, донних відкладень та угруповань донних рослин та тварин ФПЗ.

Методом дослідження є системний підхід.

Для досягнення мети вирішені наступні завдання:

- оцінка стану морської води в районі ФПЗ за вмістом забруднюючих речовин;
- оцінка стану донних відкладень ФПЗ за вмістом забруднюючих речовин;
- оцінка стану донних біоценозів ботанічного заказника.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК.....	6
ВСТУП.....	8
1 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РАЙОНІ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА.....	9
1.1 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом токсичних металів.....	10
1.2 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом хлорорганічних пестицидів.....	11
1.3 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом поліхлорованих біфенілів.....	12
1.4 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом поліароматичних вуглеводнів.....	13
2 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РАЙОНІ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА.....	17
2.1 Токсичні метали в донних відкладеннях.....	18
2.2 Хлорорганічні пестициди в донних відкладеннях.....	19
2.3 Поліхлоровані біфеніли в донних відкладеннях.....	20
2.4 Поліароматичні вуглеводні в донних відкладеннях.....	21
3 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКОЇ ВОДИ РАЙОНУ ПОЛЯ ЗЕРНОВА МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ.....	24
3.1 Методика використання одноклітинних водоростей в біотестуванні.....	24
3.2 Аналіз екологічного стану морського середовища району.....	26
4 БІОРІЗНОМАНІТТЯ, ЧИСЕЛЬНІСТЬ ТА БІОМАСА МАКРОЗООБЕНТОСУ.....	30

5	ОЦІНКА СТАНУ МАКРОФІТОБЕНТОСУ ПОЛЯ ЗЕРНОВА.....	35
5.1	Сучасне біорізноманіття макрофітів району заказника.....	35
5.2	Оцінка екологічного статус-класу Поля за морфофункціональними показниками фітобентосу.....	37
6	ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА «ФІЛОФОРНЕ ПОЛЕ ЗЕРНОВА» ЗА СТАНОМ МІКРОФІТОБЕНТОСУ	42
	ВИСНОВКИ.....	53
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ГДК – гранично допустимі концентрації

ДДД – діхлордіфенілдіхлоретан

ДДЕ – діхлордіфенілдіхлоретілен

ДДТ – п,п-діхлордіфенілтрихлоретан

ЕДТА – етилендіамінтетраоцтова кислота

ЕН – екологічний норматив

ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні

ПХБ – полі хлоровані біфеніли

ПЗЧМ – північно західна частина моря

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря

ФПЗ – Філофорне поле Зернова

ХОП – хлорорганічні пестициди

ТМ – токсичні метали

Кз – коефіцієнт забруднення

Al – алюміній

Ar-1254 – стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-16 по ПХБ-65

Ar-1260 – стандартна суміш індивідуальних ПХБ з ПХБ-28 по ПХБ-73

As – миш'як

BaA/228 – геохімічний маркер: співвідношення концентрації бензо(а)антрацену до суми концентрацій сполук з молекулярною масою 228

Cd – кадмій

Co – кобальт

Cr – хром

Cu – мідь

EEI – індекс екологічної оцінки (Ecological Evaluation Index)

ESC – екологічні статус-класи (Ecological Status Class)

MAC-EQS – гранично допустимій концентрації екологічного стандарту якості відповідно директиві ЄС 2013/39/EU (maximum allowable concentration – ecological quality standard)

Fe – залізо

Fl/(Fl+Py) – геохімічний маркер: співвідношення концентрації флуорантена до суми концентрацій флуорантену та пірену

Ph/An – відношення фенатрену до антрацену

(Py+Flu)/(Chr+Ph) – відношення суми пірену та флуорантену до суми хризену та фенантрени

(An/178) – відношення антрацену до суми сполук з молекулярною масою 178

Flu/(Flu+Py) – відношення флуорантену до суми флуорантену та пірену

Hg – ртуть

SI_{ph} – індекс поверхні фітоценозу (Phytosenouces Surface Index)

S/W_{3Dp} – індекс екологічної активності трьох домінантів

S/W_p – індекс питомої поверхні популяції

S/W_x – індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей

S_{sp} – процентне співвідношення чутливих видів макрофітів до загальної кількості видів макрофітів

WFD – Водно рамкова директива 2000/60/ЄС (Water Framework Directive)

Mn – марганець

Ni – нікель

Pb – свинець

Zn – цинк

α-HCH – α гексахлорциклогексан

β-HCH – β гексахлорциклогексан

Σ ДДТ – сума п,п-діхлордіфенілтрихлоретану та його метаболітів

Σ Циклодієнових – сума алдріну, ділдріну та ендріну

ΣHCH – сума ліндану та його ізомерів

Σ ПАВ – сума концентрацій поліароматичних вуглеводнів

B(a)P_{eq} – бензо(а)піреновий еквівалент

ВСТУП

Філофорне поле Зернова (ФПЗ) є унікальним оселищем на північно-західному шельфі Чорного моря (ПЗЧМ) і індикатором стану його екосистеми.

ПЗЧМ включає територію площею 20 000 км² з невеликими глибинами від 30 м до 60 м. Донні відкладення (або ґрунти), серед яких домінують черепашники, замулені черепашники, черепашникові мули і мінімальна річна варіабельність температури (від 6 ° С до 10° С) створюють умови для інтенсивного розвитку гідробіонтів. Органічна речовина, що надходить зі стоком річок, осідає на морському дні, що діє як поглинач. Крім біогенних речовин ґрунти мають властивість накопичувати забруднюючі речовини.

Для акваторії ФПЗ, як і для будь-якого іншого водного об'єкту характерні два основних біотопи: вода, і відповідно, пов'язані з нею планктонні організми і ґрунт – донні або бентосні види. Стан бентосу залежить в першу чергу від гранулометричного складу ґрунту, вмісту в ньому конкретних для різних груп організмів харчових частинок (а не просто абстрактної «органіки»), глибини, швидкості течії, ступеня віддаленості від берега, наявності заростей макрофітів і маси інших факторів, серед яких якість води, як правило, не відноситься до головних.

Комплекс бентосних видів району ФПЗ, в якому провідна роль належить видам з бореальними коренями, сформувався приблизно 2800 років тому [1].

Проведенням систематичних спостережень за станом, в тому числі бентосних угруповань на акваторії заказника здійснюється з метою розробки наукових засад збереження біологічного різноманіття цієї акваторії [2].

Метою НДР є оцінка сучасного стану та динаміки змін донних біоценозів ФПЗ.

Для досягнення мети вирішені наступні завдання:

- оцінка стану морської води в районі ФПЗ за вмістом забруднюючих речовин;
- оцінка стану донних відкладень ФПЗ за вмістом забруднюючих речовин;
- оцінка стану донних біоценозів ботанічного заказника.

Об'єктами дослідження є морське середовище, донні відкладення та бентосні оселища ботанічного заказника.

Предметом дослідження є показники стану морської води, донних відкладень та угруповань донних рослин та тварин ФПЗ.

Методом дослідження є системний підхід.

1 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РАЙОНІ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА

Стан морської води оцінювався за такими забруднюючими речовинами як: токсичні метали (ТМ), хлорорганічні пестициди (ХОП), поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та поліароматичні вуглеводні (ПАВ). В процесі оцінки розглядався 2019 рік.

Для оцінки використовувався коефіцієнт забруднення (Кз).

Кз відображає концентрацію всіх забруднюючих речовин одного типу в окремий проміжок часу в заданому районі. Цей коефіцієнт винаходиться як сума відношень концентрації кожної забруднюючої сполуки до її гранично допустимій концентрації відповідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS), або гранично допустимій концентрації відповідно українського законодавства (ГДК), або екологічного нормативу (ЕН) віднесена до кількості вимірювань проведених в заданий проміжок часу. Точність відображення стану району за допомогою коефіцієнта залежить від кількості станцій моніторингу в досліджуваному районі та кількості спостережень за питомих проміжок часу.

Екологічний стан морської води за допомогою Кз оцінюється:

– Відменний коли Кз менше 0,5;	
– Добрий коли Кз від 0,5 до 1,0;	
– Задовільний коли Кз від 1,0 до 2,5;	
– Поганий коли Кз від 2,5 до 5,0;	
– Дуже поганий коли Кз більше 5,0.	

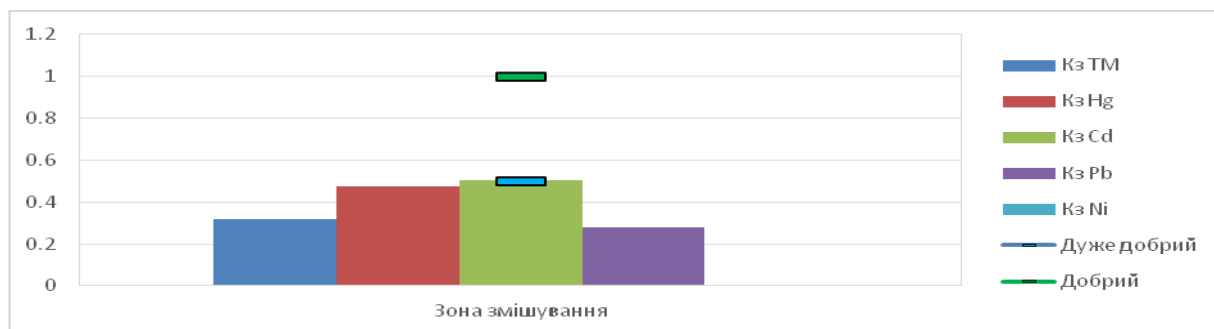
1.1 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом токсичних металів.

В таблиці 1.1 та на рисунку 1.1 наведені значення Кз для ртуті (Hg), кадмію (Cd), свинцю (Pb), нікелю (Ni) та середній Кз для ТМ в поверхневому та придонному шарі води за даними 2019 року. Оцінка екологічного стану проводилась згідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS).

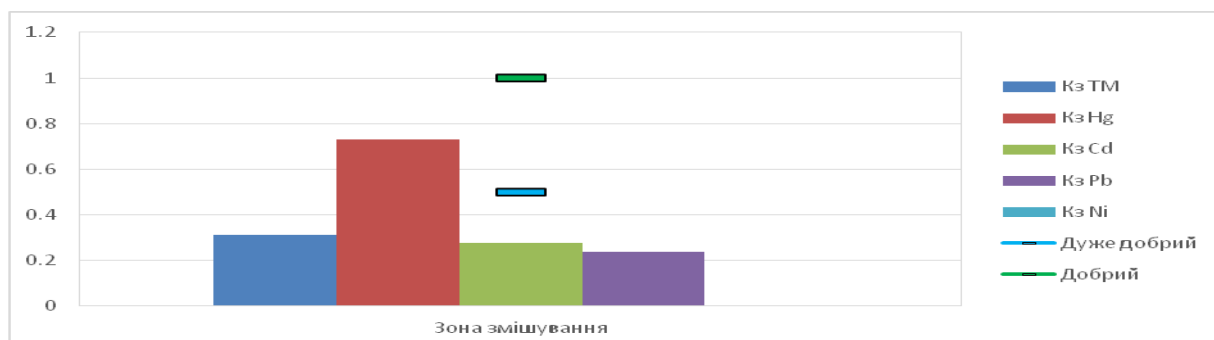
Таблиця 1.1 – Кз ТМ морської води у 2019 році.

Шар води	Кз ТМ	Кз Hg	Кз Cd	Кз Pb	Кз Ni
поверхневий	0.32	0.476	0.504	0.281	0
придонний	0.31	0.729	0.275	0.236	0

Із таблиці 1.1 та рисунку 1.1 видно, що Кз ТМ відповідають відмінному та доброму екологічному стану; підвищених концентрації металів не зафіксовано.



а) Кз ТМ поверхневого шару води



б) Кз ТМ придонного шару води

Рисунок 1.1 – Кз ТМ морської води в районі ФПЗ у 2019 році

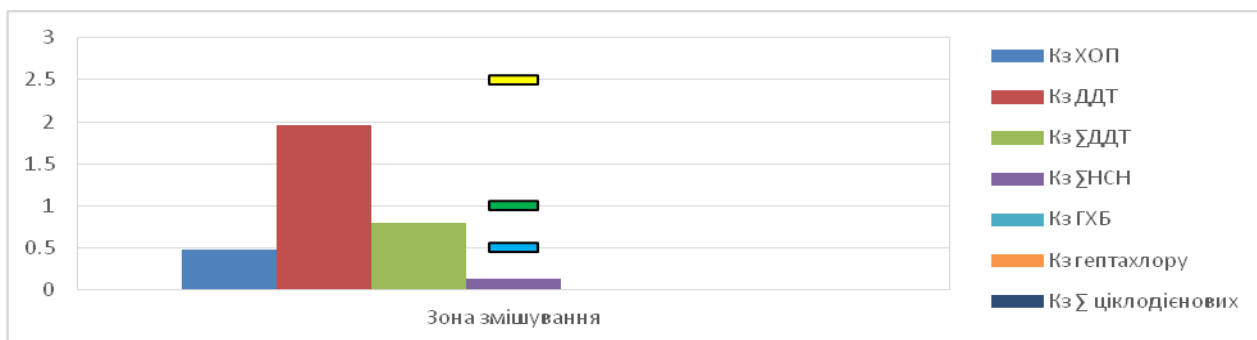
1.2 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом хлорорганічних пестицидів.

В таблиці 1.2 та на рисунку 1.2 наведені Кз для окремих ХОП та середній Кз для ХОП в поверхневому та придонному шарі води за даними 2019 року в районі ФПЗ. Оцінка екологічного стану проводилась згідно директиві ЄС 2013/39/EU (MAC-EQS).

