

УДК 574.632 (262.5)

**Берлинский Н.А.**, доктор геогр. наук, зав. отделом,**Деньга Ю.М.**, ст. научн. сотр.**Матвеев А.В.**, научн. сотр.**Подуст О.С.**, научн. сотр.**Попов Ю.И.**, канд. геогр. наук, ст. научн. сотр.**Третьяк И.П.**, научн. сотр.

Украинский научный центр экологии моря Минэкологии и природных ресурсов Украины, Французский бульв., 89, Одесса-9, 65009, Украина

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ УСЛОВИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ДИНАМИКУ ФИЛЛОФОРНОГО ПОЛЯ ЗЕРНОВА

Рассматривается уникальное скопление красной агароносной водоросли рода филофора (*Phyllophora*), так называемое «филлофорное поле Зернова» расположенное в северо-западной части Черного моря. В период бурного развития эвтрофирования (1970-1990 гг.) и, как следствие, придонной гипоксии, произошла деградация поля, что выразилось в сокращении биомассы и ареала ее распространения. К другим факторам негативного воздействия относятся понижение прозрачности вод, заиление донных осадков, нерациональная добыча водоросли и возможно, техногенное влияние установок по добыче углеводородного сырья, расположенных на смежной акватории.

В последние 10-15 лет происходит восстановление филлофорного поля, что обусловлено следующими причинами: сокращением стока биогенных веществ из рек, увеличением прозрачности вод в результате сокращения взвешенных веществ органического и минерального происхождения в воде и прекращения донного траления. Оценка уровня накопления в филлофоре приоритетных загрязняющих веществ показала, что в сравнении с данными 2000г. концентрации токсических металлов уменьшились вдвое. Общее количество видов водорослей макрофитобентоса района исследований за последние годы возросло в 2-3 раза, что свидетельствует об улучшении экологического состояния «поля Зернова».

Уровень загрязнения морских донных отложений в районе филлофорного поля Зернова в целом соответствует экологическим нормативам качества морской среды (интегральный класс качества 2 – «хорошее качество»). Однако, в работе выявлено определенное влияние загрязняющих веществ со стороны установок по добыче углеводородного сырья.

Для определения наличия и возможного влияния придонной гипоксии на относительном глубоководье северо-западного шельфа Черного моря следует выполнить прямые экспедиционные наблюдения в летне-осенний период, т.е. в наиболее вероятный период широкомасштабного сокращения растворенного кислорода в придонном слое.

**Ключевые слова:** Черное море, шельф, дно, филофора, деградация, анализ, поллютанты, загрязнения, состояние, динамика.

### Введение

В северо-западной части Черного моря расположено уникальное скопление красной агароносной водоросли рода филофора (*Phyllophora*), так называемое

«филлофорное поле Зернова». Филлофора весьма ценный продукт, который применяется в пищевой и медицинской промышленности. Подобного сосредоточения филлофоры данного вида, как на северо-западном черноморском шельфе, нет нигде в мире. Помимо этого, «поле Зернова» — это место обитания многих видов гидробионтов. Здесь отмечено более 47 видов рыб и 118 видов беспозвоночных.

В середине 70-х годов XX столетия на шельфе начался процесс широко-масштабного эвтрофирования вод, что обусловило рост первичной продукции фитопланктона. В результате бурного развития биомассы планктона произошло уменьшение прозрачности вод шельфовой области моря [6]. За счет экранирующего эффекта органического взвешенного вещества в столбе воды уменьшился эффект проникающей солнечной радиации, что привело к ограничению фотосинтеза. В итоге произошла сильная потеря кислорода в воде. Эти явления негативно отразились на биоценозе филлофоры и привели к значительной деградации и сокращению ареала ее распространения. К дополнительным факторам негативного воздействия в конце XX столетия следует отнести регулярное развитие придонной гипоксии и аноксии, приводящие к гибели бентоса на черноморском шельфе в теплый период года [2–5, 18, 19, 21], интенсивное донное траление до 70-х годов XX в. и, возможно, техногенную нагрузку из-за добычи углеводородного сырья на смежной акватории. В настоящее время актуальной является оценка современного состояния и возможность восстановления филлофорного поля.

Следует отметить, что дополнительная нагрузка на экосистему Черного моря в виде избыточного поступления биогенных веществ с речным стоком значительно сократилась. Запрещено донное траление. Приняты другие природоохранные меры. Однако, крупномасштабные заморы донной флоры и фауны продолжают, как показывают результаты мониторинга смежных с филлофорным полем акваторий [1]. Заморы связаны с аккумуляцией значительного количества биогенных веществ в донных осадках шельфа, которые продолжают провоцировать развитие придонной гипоксии. По этой причине Украинским научным центром экологии моря с 30 мая по 7 июня 2012 г. были выполнены комплексные исследования филлофорного поля с целью определения и оценки его состояния. *Объектом* явился северо-западный шельф Черного моря, а *предметом* — анализ современного состояния изучаемого объекта. К основным задачам проведенных исследований относились: оценка современных границ и состояния филлофоры, оценка гидрологических и гидрохимических условий и степени загрязненности компонентов экосистемы токсичными веществами.