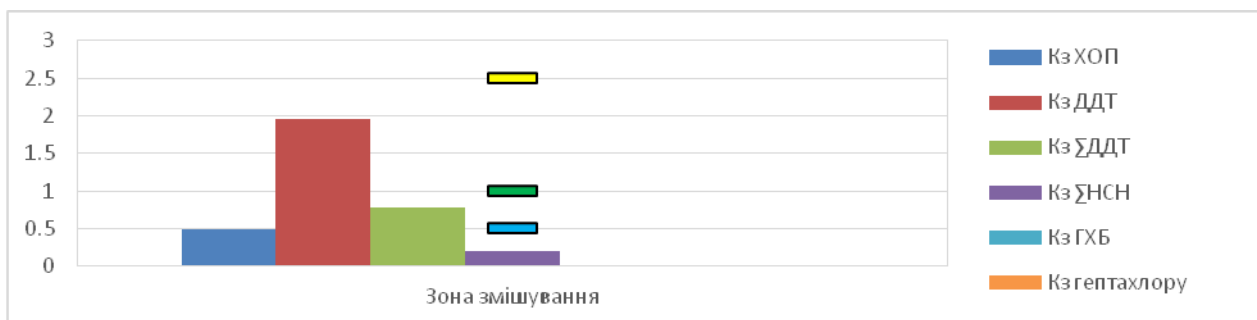
Таблиця 1.2 – Коефіцієнти забруднення ХОП поверхневого та придонного шару морської води в 2019 році

Шар води	Кз ХОП	Кз ДДТ ¹	Кз Σ ДДТ ²	Кз Σ НСН ³	Кз ГХБ ⁴	Кз гептахлором	Кз Σ ціклодіє-новими ⁵
поверхневий	0.48	1.96	0.788	0.128	0	0	0
придонний	0.49	1.953	0.782	0.202	0	0	0
Примітка: ⁵ – сума алдріну, ділдріну та ендріну							

Як видно із таблиці 1.2 та рисунку 1.2 зафіксовані підвищенні концентрації ДДТ та його метаболітів. Кз ДДТ в поверхневому та придонному шарах води в районі ФПЗ (зона змішування) відповідає задовільному екологічному стану, в придонному шарі води відповідає задовільному екологічному стану. Кз інших ХОП має значення відмінного екологічного стану. Середня оцінка екологічну оцінку (Кз ХОП) відповідає відмінному екологічному стану.



а) Кз ХОП поверхневого шару води



б) Кз ХОП придонного шару води

Рисунок 1.2 – Кз ХОП морської води у 2019 році

1.3 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом поліхлорованих біфенілів.

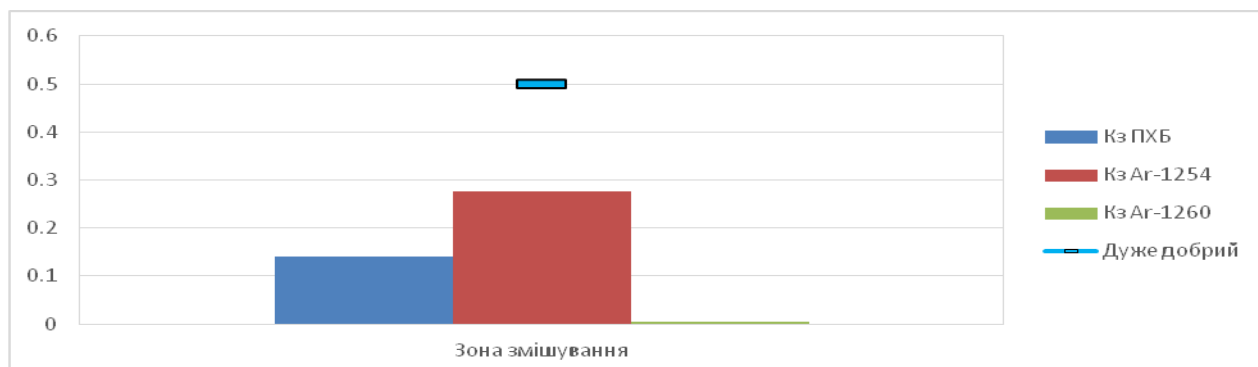
В таблиці 1.3 та на рисунку 1.3 наведені Кз ПХБ поверхневого та придонного шару морської води у 2019 році.

Оскільки в директиві ЄС 2013/39 не має обмежень по концентраціям ПХБ не діоксинового ряду, оцінка забруднення ПХБ морської води проводилась відносно ЕН для груп індивідуальних ПХБ від ПХБ-16 до ПХБ-65 (Ar-1254) та від ПХБ-28 до ПХБ-73 (Ar-1260).

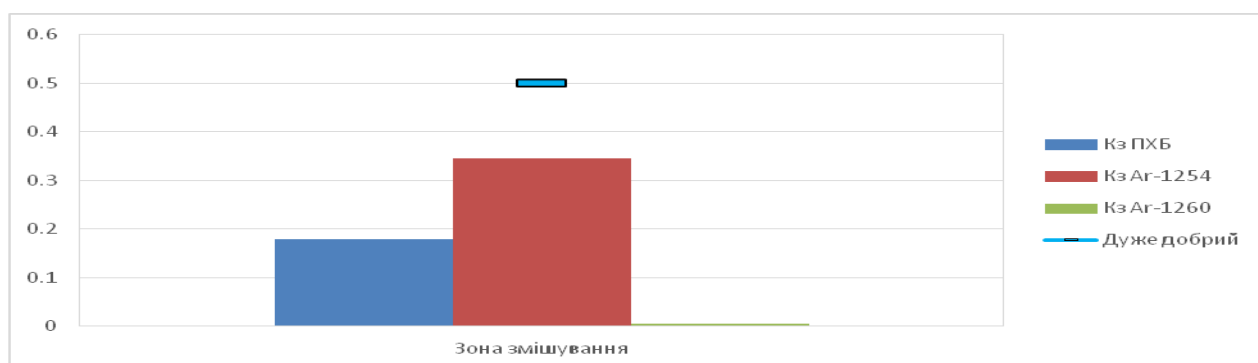
Таблиця 1.3 – Кз ПХБ поверхневого та придонного шару морської води в 2019 році.

Шар води	Кз ПХБ	Кз Ar -1254	Кз Ar-1260
поверхневий	0.14	0.276	0.005
придонний	0.18	0.346	0.006

Як видно із таблиці 1.3 та рисунку 1.3 Кз ПХБ у 2019 році в придонному та поверхневому шарі району ФПЗ води відповідають відмінному екологічному стану.



а) Кз ПХБ поверхневого шару води



б) Кз ПХБ придонного шару води

Рисунок 1.3 – Кз ПХБ морської води району ФПЗ у 2019 році

1.4 Екологічна оцінка стану морської води за вмістом поліароматичних вуглеводнів

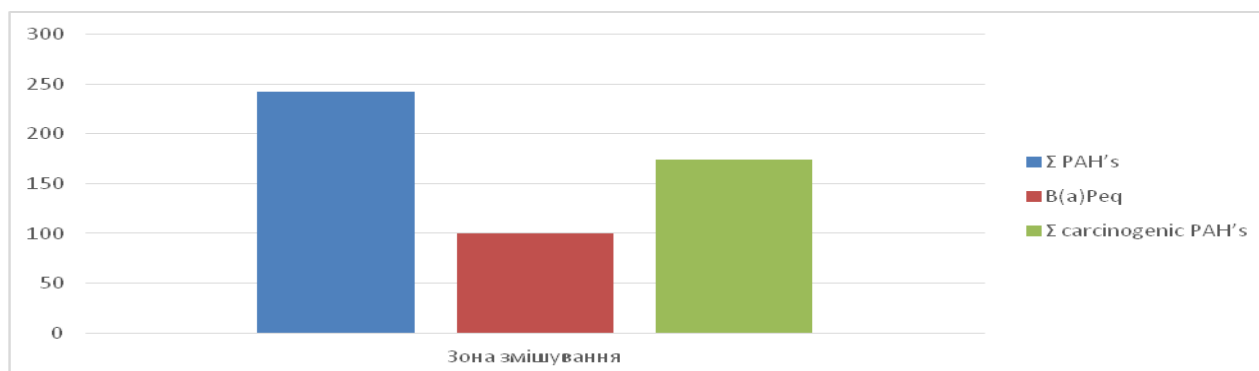
В таблиці 1.4 та на рисунку 1.4 наведені середні значення суми ПАВ (Σ ПАВ), бензо(а)перенового еквіваленту (B(a)Peq) та суми канцерогенних ПАВ (Σ carc ПАВ) в поверхневому та придонному шарі морської води у 2019 році. Показники Σ ПАВ, B(a)Peq та суми канцерогенних ПАВ по всіх районах знаходяться на значному рівні. Забрудненість ПАВ морської води порівняно з базовою оцінкою зросла.

Таблиця 1.4 – Сума ПАВ, бензо(а)переновий еквівалент та сума канцерогенних ПАВ поверхневого та придонного шару морської води у 2019 році.

Σ ПАВ	B(a)Peq	Σ carc ПАВ	Σ ПАВ	B(a)Peq	Σ carc ПАВ
поверхневий шар води			придонний шар води		
107.4	41.55	71.14	242.9	99.61	174.6



а) поверхневого шару води



б) придонного шару води

Рисунок 1.4 – Середні значення Σ ПАВ, B(a)Peq та Σ carc ПАВ в поверхневому та придонному шарі морської води

В таблиці 1.5 та на рисунку 1.5 наведені Кз ПАВ поверхневого та придонного шару морської води в 2019 році. Кз розраховувався відносно MAC-EQS.

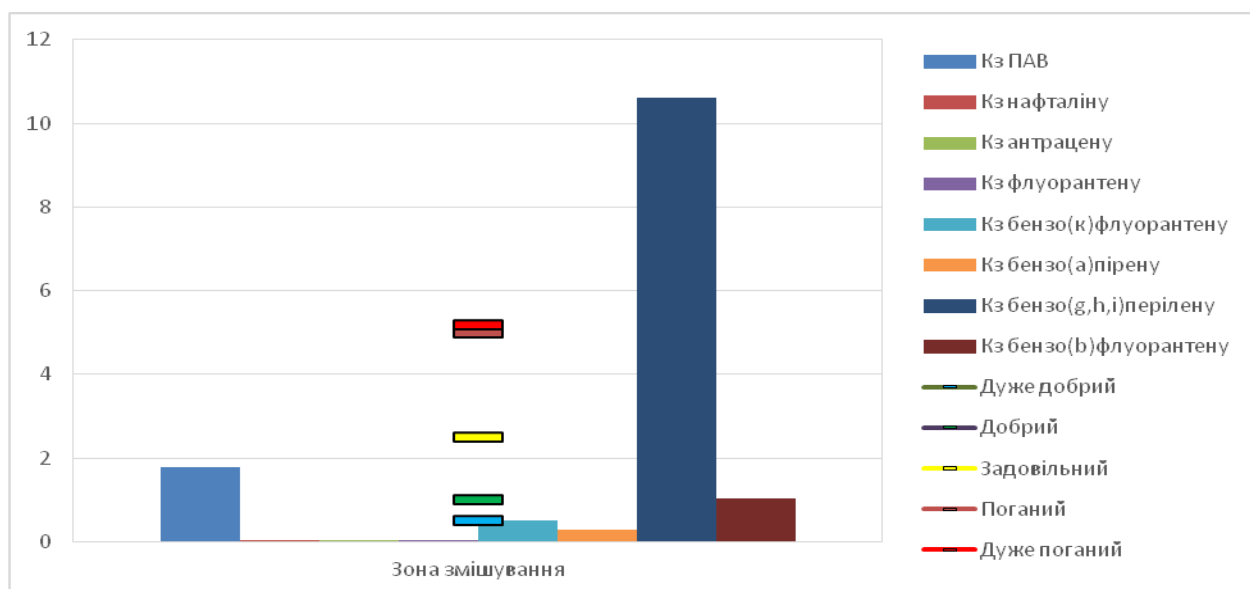
Середні показники забрудненості морської води ПАВ знаходяться на високому рівні та відповідають в поверхневому шарі води – задовільному та в придонному шарі води – поганому екологічному стану.

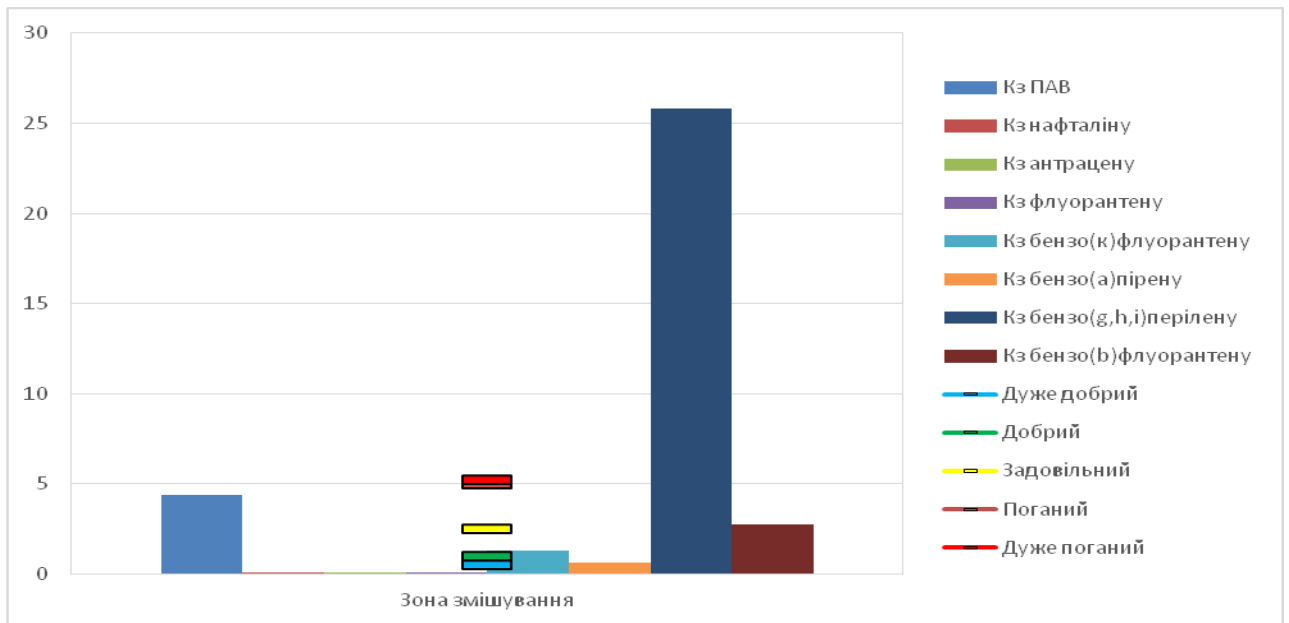
Слід відмітити що на таку оцінку вплинули високі концентрації окремих ПАВ:

- Кз бензо(g,h,i)періленом відповідало дуже поганому екологічному стану в поверхневому та придонному шарах води.
- Кз бензо(к)флуорантенем відповідало задовільному стану в придонному шарі води.
- Кз бензо(b)флуорантенем відповідало задовільному в поверхневому шарі води та поганому поганому екологічному стану в придонному шарі води.

Таблиця 1.5 –Кз ПАВ поверхневого та придонного шару морської води

Шари води	Кз ПАВ	Кз нафталіном	Кз антраценом	Кз флуорантенем	Кз бензо(к)флуорантенем	Кз бензо(а)-піреном	Кз бензо(g,h,i)періленом	Кз бензо(b)флуорантенем
поверхня	1.78	0	0.004	0.023	0.519	0.277	10.626	1.043
дно	4.37	0	0.025	0.033	1.295	0.63	25.837	2.758





б) придонний шар води

Рисунок 1.5 – Кз ПАВ морської води в 2019 році

2 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ЗА ВМІСТОМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РАЙОНІ ФІЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА

Стан донних відкладень оцінювався за такими забруднюючими речовинами як: токсичні метали (ТМ), хлорорганічні пестициди (ХОП) та поліароматичні вуглеводні (ПАВ).

Для оцінки використовувались коефіцієнт забруднення (Кз).

Кз відображає концентрацію всіх забруднюючих речовин одного типу в окремий проміжок часу в донних відкладеннях заданого району чи водного тіла. Цей коефіцієнт винаходиться як сума відношень концентрації кожного забруднюючої сполуки до її гранично допустимій концентрації відповідно українського законодавства (ГДК), або екологічного нормативу (ЕН) віднесена до кількості вимірювань проведених в заданий проміжок часу. Точність відображення стану об'єкту за допомогою коефіцієнта залежить від кількості проаналізованих проб в досліджуваному районі та кількості спостережень за питомий проміжок часу.

Екологічний стан донних відкладень за допомогою Кз оцінюється:

для ТМ

– Відмінний коли Кз менше 0,5;	
– Добрий коли Кз від 0,5 до 1,0;	
– Задовільний коли Кз від 1,0 до 1,25;	
– Поганий коли Кз від 1,25 до 2,5;	
– Дуже поганий коли Кз більше 2,5	

для органічних сполук

– Відмінний коли Кз менше 0,2;	
– Добрий коли Кз від 0,2 до 1,0;	
– Задовільний коли Кз від 1,0 до 5,0;	
– Поганий коли Кз від 5,0 до 25;	
– Дуже поганий коли Кз більше 25	

2.1. Токсичні метали в донних відкладеннях

В таблиці 2.1 та на рисунку 2.1 наведені Кз ТМ в донних відкладеннях в районі ФПЗ (зона змішування) в 2019 році. Для токсичних металів Кз розраховувався в відношенні ЕН.

Таблиця 2.1 –Кз ТМ в донних відкладеннях в 2019 році.

ТМ	Zn	Co	As	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr	Hg
0.42	0.34	0.30	0.24	0.87	0.26	0.18	1.05	0.23	0.29

Як видно із таблиці 2.1 та на рисунку 2.1 Кз ТМ відповідає відмінному екологічному стану, але спостерігалися й підвищені концентрації окремих металів, так Кз Ni відповідає задовільному екологічному стану.

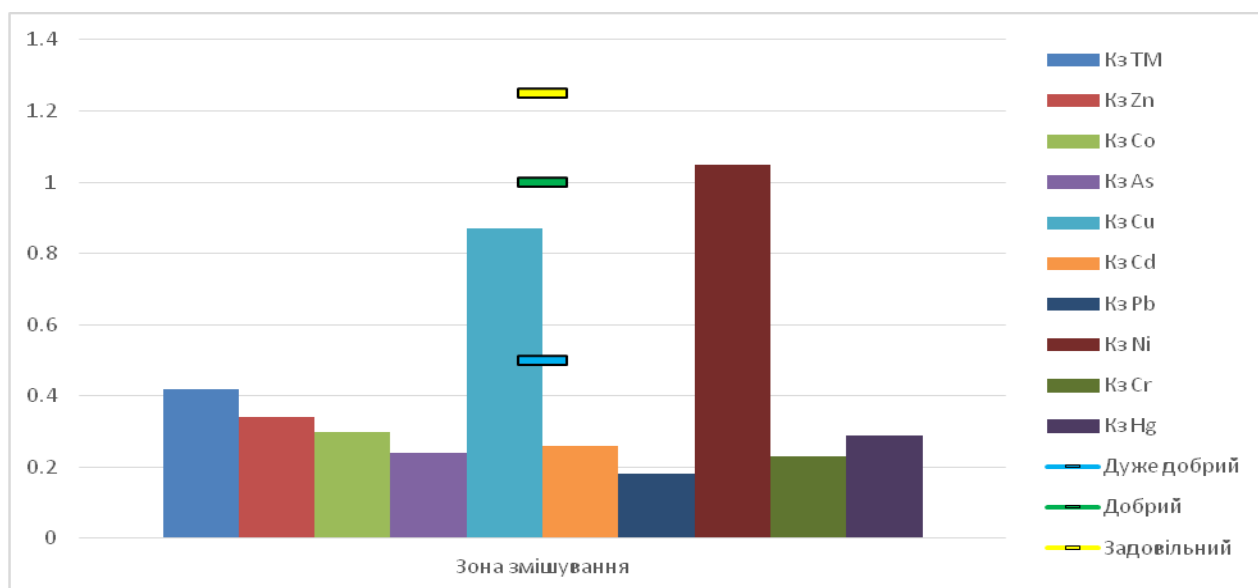


Рисунок 2.1 – Кз ТМ донних відкладень у 2019 році

2.2. Хлорорганічні пестициди в донних відкладеннях

В таблиці 2.2 наведені Кз ХОП в донних відкладеннях в районі ФПЗ в 2019 році. Для ХОП Кз розраховувався як відношення до ЕН.

Таблиця 2.2 – Кз ХОП в донних відкладеннях в 2019 році.

Кз ХОП	Кз Σ ДДТ	Кз α -НСН	Кз β -НСН	Кз ліндан	Кз Σ НСН	Кз гексахлор-бензолом	Кз гептахлором	Кз алдріном	Кз ділдріном
2.00	4.70	0.00	3.87	7.60	0.85	0.00	0.90	0.06	0.00

Як видно із таблиці 2.2 та рисунку 2.2, в районі зони змішування Кз ХОП відповідає задовільному екологічному стану, зафіксовано підвищене забруднення Σ ДДТ, β -НСН та лінданом (Кз Σ ДДТ та Кз β -НСН відповідає задовільному екологічному стану, Кз ліндану поганому).

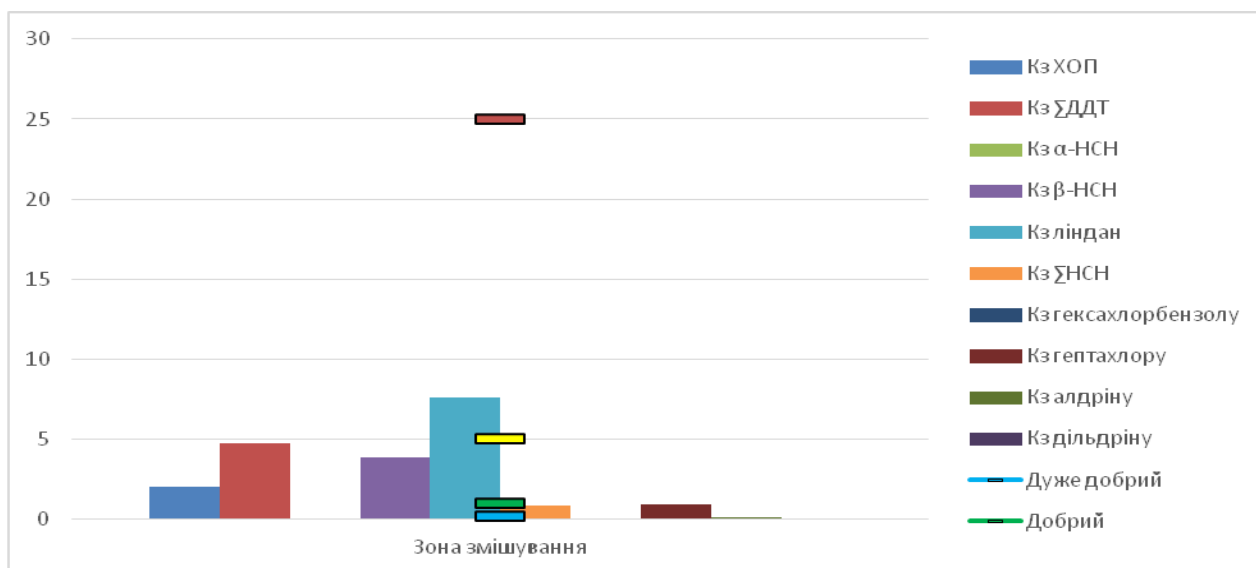


Рисунок 2.2 – Кз ХОП донних відкладень в 2019 році

2.3 Поліхлоровані біфеніли в донних відкладеннях

В таблиці 2.3 та на рисунку 2.3 наведені Кз ПХБ в донних відкладеннях в районі ФПЗ в 2019 році. Для ПХБ Кз розраховувався в відношенні ЕН.

Таблиця 2.3 – Кз ПХБ донних відкладень в 2019 році.

Кз ПХБ	Кз Ar-1254	Кз Ar-1260
0.49	0.94	0.03

Як видно із таблиці 2.3 та рисунку 2.3 Кз ПХБ відповідає доброму екологічному стану.

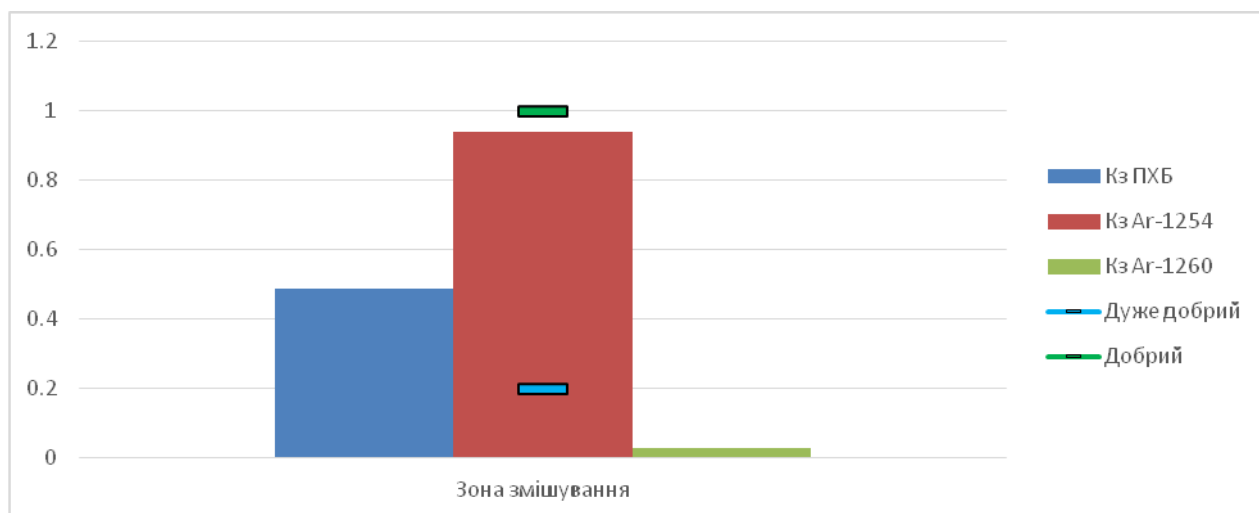


Рисунок 2.3 – Кз ПХБ донних відкладень по районах в 2019 році

2.4 Поліароматичні вуглеводні в донних відкладеннях

В таблиці 2.4 наведені середні значення Σ ПАВ, B(a)P_{eq}. Суми канцерогенних ПАВ та геохімічні маркери розраховані по середнім значенням концентрацій ПАВ для донних відкладень в районі ФПЗ в 2019 році.

Геохімічні маркери, такі як відношення фенантрєну до антрацену (Ph/An), відношення суми пірену та флуорантену до суми хризєну та фенантрєну ($(Py+Flu)/(Chr+Ph)$), відношення антрацену до суми сполук з молекулярною масою 178 ($An/178$), відношення флуорантену до пірену (Flu/Py), відношення флуорантену до суми флуорантену та пірену ($Flu/(Flu+Py)$), відношення бензо(а)антрацену до суми сполук з молекулярною масою 228 ($BaA/228$). В таблиці 2.5 наведена оцінка характеру забруднєнь ПАВ та ймовірних джерел надходження забруднєнь за геохімічними маркерами в районі філофорного поля ім. Зєрнова в 2019 році [3].

Із таблиці 2.4 видно що сума канцерогєнних ПАВ перевищує $B(a)P_{eq}$ це характеризує присутність сполук, що не дають високий токсичний вплив на біологічні об'єкти але можуть накопичуватись в них.

Як видно із таблиці 2.5, по середнім даним концентрацій ПАВ в донних відкладєннях в районі ФПЗ забруднєння надходять в результаті горіння (мусору, рослин (трави), нафтопродуктів тощо).

По забрудненості ПАВ донних відкладєнь ФПЗ (зона змішування) характеризується як дуже забруднене, дивись таблицю 2.5.

Таблиця 2.4 – Середні концентрації ПАВ та геохімічні маркери донних відкладень в 2019 році.

Σ ПАВ	B(a)P _{eq}	Сума канцерогенних ПАВ	Ph/An	(Py+Flu)/(Chr+Ph)	An/178	Flu/Py	Flu/Flu+Py	BaA/228
526.8	110.8	223.9	6.3	1.24	0.14	1.18	0.54	0.51

Таблиця 2.5 – Оцінка характеру забруднень ПАВ та ймовірних джерел надходження забруднень в 2019 році.

Оцінка Ph/An (вірогідність 66,7%)	Оцінка (Py+Flu)/ (Chr+Ph) (вірогідність 70,8%)	Оцінка An/178 (вірогідність 50%)	Оцінка Flu/Py (вірогідність 50%)	Оцінка Flu/Flu+Py (вірогідність 79,2%)	Оцінка BaA/228 (вірогідність 66,7%)	Класифікація проб за забрудненістю
пірогені ПАВ	пірогені ПАВ	ПАВ від дизельного масла, сланцевого масла, вугілля та деякі зразків сирої нафти	спалювання вугілля	пірогені ПАВ (горіння керосину та трави, більшості вугілля та деревини; креозот)	пірогені ПАВ	дуже забруднені

В таблиці 2.6 та на рисунку 2.4 наведені Кз ПАВ в донних відкладеннях району філофорне поле ім. Зернова в 2019 році. Для ПАВ Кз розраховувався в відношенні ЕН.

Таблиця 2.6 – Кз ПАВ в донних відкладеннях в 2019 році.

Кз ПАВ	Кз Нафталін	Кз Фенантрен	Кз Антрацен	Кз Флуорантен	Кз Бензо (а) - антрацен	Кз Хрізен	Кз Бензо (к) флуорантен	Кз Бензо (а) - пірен	Кз Індено (1,2,3cd) пірен	Кз Бензо (g,h,i) перілен
2.00	3.68	1.34	0.19	3.50	1.43	1.10	1.03	1.20	2.25	1.81

Як видно із таблиці 2.6 Кз ПАВ в донних відкладеннях- в зоні змішування відповідає задовільному екологічному стану, зафіксовані підвищене забруднення нафталіном, фенантrenom, флуорантеном, бензо(а)антраценом, хрізеном, бензо(к)флуорантеном, бензо(а)піреном, індено(1,2,3cd)піреном, бензо(g,h,i)періленом (Кз цих сполук відповідає задовільному екологічному стану).

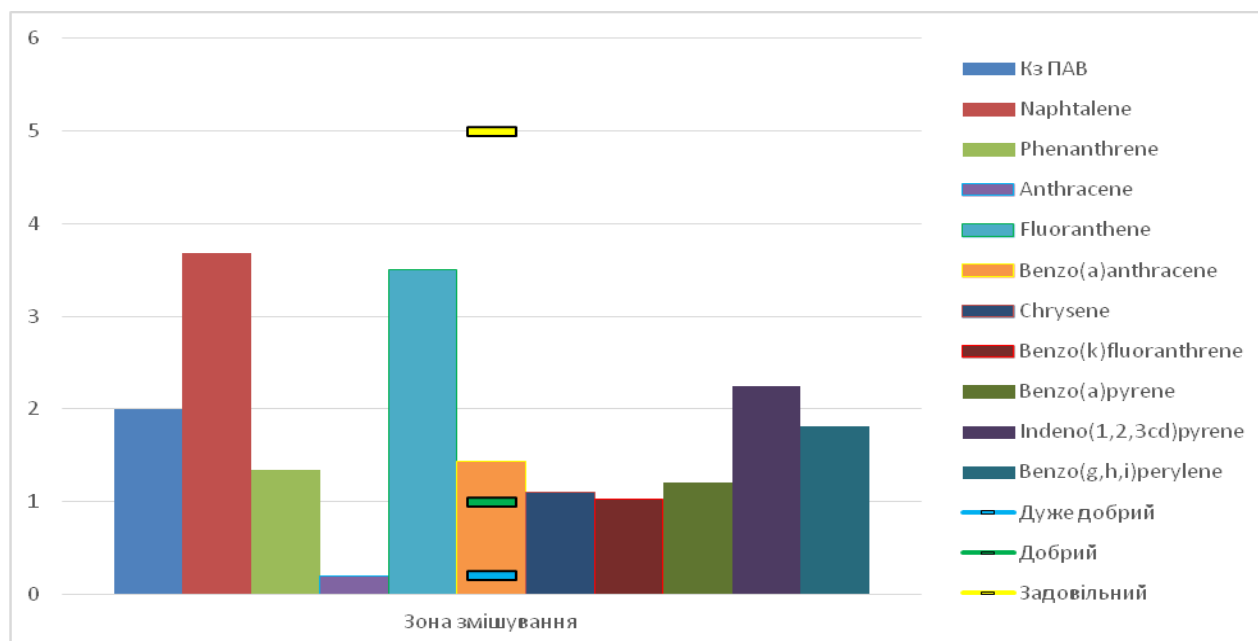


Рисунок 2.4 – Кз ПАВ донних відкладень по районах в 2019 році

З АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКОЇ ВОДИ РАЙОНУ ПОЛЯ ЗЕРНОВА МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

За звітний період в УкрНЦЕМ було здійснено моделювання процесів впливу морської води у лабораторних умовах на популяцію мікробіоти. В результаті цих досліджень встановлена екологічна якість морської води на основі показника репродукційних змін лабораторної культури водорості.

Дослідження в ПЗЧМ були проведені влітку (серпень) 2019 р. Об'єктами досліджень були проби поверхневого шару води ст. №№ 16, 17 та з глибини 41 м ст. № 17 ФПЗ.

3.1 Методика використання одноклітинних водоростей в біотестуванні

Одноклітинні водорості є одними з найбільш поширених організмів водного середовища. До них відносяться представники різних систематичних груп: діатомові, перидинієві, жовто-зелені, зелені, протококові. Найбільш представницькими в морських водоймах є діатомові і перидинієві водорості, а в прісноводних – протококові. В силу своїх фізіологічних особливостей одноклітинні водорості є найбільш чутливими до змін зовнішнього середовища. Короткий цикл їх розвитку дозволяє простежити на кількох поколіннях дію токсичних речовин. Одноклітинні водорості використовуються для біотестування широкого класу речовин (важкі метали, хлор, фосфорорганічні сполуки, детергенти та ін.), стічних вод різних галузей народного господарства, забруднених природних вод і ґрунтів, призначених до дам্পінгу.

Критерієм токсичності служать зміни клітин водоростей, які відображають чисельність репродуктивну здатність клітин водоростей [4]-[5]. Зіставлення кривих зростання монокультур при різних концентраціях токсикантів з контрольною кривою зростання дозволяють досить точно визначити гранично допустимі концентрації аналізованих речовин і з'єднань.

У якості тест-об'єкту використовувалася лабораторна культура планктонної водорості *Desmodesmus communis*. Тест-функцією була репродуктивна здібність тест-об'єкту. Досліджуваними концентраціями були від $1,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ до $10,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Культивування водоростей в лабораторії здійснюється в колбах Ерленмейера в об'ємах від 250 мл до 300 мл при штучному освітленні 2000 люкс і температури повітря $20^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$. Використовують люмінесцентні лампи денного світла, встановлюючи їх зверху на відстані 60 см від колб. Можна культивувати водорості і при природному освітленні, уникаючи прямих сонячних променів.

Пересівати культуру водоростей рекомендується один раз в 10 днів в простерилізовану колбу зі свіжим середовищем. Всю процедуру проводять над полум'ям спиртівки.

Для культивування морських одноклітинних водоростей готують середовище Гольдберга в модифікації Ю. Г. Кабанової [6]-[7]. Чорноморську воду профільтровують через мембранний фільтр № 6, двічі стерилізують, нагріваючи на водяній бані до 75°C і охолоджують до кімнатної температури. У підготовлену таким чином морську воду послідовно додають поживні речовини з 4-х заздалегідь приготовлених розчинів.

Живильні розчини готують розчиненням в 100 мл дистильованої води: $10,1 \text{ г KNO}_3$ (розчин № 1); $1,421 \text{ г NaH}_2\text{PO}_4$ (розчин № 2); $19,79 \text{ мг MnCl}_2 \times 4 \text{ H}_2\text{O}$ і $23,789 \text{ мг CuCl}_2 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ (розчин № 3); $27,03 \text{ мг FeCl}_2 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ (розчин № 4). До 1 л морської води додають 2 мл розчину № 1; 0,5 мл розчину № 2 і

1 мл розчину № 3. Потім середовище стерилізують втретє, охолоджують і тільки тоді додають 1 мл розчину № 4, щоб гідроокис заліза не випав у осад.

Для культивування одноклітинних прісноводних зелених водоростей застосовують середовище Тамія у різних розведеннях: KNO_3 – 5,0 г·л⁻¹; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – 2,50 г·л⁻¹; K_2HPO_4 – 1,25 г·л⁻¹; $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – 0,003 г·л⁻¹; розчин різних мікроелементів: H_2BO_3 – 2,86 г·л⁻¹; $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$ – 1,81 г·л⁻¹; $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – 0,222 г·л⁻¹; MnO_3 – 176,4 мг·л⁻¹; NH_4VO_3 – 229,6 мг·л⁻¹; ЕДТА (етилендіамінтетраоцтової кислоти) – 0,037 мг.

Для зберігання культур водоростей застосовується середовище Прата (г·л⁻¹) KNO_3 – 0,10; K_2HPO_4 – 0,01; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – 0,01; агар – агар – 1,2 %; $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ – 0,001.

3.2 Аналіз екологічного стану морського середовища району ФПЗ

У зоні змішування річкових та морських вод, у районі ФПЗ в серпні 2019 р. було встановлено, що на ст. № 16 у поверхневому шарі води знаходилася певна кількість речовин діючих на процеси репродукції. У великих кількостях ці речовини стимулювали розмноження водорості, у малих – пригнічували цю тест-функцію (табл. 3.1, рис. 3.1).

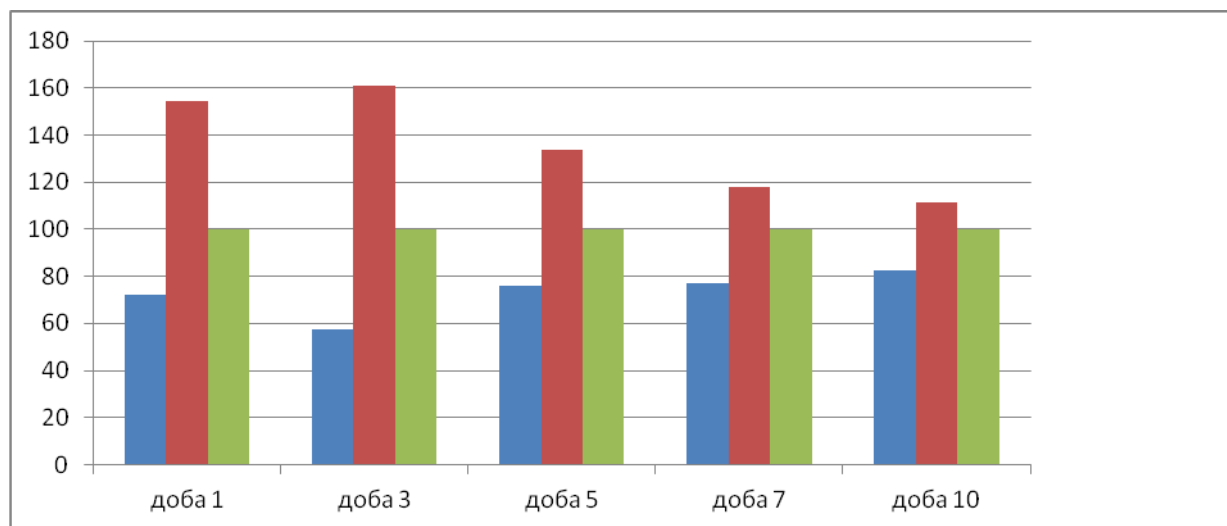
У районі ст. № 17 у верхньому шарі води знаходилися дещо інші сполуки, які навпаки, у малих кількостях стимулювали розмноження водоростей, у великих – пригнічували цю тест-функцію (табл. 3.1, рис. 3.2).

На глибині 41 м, у районі ФПЗ у воді знаходилися речовини, які не впливали на процеси розмноження тест-об'єкту. Токсичного впливу навколишнього середовища на тест-об'єкт встановлено не було (рис. 3.3).

Результати дослідження показують відсутність гострої токсичності на станціях в районі ФПЗ в серпні 2019 р.

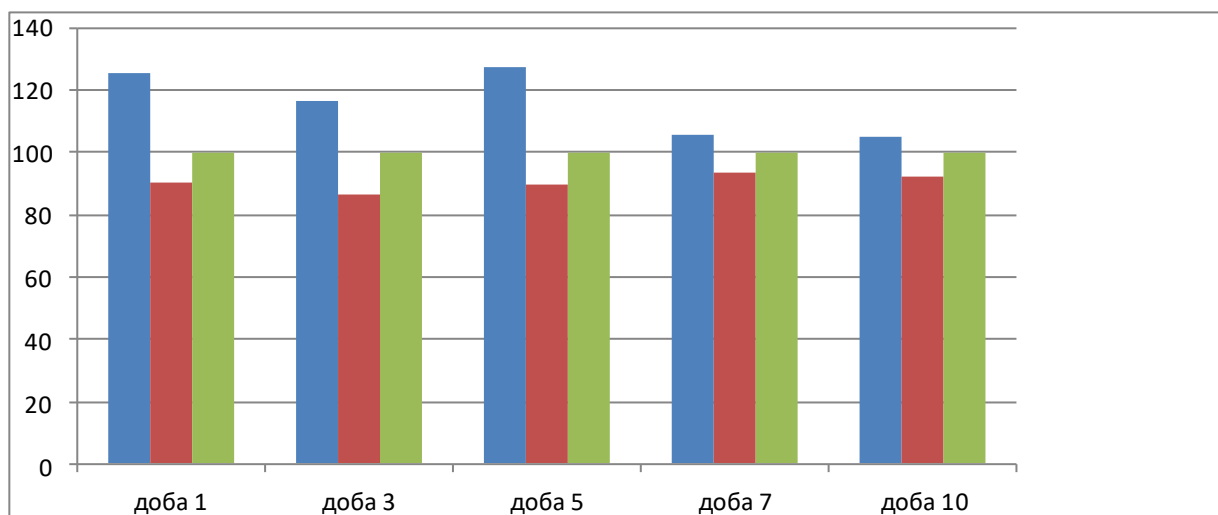
Таблиця 3.1 – Зміна чисельності клітин *D. communis* за дії морської води в районі ФПЗ в серпні 2019 р. (в % від контролю)

Доба експерименту										
Концентрація, г·л ⁻¹	1		3		5		7		10	
	% К	Сер. величина рН	% К	Сер. величина рН	% К	Сер. величина рН	% К	Сер. величина рН	% К	Сер. величина рН
Станція 17, поверхневий шар води										
1,0	125,88	8,72	116,58	9,06	127,27	9,39	105,56	9,65	104,75	9,28
10,0	90,59	8,55	86,74	8,82	89,93	9,36	93,27	9,45	92,24	9,00
Станція 17, придонний шар води										
1,0	78,95	9,13	83,78	8,81	106,76	9,01	103,64	9,07	97,00	8,97
10,0	73,68	8,85	64,87	8,66	79,10	8,90	81,57	9,36	86,09	9,50
Станція 16, поверхневий шар води										
1,0	71,93	8,59	57,30	8,75	76,04	9,41	77,35	9,52	82,45	9,34
10,0	154,39	8,68	161,08	9,09	133,78	9,33	118,14	9,45	111,55	9,38
Контроль	100,00	8,78	100,00	9,06	100,00	9,57	100,00	9,78	100,00	9,35



■ – концентрація 1,0 г·л⁻¹, ■ – концентрація 10,0 г·л⁻¹, ■ – контроль

Рисунок 3.1 – Зміна чисельності клітин тест-об'єкту у поверхневому шарі води, на ст. № 16 (в % від контролю)

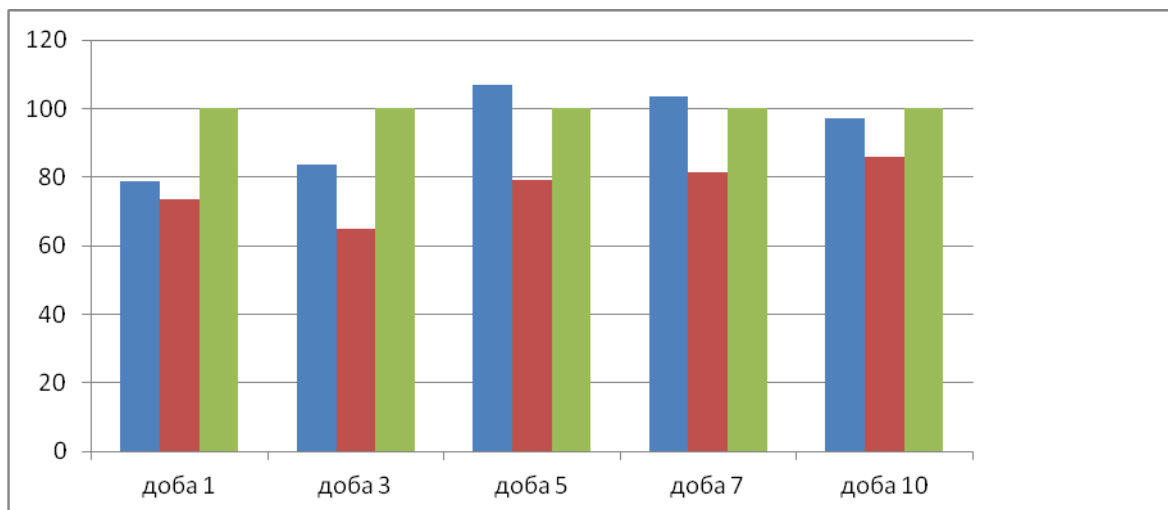


■ – концентрація 1,0 г·л⁻¹, ■ – концентрація 10,0 г·л⁻¹, ■ – контроль

Рисунок 3.2 – Зміна чисельності клітин тест-об'єкту у поверхневому шарі води, на ст. № 17 (в % от контролю)

Вочевидь якісний стан морської води пов'язаний з хронічним забрудненням вод ПЗЧМ, наявністю великих кількостей зваженої речовини органічного та мінерального походження.

На протязі експериментів були отримані дані зміни рН контрольного та дослідного середовища, де культивувався тест-об'єкт. Вочевидь отримані показники обумовлюються багатьма чинниками: процесами життєдіяльності водорості та змінами екстрагованих забруднювачів, тому отримані дані недостатньо коректні для висновків.



■ — концентрація 1,0 г·л⁻¹, ■ — концентрація 10,0 г·л⁻¹, ■ — контроль

Рисунок 3.3 – Зміна чисельності клітин тест-об'єкту у придонному шарі води, на ст. № 17 (в % от контролю)

4 БІОРІЗНОМАНІТТЯ, ЧИСЕЛЬНІСТЬ ТА БІОМАСА МАКРОЗООБЕНТОСУ

До складу макрзообентосна на ФПЗ входило 31 таксону макрзообентосу за рангом виду й вище. З них найбільшою різноманітністю вирізнялися Polychaeta –14 видів, Crustacea – 9 видів, інші групи були представлені меншим різноманіттям (таблиця 4.1, рисунок 4.1). Так, на частку Mollusca доводилося 4 види, Echinodermata 2 види, Nemertea, Chordata, Cnidaria – 1 вид. Чисельність становила від 1,8 до 4, 2 екз. / м² (2,8 ± 0,5 екз. / м²), а біомаса від 100 до 480 г / м² (360 ± 102 г / м²), індекс Шеннона 2,9-2,8.

Таблиця 4.1 – Біорізноманіття макрзообентосу району ФПЗ в серпні
2019 р.

№	Тип	Клас / Ряд	Вид	ст. 16	ст. 17
1	Tunicata	Ascidiacea	<i>Asciidiella aspersa</i> (Muller,1776)		+
2	Nemertea		Nemertea sp.	+	
3	Echinodermata	Ophiurida	<i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954	+	+
4	Echinodermata	Holothuroidea	<i>Oostergrenia digitata</i> (Montagu, 1815)		+
5	Annelida	Polychaeta	<i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914	+	+
6	Annelida	Polychaeta	<i>Capitella capitata europaea</i> Wu, 1964	+	+
7	Annelida	Polychaeta	<i>Dipolydora quadrilobata</i> Jacobi, 1883	+	+
8	Annelida	Polychaeta	<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	+	+
9	Annelida	Polychaeta	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	+	+
10	Annelida	Polychaeta	<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	+	
11	Annelida	Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	+	+
12	Annelida	Polychaeta	<i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866	+	
13	Annelida	Polychaeta	<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1865)	+	+
14	Annelida	Polychaeta	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	+	+
15	Annelida	Polychaeta	<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	+	
16	Annelida	Polychaeta	<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839		+
17	Annelida	Polychaeta	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883	+	+
18	Annelida	Polychaeta	<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835	+	+

Кінець таблиці 4.1

19	Crustacea	Amphipoda	<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)		+
20	Crustacea	Amphipoda	<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814		+
21	Crustacea	Amphipoda	<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	+	+
22	Crustacea	Amphipoda	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	+	+
23	Crustacea	Amphipoda	<i>Orchomene humilis</i> (Costa, 1853)	+	
24	Crustacea	Amphipoda	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769	+	+
25	Crustacea	Amphipoda	<i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)	+	+
26	Crustacea	Decapoda	<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])	+	
27	Crustacea	Decapoda	<i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794)	+	
28	Mollusca	Bivalvia	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	+	+
29	Mollusca	Bivalvia	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	+	
30	Mollusca	Bivalvia	<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	+	
31	Mollusca	Gastropoda	<i>Doto coronata</i> (Gmelin, 1791)	+	

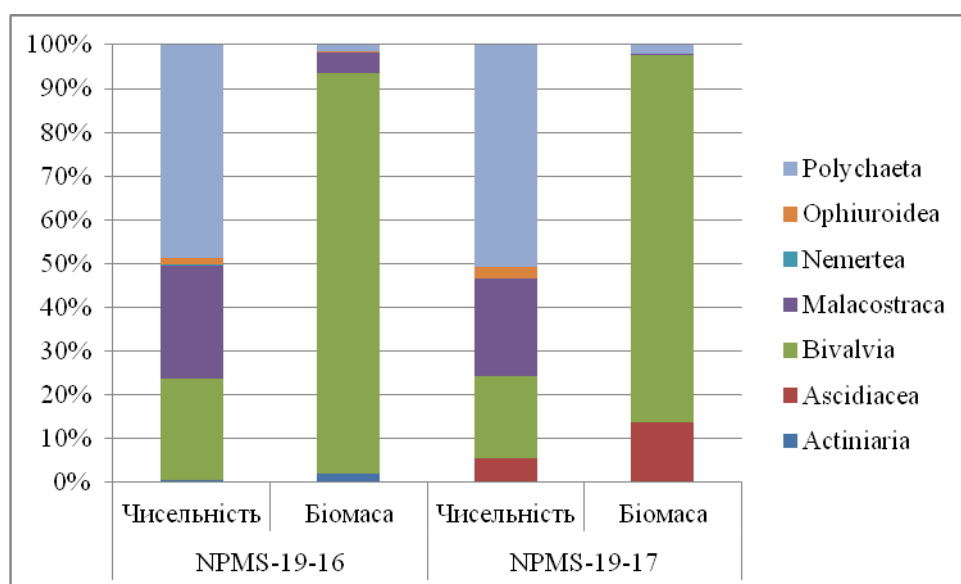


Рисунок 4.1 – Чисельність та біомаса основних таксонів макрозообентосу у 2019 р. (в %)

Домінантами за біомасою в угрупованні є фільтратори *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 на частку яких доводилося від 80 до 95 % біомаси угруповання, при цьому їх частка за чисельністю не перевищувала 25 %. Поліхети *Terebellides stroemii* Sars, 1835, *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), *Mysta picta* (Quatrefages, 1865), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), *Prionospio cirrifera* Wirén, 1883, *Nephtys hombergii*

Savigny in Lamarck, 1818, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870) відносяться до трофічної групи зі змішаним типом харчування збирачі-сейстонофагов довали до 50% за чисельністю. Найбільшу частку серед ракоподібних зі всеїдним типом харчування на станції №16 становили *Athanas nitescens* (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814]), а на станції 17 *Caprella acanthifera* Leach, 1814.

Була можливість відбирати проби за допомогою дночерпака площею захвату 0,1 м² і бентосної рамки (за участю водолаза) площею 0.03 м². Нижче наведені данні для порівняння цих методів (таблиці 4.2, 4.3).

Істотної різниці у видовому складі не спостерігали. При відборі за участю водолаза відбувається частка участі людини – вибірковий відбір, а дночерпак працює «наосліп». Щоб уникнути втрат рідкісних видів макрозообентосу, таких які відрізнялися низьким % зустрічаємості (відповідно, 10 екз/м² для черпака и 33 екз/м² для бентосної рамки), при можливості необхідно використовувати обидва способи відбору (див. таблиці 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2 – Чисельність та біомаса макрозообентосу на ст. 16 в порівнянні різних способів відбору

№	Тип	Вид	Дночерпак, 0.1 м ²		Бентосна рамка, 0.03 м ²	
			Чисельність, екз/м ²	Біомаса, гр/м ²	Чисельність, екз/м ²	Біомаса, гр/м ²
1	Tunicata	<i>Ascidella aspersa</i>			33	15.967
2	Nemertea	Nemertea sp.			33	0.067
3	Echinodermata	<i>Amphiura stepanovi</i>	50	0.990	33	0.400
4	Annelida	<i>Aonides paucibranchiata</i>	180	0.150	167	0.133
5	Annelida	<i>Capitella capitata europaea</i>	20	0.030		
6	Annelida	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	50	0.060	67	0.067
7	Annelida	<i>Harmothoe imbricata</i>	50	0.070	33	0.033
8	Annelida	<i>Harmothoe reticulata</i>	240	0.390	233	0.500
9	Annelida	<i>Hediste diversicolor</i>	110	1.080	100	0.967
10	Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>	140	0.090	100	0.067
11	Annelida	<i>Lagis koreni</i>	10	0.230		
12	Annelida	<i>Mysta picta</i>	70	0.201	133	3.267
13	Annelida	<i>Nephtys hombergii</i>	110	0.520	200	0.733

Кінець таблиці 4.1

14	Annelida	<i>Nereis zonata</i>			33	0.567
15	Annelida	<i>Prionospio cirrifera</i>	420	0.310	700	0.633
16	Annelida	<i>Terebellides stroemii</i>	50	1.090	67	1.867
17	Crustacea	<i>Dexamine spinosa</i>	100	0.250	200	0.467
18	Crustacea	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	80	0.190	167	0.133
19	Crustacea	<i>Orchomene humilis</i>			67	0.133
20	Crustacea	<i>Phtisica marina</i>	100	0.080	67	0.067
21	Crustacea	<i>Perioculodes longimanus</i>	20	0.020	333	0.633
22	Crustacea	<i>Athanas nitescens</i>	120	1.590	467	6.600
23	Crustacea	<i>Liocarcinus navigator</i>	10	30.110		
24	Mollusca	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	610	318.050	900	448.067
25	Mollusca	<i>Parvicardium exiguum</i>	10	1.280		
26	Mollusca	<i>Polititapes aureus</i>	10	23.960		
27	Mollusca	<i>Doto coronata</i>			33	0.100

Таблиця 4.3 – Чисельність та біомаса макрозообентосу на ст. 17 в порівнянні різних способів відбору

	Тип	Вид	Дночерпак, 0.1 м ²		Бентосна рамка, 0.03 м ²	
			Чисельність, екз/м ²	Біомаса, гр/м ²	Чисельність, екз/м ²	Біомаса, гр/м ²
1	Tunicata	<i>Ascidrella aspersa</i>	50	13.950	200	65.967
2	Echinodermata	<i>Amphiura stepanovi</i>	50	0.070	33	0.067
3	Echinodermata	<i>Oestergrenia digitata</i>			33	0.933
4	Annelida	<i>Aonides paucibranchiata</i>	40	0.030		
5	Annelida	<i>Capitella capitata europaea</i>			100	0.200
6	Annelida	<i>Dipolydora quadrilobata</i>	50	0.030		
7	Annelida	<i>Harmothoe imbricata</i>	10	0.010	67	0.100
8	Annelida	<i>Harmothoe reticulata</i>	140	0.220	100	0.167
9	Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>	40	0.070	67	0.167
10	Annelida	<i>Mysta picta</i>	20	0.490	33	0.133
11	Annelida	<i>Nephtys hombergii</i>	20	0.190		
12	Annelida	<i>Pholoe inornata</i>	90	0.190	233	0.400
13	Annelida	<i>Prionospio cirrifera</i>	340	0.270	367	0.600
14	Annelida	<i>Terebellides stroemii</i>	190	1.980	333	6.500
15	Crustacea	<i>Apherusa bispinosa</i>	60	0.070	33	0.067
16	Crustacea	<i>Caprella acanthifera</i>	350	0.270	367	0.567
17	Crustacea	<i>Dexamine spinosa</i>	70	0.090		
18	Crustacea	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	40	0.060	33	0.067
19	Crustacea	<i>Phtisica marina</i>	20	0.010		
20	Crustacea	<i>Perioculodes longimanus</i>	20	0.030		
21	Mollusca	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	220	86.430	600	403.167

Співвідношення груп видів по відношенню до органічного речовини має наступний характер I – 8%, II – 29,45%, III – 36,5%, IV – 24,75%, V – 1,3, що відповідає слабо порушеному стану згідно індексу AMBI (2,73) і доброму екологічному статусу згідно m-AMBI (0,6). Таким чином, екологічний статус угруповання макрозообентосу ФПЗ у серпні 2019 р. можна охарактеризувати як «добрий» (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Основні екологічні характеристики угруповань макрозообентосу у 2019 р.

	ст. 16	ст. 17
Таха_S	27	21
Кількість	4192	3142
Биомасса	862	584
Shannon_H	2,954	2,808
AMBI	2,661	2,803
Порушення	Слабо порушений	Слабо порушений
m-AMBI	0,64426	0,59648
Стан	добрий	добрий

5 ОЦІНКА СТАНУ МАКРОФІТОБЕНТОСУ ПОЛЯ ЗЕРНОВА

5.1 Сучасне біорізноманіття макрофітів району заказника

Враховуючи методологічні розробки моніторингу макрофітів, результатів моніторингу на ФПЗ у 2016 та 2017 роках, заощадження ресурсів та оптимізація національного моніторингу ФПЗ, головний експерт з макрофітобентосу д.б.н. Мінічева І.Г. пропонувала, в тому числі:

- у зв'язку з природною особливістю просторового розподілу фітоценозів моніторинг на ФПЗ достатньо проводити у двох точках, що є різними по продуктивності субрегіонами ФПЗ: на ст. 16 (10) станційній площі (глибини 24-25 м) та на ст. 17 (9) станцій (глибин 37-40 м).

- відбір проб макрофітів на ФПЗ повинен здійснюватися лише методом трансект з використанням перифітонних рамок та дайвінгістів.

Цих рекомендацій дотримувалися у 2019 році.

На двох моніторингових станціях ФПЗ в серпні 2019 року зареєстровано 16 видів макрофітів (Chlorophyta – 1; Ochrophyta – 3; Rhodophyta – 12) з екологічною активністю (S/W_p) від 9,03 $m^2 \cdot kg^{-1}$ до 496,2 $m^2 \cdot kg^{-1}$ (таблиця 5.1, рисунок 5.1).

Домінуючими видами (як за частотою зустрічальності або за біомасою) серед червоних водоростей були: *Phyllophora crispa* (Hudson) P.S.Dixon, *Coccotylus truncatus* (Pallas) M.J.Wynne & J.N.Heine, *Spermothamnion strictum* (C.Agardh) Ardissonne, серед бурих *Sphacelorbis nanus* (Nageli ex Kützing)

Таблиця 5.1 – Біорізноманіття макрофітобентосу у 2019 р. на ФПЗ

№	Таксони	S/W	Ст. 16/10	Ст. 17/9
Chlorophyta				
1	<i>Cladophora liniformis</i> Kützing, 1849	88,4 ± 2,9	+	+
Ochrophyta				
1	<i>Desmarestia viridis</i> (O.F.Müller) J.V.Lamouroux, 1813	76,7 ± 3,6	+	-
2	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye, 1819	123,1 ± 4,8	+	-
3	<i>Sphacelorbis nanus</i> (Nageli ex Kützing) Draisma, Prud'homme & H.Kawai, 2010	289,0 ± 6,9	+	+
Rhodophyta				
1	<i>Antithamnion cruciatum</i> (C.Agardh) Nägeli, 1847	198,2 ± 16,7	+	+
2	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M.Savoie & G.W.Saunders, 2019 = <i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville ex Harvey, 1833	56,9 ± 1,9	+	+
3	<i>Carradoriella elongata</i> (Hudson) A.M.Savoie & G.W.Saunders, 2019 = <i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel, 1827	60,0 ± 12,3	+	-
4	<i>Ceramium tenuissimum</i> J.Agardh	44,6 ± 1,7	+	-
5	<i>Coccotylus truncatus</i> (Pallas) M.J.Wynne & J.N.Heine, 1992	10,28±0,35	+	+
6	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) Penrose & Y.M.Chamberlain, 1993 = <i>Melobesia farinosa</i>	236,5 ± 7,3	+	+
7	<i>Grania efflorescens</i> (J.Agardh) Kylin, 1944 = <i>Acrochaetium thuretii</i> (Bornet) F.S.Collins & Hervey, 1917	496,2 ± 7,2	-	+
8	<i>Pneophyllum confervicola</i> (Kützing) Y.M.Chamberlain, 1983 = <i>Melobesia minutula</i> Foslie, 1904	236,5 ± 7,3	+	+
9	<i>Phyllophora crispa</i> (Hudson) P.S.Dixon, 1964	9,03±0,57	+	+
10	<i>Lophosiphonia obscura</i> (C.Agardh) Falkenberg, 1897	92,9±4,2	+	+
11	<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightfoot ex Turner) Gaillon, 1828	13,0± 1,17	+	-
12	<i>Spermothamnion strictum</i> (C.Agardh) Ardissonne, 1883	134,0±3,2	+	+
Загальна кількість видів			15	11
Чутливі види			3	3
Толерантні види			12	8
S _{sp} – % співвідношення чутливих видів до загальної кількості видів			20 %	27,3 %
Примітка 1. При S/W _p < 25 м ² /кг види водоростей чутливі. Примітка 2. При S/W _p > 25 м ² /кг види водоростей толерантні.				

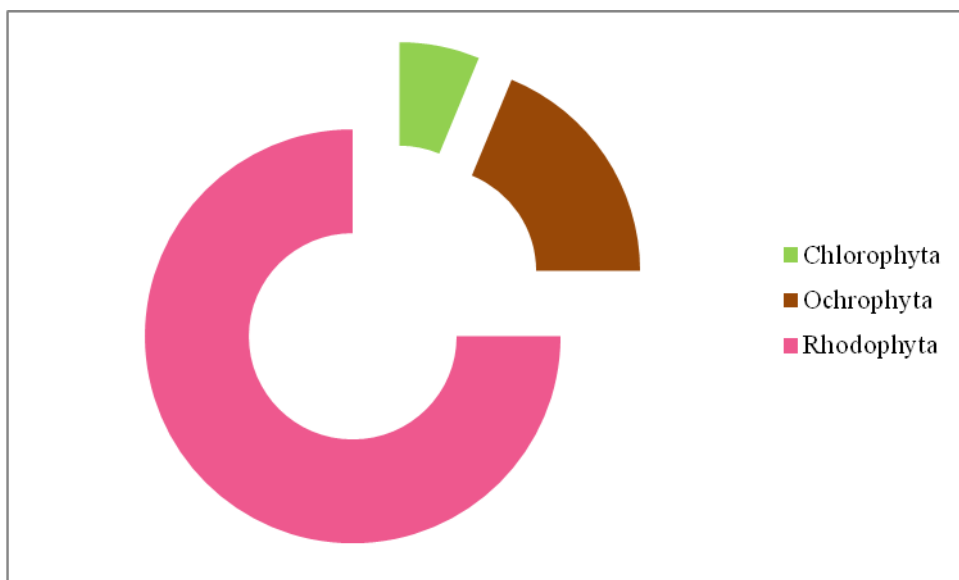


Рисунок 5.1 – Біорізноманіття макрофітів ФПЗ у серпні 2019 р.

5.2 Оцінка екологічного статус-класу Поля за морфофункціональними показниками фітобентосу

При оцінці екологічного стану прибережних екосистем на основі стану фітобентосу пропонується розглянути використання чотирьох морфофункціональних показників макрофітів, які можна запропонувати для вираження індексів екологічної оцінки (EEI). Класифікаційна схема діапазону EEI для визначення екологічного статус-класу (ESC) за морфофункціональними показниками макрофітобентосу прибережних вод Чорного моря наведена у таблиці 5.2.

Вибрано чотири морфофункціональні показники для визначення екологічного стану морських екосистем – ESC з солоністю від 12 ‰ до 17 ‰ (таблиця 5.3).

Таблиця 5.2 – Класифікаційні шкали для ідентифікації екологічного статусу класу

Екологічні статус-класи (ESC)	EEI діапазон					
	Індекс екологічної активності трьох домінантів $(S/W)_{3DP}$, м ² /кг	Відносна екологічна якість (EQR)	Індекс середньої питомої поверхні структурних елементів водоростей $(S/W)_x$, м ² /кг	EQR	Індекс поверхні фітоценозу (SI_{ph}), один.	EQR
High – Відмінний стан	$(S/W)_{3DP} < 15$	≥ 0.82	$(S/W)_x < 60$	≥ 0.98	$SI_{ph} < 25$	≥ 0.95
Good – Добрий стан	$15 \leq (S/W)_{3DP} \leq 30$	0.54	$60 \leq (S/W)_x \leq 80$	0.79	$25 \leq SI_{ph} \leq 40$	0.84
Moderate – Задовільний стан	$31 \leq (S/W)_{3DP} \leq 45$	0.37	$81 \leq (S/W)_x \leq 120$	0.58	$41 \leq SI_{ph} \leq 55$	0.68
Poor – Поганий стан	$46 \leq (S/W)_{3DP} \leq 60$	0.25	$121 \leq (S/W)_x \leq 200$	0.17	$56 \leq SI_{ph} \leq 90$	0.15
Bad – Дуже поганий стан	$(S/W)_{3DP} > 60$	≥ 0	$(S/W)_x > 200$	≥ 0	$SI_{ph} > 90$	≥ 0

Таблиця 5.3 – Морфофункціональні показники макрофітів, запропоновані для оцінки екологічного стану морських екосистем

Показник	Смисловий зміст	Формула розрахунку
Екологічна активність трьох домінантів (<i>Three Dominants Ecological Activity, S/W_{3DP}</i>)	Середнє значення питомої поверхні популяцій перших трьох домінантів фітобентосу	$S / W_{3DP} = \frac{\sum 3(S / W)_{pi}}{3ni}$ де: S/W_{pi} – питома поверхня популяцій домінантів
Середня екологічна активність видів (<i>Average Species Ecological Activity, S/W_x</i>)	Середнє значення питомої поверхні популяцій всіх видів фітобентоса району оцінки	$S / W_{xcom} = \frac{\sum (S / W)_{pi}}{ni}$ де: S/W_{pi} – питома поверхня популяцій фітобентосу
Індекс поверхні фітоценозу (<i>Phytosenouces Surface Index, SI_{ph}</i>)	Сумарна величина фітоповерхності, утворена внеском всіх видів фітоценозу з різною питомою поверхнею популяцій.	$SI_{ph} = \sum (B_{pi} \times (S / W)_{pi})$ де: S/W_{pi} – питома поверхня популяцій фітоценозу; B_{pi} – біомаса популяцій фітоценозу.
Чутливі види, S_{sp}	Відсоток чутливих видів ($S/W_p < 25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) від загальної кількості флористичного складу	$S_{sp} = \frac{N_{\text{чутливі види}} \times 100 \%}{N_{\text{загальна к-сть видів}}}$ де: N чутливих в. це кількість видів, що мають $S/W_p < 25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$; N загальних в. це сума чутливих та толерантних видів, які мають $S/W_p > 25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$

Ключовим моментом для оцінки класу екологічного стану (ECS) є наявність у флористичному складі спільнот макрофітобентосу чутливих ($S/W_p = 5-25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, групи екологічного стану (ESG I), к-види) і толерантних ($S/W_p \geq 25 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, ESG II, г-види) макрофітів. Великі, багаторічні види з низькою питомою поверхнею є показниками GES морського середовища. І навпаки, велика кількість і біомаси дрібних, дрібно розгалужених видів з високою питомою поверхнею вказують на високу інтенсивність продукційного процесу, високий рівень евтрофікації та низькі категорії ESC [8].

Мінічевою був запропонований коефіцієнт S_{sp} , що виражає % чутливих видів по відношенню до загальної кількості видів макрофітів:

$$S_{sp} = \frac{N_{\text{чутливі види}} \times 100 \%}{N_{\text{загальна кількість видів}}} \quad (5.1)$$

У 2019 році на ФПЗ було зафіксовано три чутливі види. Кількість чутливих видів по станціях моніторингу у 2019 році для станції 17/9 становить 2 види: *Phyllophora crispa*, *Coccotylus truncatus*, а для станції 16/10 – 3 види: *Phyllophora crispa*, *Coccotylus truncatus*, *Lomentaria clavellosa*.

У таблиці 5.4 наведені данні з відсотку чутливих видів по роках і станціях. Як видно з таблиці процент чутливих видів приблизно однаковий, трохи більше значення на ст. 16/10 пояснюється відносно меншими глибинами (25 м проти 40 м).

Таблиця 5.4 – Відсоток чутливих видів на ФПЗ ро роках

	2017 рік		2019 рік	
	Ст. 17/9	Ст. 16/10	Ст. 17/9	Ст. 16/10
Загальна кількість видів, одиниць	12	15	11	15
Кількість чутливих видів, одиниць	2	3	2	3
S_{sp} , %	16.7	20.0	18.2	20.0

Категорії ECS від різниці значень морфофункціональних показників також мають відмінності на станціях (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Варіабельність морфофункціональних показників по станціях та роках

Морфофункціональні показники	2017	2019	2017	2019
	Ст. 16/10	Ст. 16/10	Ст. 17/9	Ст. 17/9
Біомаса надмірного зростання макрофітів на станції, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$	0.4600	1.2903	3.491	0.8159
Дійсна біомаса макрофітів при існуючому проективному покритті, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$	0.0230	0.1290	0.1746	0.0816
Середня біомаса <i>Coccytulus truncatus</i> , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$	0.0141	0.0698	0.0896	0.0292
Середня біомаса <i>Phyllophora crispa</i> , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$	0.0066	0.0486	0.0845	0.0416
$S/W_x, \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	133.64±6.27	111.27±4.99	190.03±9.44	168.07±5.31
$S/W_{3Dp}, \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	36.64±1.4	51.1±1.37	53.20±1.34	51.39±1.34
SI_{ph} , одиниці	9.84	23.88	46.07	16.32
S_{sp} , %	20.0	20.0	16.7	18.2

Значні розміри ФПЗ визначають просторову неоднорідність його біотопів, пов'язану з якістю донних відкладень, глибиною і ступенем впливу річкових вод. Відповідно до відмінностей якості біотопів ФПЗ показники фітоценозів мають різні значення на станціях. Більшість відмінностей спостерігається за індексом біомаси. Показники, які мають високий ступінь сезонності та просторової мінливості (тобто біомаса та індекс поверхні фітоценозів SI_{ph}), менш придатні для інтегрованої оцінки таких великих об'єктів, як ФПЗ. Для «відмінного» стану біомаси філофори на ФПЗ повинні бути близько 10.0-15.0 $\text{кг}/\text{м}^2$, а це призведе до збільшення індексу поверхні фітоценозів SI_{ph} на порядок, тобто більше 150 одиниць. Ця величина буде відповідати «дуже поганому» екологічному статусу, що суперечить логіці.

Показники S/W_x і S/W_{3Dp} більш стабільні. Це пояснюється тим, що вони пов'язані з екологічною активністю флористичного складу. На відміну від високої природної просторової мінливості біомаси, флористичний склад угруповань є стабільним показником і може змінюватися під впливом довгострокових антропогенних факторів. У зв'язку з цим для інтегрованої оцінки ESC Філофорного поля для сучасного періоду використовувалися

показники: S/W_x та $S/W_{зДр}$. За цими показниками стан ФПЗ можна охарактеризувати як такий, що варіює між «Задовільним» та «Поганим».

Щодо біомас (табл. 1.3), на станції 16/10 дійсні біомаси всіх макрофітів, та провідних видів значно зросли порівняно з 2017 роком у 6-8 разів. Навпаки на глибоководній станції 17/9 біомаси знизилися у 2-4 рази. Це може бути пов'язане деяким, в порівнянні, кращим станом на мілководді, що підтверджується і кращими коефіцієнтами S/W_x і $S/W_{зДр}$.

6 ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ БОТАНІЧНОГО ЗАКАЗНИКА «ФІЛОФОРНЕ ПОЛЕ ЗЕРНОВА» ЗА СТАНОМ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Мета роботи – оцінка екологічного стану морського довкілля ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» методом біоіндикації за систематичними, кількісними, галобіонтними і сапробіонтними показниками розвитку мікрофітобентосу.

Відомо, що стан угруповання донних мікроводоростей, насамперед діатомей, відображає якість навколишнього водного середовища [9]. Вони чутливо реагують на зміни якості довкілля завдяки малим розмірам та короткому життєвому циклу [10]. Висока таксономічна та екологічна різноманітність, широке розповсюдження водоростей мікрофітобентосу дає можливість їхнього використання для біоіндикації [11]. По систематичних, кількісних і морфологічних показниках, сапробності ведучих видів цих водоростей судять про стан «здоров'я» морського довкілля.

Влітку 2019 року співробітниками УкрНЦЕМ були продовжені моніторингові дослідження в акваторії заказника. Проби відбиралися у північно-західній (станція 16, в зоні впливу річкових та лиманних вод) та центральній (станція 17, в районі жолобу зносу) частинах цього заповідного об'єкту.

Мікроскопічну та статистичну обробку проб мікрофітобентосу, відібраних з пухких субстратів, здійснювали за стандартними методиками [4], [12]-[13].

Порівняння видового складу водоростей на даних акваторіях здійснено за допомогою індексу флористичної подібності Чекановського-Сьоренсена. Видову різноманітність мікрофітобентосу досліджених районів оцінювали за індексом Шеннона [13].

Всього в досліджених акваторіях заказника було знайдено 87 видів мікроводоростей (табл. 6.1), які належали до 6 відділів, 8 класів, 50 родів.

Таблиця 6.1 – Видовий склад та екологічні групи водоростей
мікрофітобентосу в районі Філофорного поля Зернова
влітку 2019 року

№ з/П	Види та різновиди водоростей	Станція 16	Станція 17	Життєві форми	Галобність	Сапробність
1	2	3	4	5	6	7
Відділ Cyanoprokaryota						
1	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	+	+	об	mg	β-о
2	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont, 1892			об	mg	
3	<i>Microcystis</i> sp.	+	+	пл		
4	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836	+		об		
	Всього ціанопрокаріот	3	2			
Відділ Cryptophyta						
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1925	+		пл		
	Всього криптофітових	1				
Відділ Chrysophyta						
1	<i>Coccolithus</i> sp.		+	пл		
2	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	+	+	пл	pg	
3	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966	+	+	пл	pg	
	Всього:	2	3			
Відділ Bacillariophyta						
1	<i>Achnanthes longipes</i> C.Agardh, 1824	+		об	pg	β
2	<i>Amphora crassa</i> Gregory, 1857	+		д	pg	
3	<i>A. graeffeana</i> Hendey, 1973		+	д	mg	
4	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844	+		д	ind	β
5	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987	+	+	д	pg	
6	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857	+	+	д	pg	β
7	<i>Auricula insecta</i> (Grunow) A.Schmidt, 1894	+		д	pg	

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
8	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F.Müller) T.Marsson, 1901	+		д	mg	β
9	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880	+		об	pg	
10	<i>Caloneis liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894	+		д	pg	
11	<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg, 1845	+		д	pg	
12	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	+	+	об	mg	β
13	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve, 1889	+	+	пл	pg	
14	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	+	+	об	pg	
15	<i>C. placentula</i> Ehrenberg, 1838	+		об	ind	о
16	<i>C. scutellum</i> var. <i>scutellum</i> Ehrenberg, 1838	+	+	об	pg	β
17	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve, 1895	+		об	pg	β
18	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough, 1905	+		пл	mg	α
19	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg, 1840	+		пл	pg	β
20	<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i> Prasad, 1990	+	+	пл	gl	α
21	<i>C. ocellata</i> Pantocsek, 1901	+		пл	gl	β
22	<i>Diatoma tenue</i> C. Agardh, 1812	+	+	об	gl	β
23	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint- Vincent, 1824	+		об	gl	β
24	<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922	+		д	ind	β
25	<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve, 1894	+		д	pg	
26	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862		+	об	ind	β
27	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	+	+	об	pg	β
28	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1853	+		д	mg	β
29	<i>G. balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst, 1853	+		д	mg	

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
30	<i>Halamphora coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	+	+	об	mg	α
31	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009	+		д	pg	β
32	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009	+		д	pg	
33	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018	+		д	pg	
34	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) P.Wang, 2014	+		д	pg	
35	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879	+		об	mg	β
36	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.)C.Agardh, 1831	+		об	pg	
37	<i>L. gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1867	+		об	pg	β
38	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva, 1978	+		об	pg	
39	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.Agardh, 1824					
40	<i>M. moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824	+	+	об	mg	α
41	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927	+		об	mg	α
42	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing, 1844	+	+	д	gl	α
43	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876	+		д	mg	β
44	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844		+	д	mg	
45	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	+	+	д	pg	
46	<i>Nitzschia commutata</i> Grunow, 1880	+		д	gl	
47	<i>N. intermedia</i> f. <i>intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow, 1880	+		д	ind	
48	<i>N. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i> W.Smith, 1853	+		об	mg	β
49	<i>N. lorenziana</i> var. <i>lorenziana</i> Grunow in Cleve & Möller, 1879	+		д	ind	
50	<i>N. lorenziana</i> var <i>subtilis</i> Grunow,1880	+		д	ind	

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
51	<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861	+		пл	mg	
52	<i>N. ovalis</i> H.J.Arnett, 1880					
53	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853	+		д	mg	β
54	<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith 1853	+		д	mg	β
55	<i>N. spectabilis</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861	+		д	gl	β
56	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873	+	+	д	mg	α
57	<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith, 1852	+		д	pg	
58	<i>P. formosum</i> W.Smith, 1852	+		д	pg	
59	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928	+	+	пл	pg	
60	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993	+		пл	pg	
61	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström, 1986	+		пл	pg	
62	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing, 1844	+		об	pg	
63	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot, 1980		+	об	gl	β
64	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832	+		об	pg	
65	<i>Synedra crystallina</i> (C.Agardh) Kützing, 1844	+	+	д	pg	
66	<i>S. pulchella</i> Kützing, 1844	+		об	mg	o-β
67	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	+	+	об	mg	α
68	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova, 1995	+		об	pg	β
69	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschowsky, 1902	+		д	pg	
70	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostefeld, 1901	+	+	пл	mg	
71	<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904	+		пл	pg	
72	<i>Toxarium undulatum</i> Bailey, 1854	+		д	pg	

Кінець таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
73	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	+		д	pg	
74	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory, 1857	+		д	mg	α
75	<i>T. punctata</i> var. <i>punctata</i> W.Smith, 1853	+		д	pg	β
76	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère in Jahn <i>et al.</i>	+		об	ind	β
	Всього діатомових	70	22			
Відділ Chlorophyta						
1	<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald, 2000		+	пл	ind	β
2	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hindak, 1970		+	пл	ind	β
	Всього зелених		2			
Інші види						
1	<i>Flagellata sp.</i>	+	+			
	Всього флагеллят	1	1			
	Разом видів мікрофітобентосу	77	31			
Примітка: на жовтому тлі назви потенційно токсичних водоростей						

Переважали діатомові (76 видів, або 87,0 % від загального видового складу), значно менше було синьо-зелених та золотистих – 5,0 % та 4,0 % (рис. 6.1).

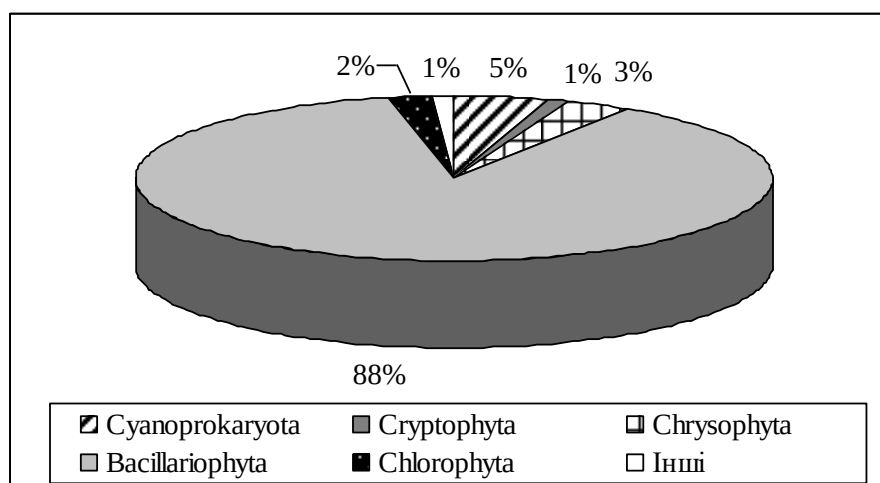


Рисунок 6.1 – Таксономічний склад мікрофітобентосу району ФПЗ в 2019 році (у % від кількості знайдених видів)

Більшість знайдених діатомей мікрофітобентосу Поля належала до класу Baillariophyceae – 48 видів. Серед них найширше були представлені роди: *Nitzschia* – 10 видів, *Amphora* та *Halamphora* – по 5, *Cocconeis* та *Navicula* – по 4.

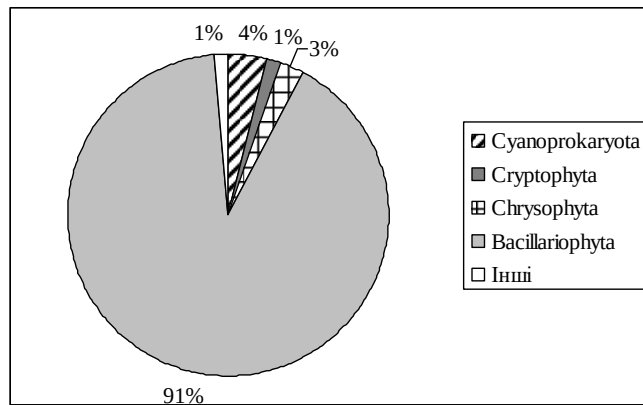
Представників класів Coscinodiscophyceae та Fragilariophyceae було 13 та 15 видів, відповідно. До класу Coscinodiscophyceae відносилися донні діатомеї *Paralia sulcata*, планктонні діатомеї *Chaetoceros curvisetus*, *Pseudosolenia calcar avis*, види родів *Cyclotella*, *Coscinodiscus*, тощо. Серед видів класу Fragilariophyceae превалювали: *Toxarium undulatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Grammatophora marina*, *Tabularia fasciculata*.

Найчастіше зустрічалися діатомеї *Grammatophora marina*, *Paralia sulcata*, спочиваючі спори *Chaetoceros curvisetus*, види родів *Nitzschia* та *Navicula* золотиста водорість *Emiliana huxleyi*, ціанопрокаріоти *L. fragilis* і *Microcystis sp.* З'явилися відсутні у 2017 році діатомеї *Auricula insecta*, *Berkeleya rutilans* var. *rutilans*, *Diatoma vulgare*, *Halamphora hyalina*, а також представники родів *Melosira* та *Nitzschia*.

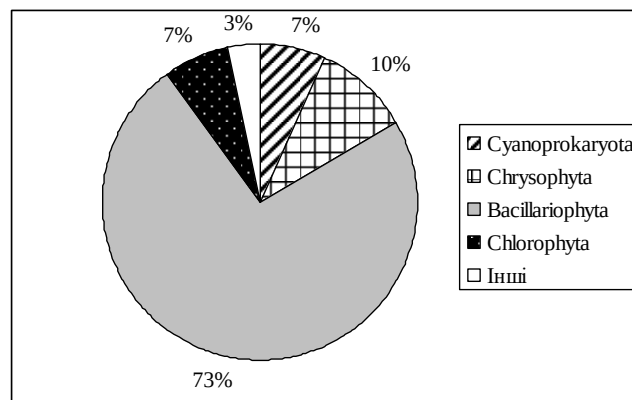
У північно-західній частині ФПЗ було знайдено 77 видів мікроводоростей, тоді як у його центральній частині – у 2,6 рази менше.

У таксономічному складі мікрофітобентосу обох досліджених ділянок Поля більшість становили діатомові водорості (рис. 6.2). Їхня частка на станції 16 була в 1,2 рази вищою, що свідчить про сприятливіші умови для вегетації цих мікрофітів у ділянці моря, яка зазнає впливу річкових вод [Красота, Рачинська, 2019]. Тільки тут була знайдена криптофітова водорість *Hilea fusiforme*, а на станції 17 – зелені *Desmodesmus communis* та *Monoraphidium arcuatum*.

Індекс Чекановського-Сьоренсена дорівнював 43,0 %. Це свідчить про значні відмінності у видовому складі мікрофітобентосних спільнот досліджених акваторій, що можна пояснити неоднаковими умовами мешкання водоростей.



а)



б)

Рисунок 6.2 – Таксономічний склад мікрофітобентосу в районі ФПЗ: а) - станція 16, б) - станція 17 влітку 2019 року (у % від кількості знайдених видів).

Індекс Шеннона в досліджених акваторіях ФПЗ значно розрізнявся і становив відповідно 4,85 та 3,34 біт/мг на станціях, розташованих у його північно-західній та центральній частинах. Індекс вирівняності Пієлу на станції 16 дорівнював 2,63, а на більш мористій станції 17 він був дещо меншим – 2,49. Тобто, структура угруповання мікрофітобентосу на станції 16, що зазнає впливу річкових та лиманних вод, є більш складною та вирівняною.

Як і у попередні роки [14]-[15], чисельність мікрофітобентосу обох досліджених акваторій Поля формували, в основному, дрібноклітинні синьо-зелені водорості, біомасу – крупноклітинні діатомові (табл. 6.2). На станції 16 загальна чисельність мікрофітів була в 2,5, а біомаса – в 85,8 рази вищою. внаслідок розвитку тут діатомей *Toxarium undulatum*, *Thalassionema*

nitzschoides, видів роду *Pleurosigma*. Суттєвий внесок у формування кількісних показників мікрофітобентосу даної морської ділянки належить також осілим на дно планктонним діатомеям *Pseudosolenia calcar-avis* і видам роду *Coscinodiscus*.

Таблиця 6.2 – Кількісні показники розвитку мікрофітобентосу
в районі ФПЗ влітку 2019 року

Райони	Відділи водоростей						
	Цуанопрокариота	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
Чисельність (млн. кл/м ²)							
Ст. 16	8 328,61	13,13	86,37	3 823,44	-	24,39	12 275,94
Ст. 17	4 484,06	-	26,30	276,09	13,12	61,97	4 961,54
Біомаса (мг/м ²)							
Ст. 16	174,35	1,24	10,82	51 803,66		1,60	51 991,67
Ст. 17	101,11	-	5,64	493,35	2,07	4,10	606,27

За отриманими показниками біомаси мікрофітобентосу на піщаних ґрунтах (відповідно до характеристики трофності водних об'єктів України [16], довкілля акваторії станції 16 ФПЗ належить до класу «гіпертрофне», а станції 17 – до класу «мезотрофне».

Стосовно солоності води знайдені водорості були, здебільшого, полігалобами (рис. 6.3). Це, в першу чергу, діатомеї *G. marina*, *Rhabdonema adriaticum*, *Synedra crystallina*, тощо. Мезогалофи були представлені діатомеями родів *Navicula* і *Nitzschia*, галофіли – родами *Cyclotella* і *Diatoma*, індиференти – *Diploneis oblongella*.

Загальна кількість сапробіонтів на станції 16 була в 2,3, α -мезосапробів – в 1,5, а β -мезосапробів – в 2,8 рази вищою, ніж на більш мористій станції 17.

Це свідчить про помірне органічне забруднення даних морських акваторій [17].

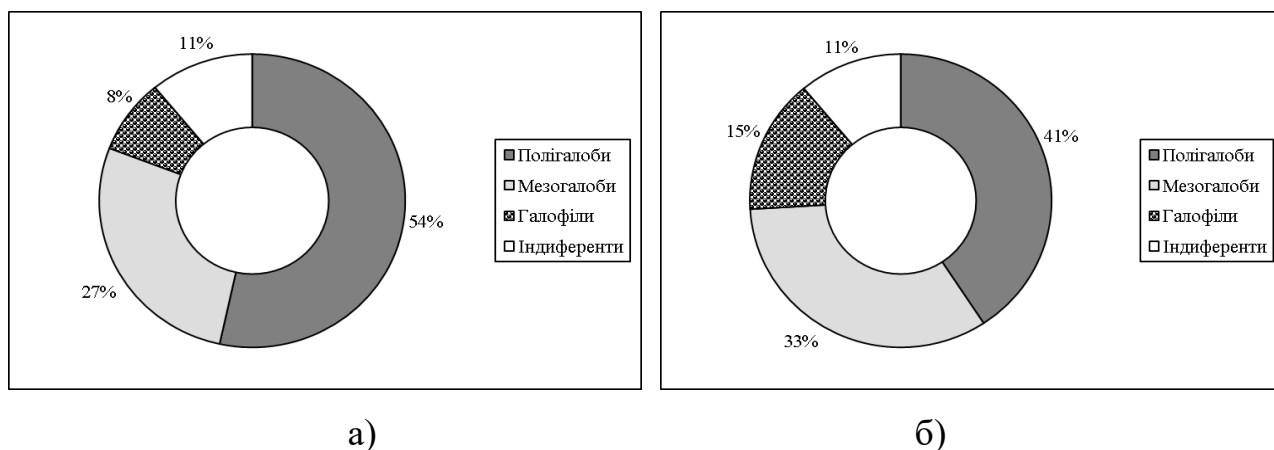


Рисунок 6.3 – Галобіонтийний склад мікрофітобентосу в районі Філофорного поля Зернова: а) ст. 16/10, б) ст. 17/9 влітку 2019 року (у % від кількості індикаторних видів)

У сапробіонтному складі мікрофітобентосу повсюдно переважали β -мезосапроби, значно менше було α -мезосапробів (рис. 6.4).

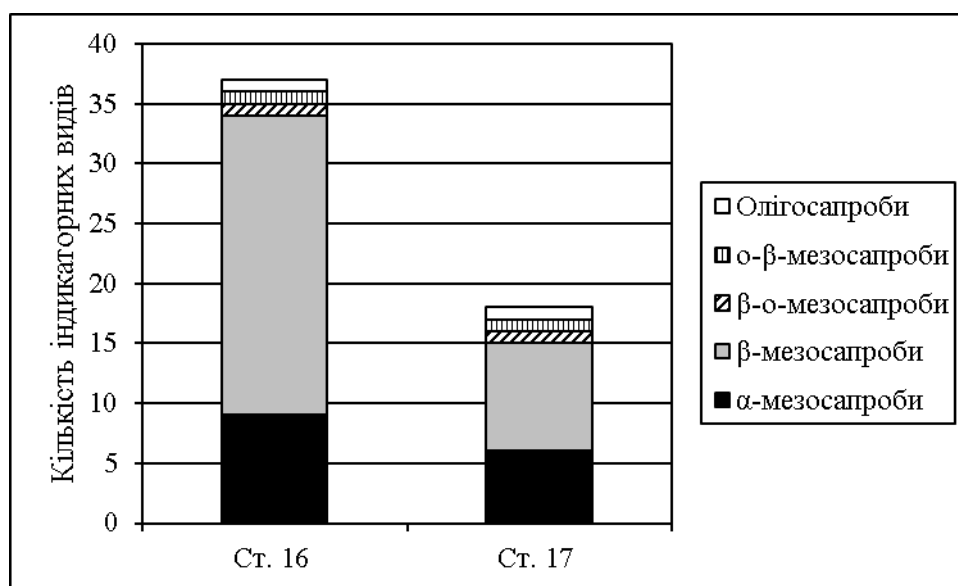


Рисунок 6.4 – Сапробіонтийний склад мікрофітобентосу в районі Філофорного поля Зернова влітку 2019 року

На станції 16 найчисленнішими та наймасовішими представниками β -мезосапробів були *Bacillaria paxillifer*, *Grammatophora marina*, а серед α -мезосапробів найбільш інтенсивно розвивалися *Paralia sulcata* і *Tabularia*

fasciculata. На станції 17 α -мезосапроби були представлені, здебільшого, *Cyclotella choctawatcheeana* *P. sulcata* і *Melosira moniliformis*. На обох станціях була зареєстрована β -о-мезосапробна ціанопрокаріота *Leptolyngbya fragilis*.

Біоіндикація якості морського довкілля охоронюваної акваторії Поля показала, що як і показники кількості знайдених видів бентосних мікрофітів, їх чисельності (особливо наявності значної частки дрібноклітинних ціанопрокаріот) та біомаси, так і показник вмісту α -мезосапробів характеризує станцію 16, як більш евтрофіковану.

У порівнянні з показниками 2017 року [18], на станції 16, яка зазнає впливу річкових та лиманних вод, відбулося суттєве зростання систематичних та кількісних показників розвитку мікрофітобентосу: кількості знайдених видів – в 1,3, чисельності – в 3,2, а біомаси – в 11,0 разів. Кількість галобіонтів тут зросла в 1,4 рази, за рахунок полі- та мезогалобів. Водночас, на станції 17, в його центральній частині, загальна кількість видів зменшилася в 1,4 рази. Чисельність мікрофітобентосу тут зросла в 1,2 рази, а біомаса, навпаки, скоротилася в 1,6 рази. Кількість галобіонтів тут зменшилась в 1,3, а сапробіонтів – в 1,2 рази.

ВИСНОВКИ

1. Загальна оцінка екологічного стану морської води і донних відкладень району ФПЗ в серпні 2019 році наступна:

– поверхневий шар води має задовільний екологічний стан, порівняно з базовою оцінкою – поганий, екологічний стан поліпшився. Забруднення гептахлором знизилось до рівня відмінного екологічного стану, але зросло забруднення ДДТ, бензо(g,h,i)періленом та бензо(b)флуорантеном. В 2019 році Кз дорівнюють ДДТ – 1.96, бензо(g,h,i)періленом – 10.626, бензо(b)флуорантеном – 1.043 в базовій оцінці 0.11, 0.20, 0.02 відповідно;

– придонний шар води має поганий екологічний стан, порівняно з базовою оцінкою – дуже поганий, екологічний стан поліпшився. Забруднення гептахлором знизилось до рівня дуже доброго екологічного стану, але зросло забруднення ДДТ, бензо(к)флуорантеном, бензо(g,h,i)періленом та бензо(b)флуорантеном. В 2019 році Кз дорівнюють ДДТ – 1.953, бензо(к)флуорантеном – 1.295, бензо(g,h,i)періленом – 25.837, бензо(b)флуорантеном – 2.758 в базовій оцінці 0.05, 0.00, 0.02, 0.01 відповідно;

– донні відкладення мають задовільний екологічний стан, порівняно з базовою оцінкою – задовільно, екологічний стан не змінився. Але зросло забруднення Σ ДДТ (Кз був 1.17, став 4.70), β -НСН (Кз був 0.83, став 3.87), лінданом (Кз був 5.25, став 7.60), нафталіном (Кз був 0.72, став 3.68), фенантреном (Кз був 0.06, став 1.34), флуорантеном (Кз був 0.46, став 3.50), бензо(а)антраценом (Кз був 0.16, став 1.43), хрізеном (Кз був 0.26, став 1.10), бензо(к)флуорантеном (Кз був 0.19, став 1.03), бензо(а)піреном (Кз був 0.13, став 1.20), індено(1,2,3)піреном (Кз був 0.49, став 2.25), бензо(g,h,i)періленом (Кз був 0.27, став 1.81).

– забруднення гексахлорбензолом зменшилось до рівня відмінного екологічного стану.

2. У зв'язку із зниженням рівня евтрофікації в шельфових водах ПЗЧМ в структурі біологічних угруповань пелагіалі та бенталі відбуваються позитивні

зміни. Винятком є природоохоронні акваторії, зокрема ФПЗ, точкові райони з суттєвим антропогенним навантаженням, де стан біоти залишається нестабільним та не спостерігається довготривалих стійких позитивних змін. В цілому, якісний стан морської води пов'язаний із хронічним забрудненням вод ПЗЧМ, наявністю великих кількостей зваженої речовини органічного та мінерального походження.

Методом біотестування на лабораторній культурі одноклітинних водоростей було встановлено, що у зоні змішування річкових та морських вод, у районі ФПЗ в серпні 2019 р. була встановлена наявність речовин різного характеру дії на водорість тест-об'єкт (ст.16, 17). На глибині 41 м, у воді знаходилися речовини, які не впливали на процеси розмноження тест-об'єкту. Токсичного впливу навколишнього середовища на тест-об'єкт у районі ФПЗ встановлено не було. Таким чином, на основі результатів біотестування можливо зробити висновок, що до гарячих точок ПЗМЧ, що вимагають постійного екологічного контролю, можна віднести природоохоронну акваторію «Філофорне поле Зернова».

3. Співвідношення груп видів макрозообентосу по відношенню до органічного речовини має наступний характер I – 8%, II – 29,45%, III – 36,5%, IV – 24,75%, V – 1,3, що відповідає слабо порушеному стану згідно індексу AMBI (2,73) і доброму екологічному статусу згідно m-AMBI (0,6). Таким чином, екологічний статус угруповання макрозообентосу ФПЗ у серпні 2019 р. можна охарактеризувати як «добрий».

4. За морфофункціональними показниками макрофітобентосу – S/W_x та S/W_{3Dr} . стан ФПЗ можна охарактеризувати як такий, що варіює між «Задовільним» та «Поганим».

5. Угруповання мікрофітобентосу досліджених районів ФПЗ формували, переважно, полігалобні, β -мезосапробні діатомові водорості.

Оцінка екологічного стану довкілля ПЗЧМ за методом біоіндикації з використанням систематичних, кількісних, галобіонтних і сапробіонтних показників розвитку водоростей показала, що на акваторії ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» найбільш

евтрофікованою була його північно-західна частина, яка зазнає впливу річкових та лиманних вод.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Бондарев И. П. Основные черты и этапы формирования экосистемы Черного моря в позднем плейстоцене-голоцене [Текст] / И. П. Бондарев // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2012. – №2. – С. 53-71
- 2 Положення про Ботанічний заказник загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» [Текст] : наказ Мінприроди України від 08.05.2009 № 217 // Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Київ, 2009. – 5 с.
- 3 Хаустов А.П. Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды / А.П. Хаустов, М.М. Редина // Экология. – 2014. – №2. – С. 92 – 96
- 4 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений [Текст] / под ред. А. В. Цыбань. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – С. 100-105, 166-170
- 5 Методические основы комплексного экологического мониторинга океана [Текст] : под.общ.ред. А.В. Цыбань. - М. : Московское отделение Гидрометеиздат, 1988. – С. 185-200
- 6 Ланская Л. А. Культивирование водоростей [Текст] / Л. А. Ланская. Экологическая физиология морских планктонных водорослей. – Киев, Наукова думка, 1971. – С. 5 – 21
- 7 Семенова О. А. Оценка токсичности донных осадков озера Кугурлуй методом биотестирования [Текст] / О. А. Семенова, В. Л. Базелян // Причерноморский экологический бюлетьень. – 2006. – № 3 – Часть.1. – С. 125 – 135
- 8 Minicheva G. Use of the Macrophytes Morphofunctional Parameters to Asses Ecological Status Class in Accordance with the EU WFD [Text] / G. Minicheva // Marine Ecological Journal. – 2013. – Vol. XII, № 3. – P. 5-21
- 9 Гусяков Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов [Текст] / Н. Е. Гусяков, О. А. Закордонец, В. П. Герасимюк. – К. : Наукова думка, 1992. – 112 с.

- 10 Неврова Е. Л. Донные диатомовые водоросли на рыхлых грунтах в глубоководной части устья Севастопольской бухты (Черное море) [Текст] / Е. Л. Неврова // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 1. – С. 43-53
- 11 Окснюк О. П. Методологические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу [Текст] / О. П. Окснюк, О. А. Давыдов // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112
- 12 Водоросли [Текст] : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.]. – К. : Наук. думка, 1989. – 606 с.
- 13 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст] : сборник / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского – М. : Наука, 1975. – С. 81-84, 108-117.
- 14 Рачинська О.В. Біоіндикація якості середовища Філофорного поля Зернова та Керченської протоки за показниками стану мікрофитобентосу [Текст] / О.В. Рачинська // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2011. – № 2 (36). – С. 118-123
- 15 Рачинська О.В. Мікрофитобентос ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» як показник його екологічного стану [Текст] / О.В. Рачинська // Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин : матеріали III Міжнародної наукової конференції (4-7 червня 2014 р., м. Львів). – Львів, 2014. – С. 144-148
- 16 Окснюк О. П. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос [Текст] / О. П. Окснюк, Л. Н. Зимбалева, А. А. Протасов [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 31-35
- 17 Барина С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. Н. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
- 18 Красота Л. Л. Оцінка екологічного стану довкілля ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова» за методами біоіндикації та біотестування [Текст] / Л. Л. Красота, О. В. Рачинська // Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та

соціальних викликів : збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції. – Київ, 2019. – С. 331-334