Уже более 100 лет «поле Зернова» представляет собой цель исследования многих ученых как уникальное явление, необычную ассоциацию живых организмов, единственное в своем роде сочетание окружающих физико-географических условий, надежный индикатор состояния водной массы и морского дна. Это объект, который является одним из безоговорочных для подтверждения закона географической локальности и закона соответствия.

## Материалы и методы исследований

Расположение станций наших исследований пришлось на центр «поля» (рис. 1). Анализ уровня загрязнения морской среды выполнялся в сравнении с действующими нормами предельно допустимых концентраций, принятых на Украине [13, 16], в России [12] и в странах Евросоюза [22].

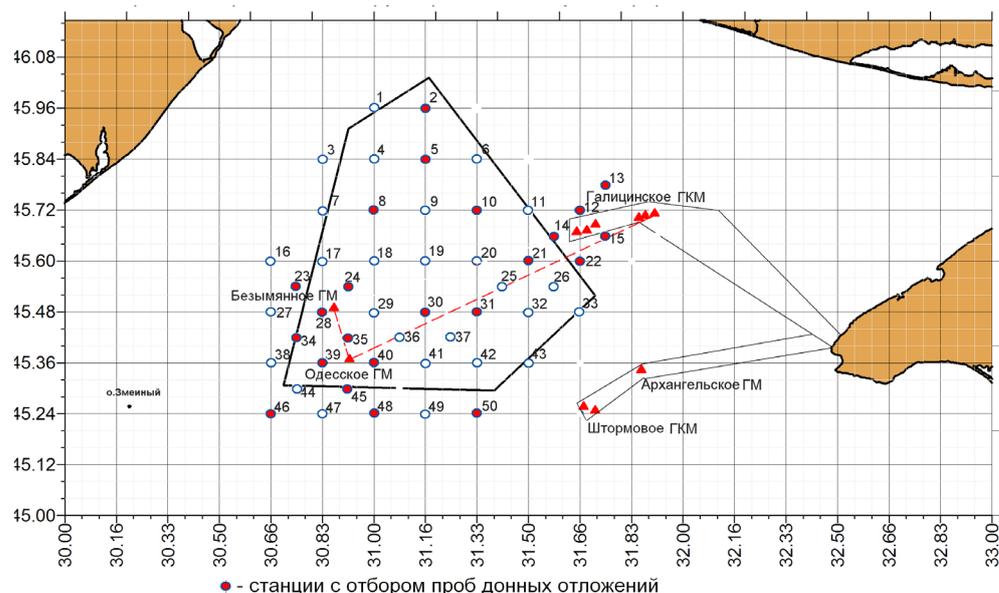


Рис. 1. Схема расположений станций в районе «филлофорного поля» и места добычи углеводородного сырья на шельфе Черного моря.

В процессе исследования определялись стандартные гидрохимические характеристики и загрязняющие вещества: соленость — электрометрическим методом; растворенный кислород — методом титрования (Винклера);  $pH$  — электрохимическим методом; взвешенное вещество — гравиметрическим методом на установке ультрафильтрации с ядерными фильтрами 0,45 мкм. Среди биогенных веществ выявлялись: азот нитритный, аммонийный, общий; также кремний; фосфор минеральный, общий — фотоколориметрическим методом; загрязняющие вещества — токсичные металлы:  $Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Hg, Pb, Zn$  — методом непламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии. Фенолы (сумма) выявлялись методом спектрофотометрии, нефтепродукты (сумма) — методом инфракрасной спектрофотометрии.

Макробентос, пробы воды и донных осадков отбирались и обрабатывались стандартными методами, согласно [15].

### Обсуждение результатов

В период исследований в районе работ отмечался устойчивый меридиональный перенос вод южного направления со скоростями 10–15 см/с. Срединные области северо-западного шельфа являются зоной интенсивного перемешивания загрязненных речных вод днепро-бугского, днестровского и, частично, дунайского происхождения, с проникающими сюда более чистыми водами открытого моря. Трансформированные воды дунайской разгрузки в основном распространяются в юго-восточных направлениях, т.е. в южные районы шельфовой области. Внедрение в центральные районы шельфа с юго-востока вод открытого моря с меньшей химической загрязненностью и биологической активностью определяет относительно высокую прозрачность поверхностной толщи вод. Это способствует развитию донной макроводоросли филлофоры на глубинах 20–30 м. В настоящее время это ботанический заказник «Филлофорное поле Зернова» (рис. 2).

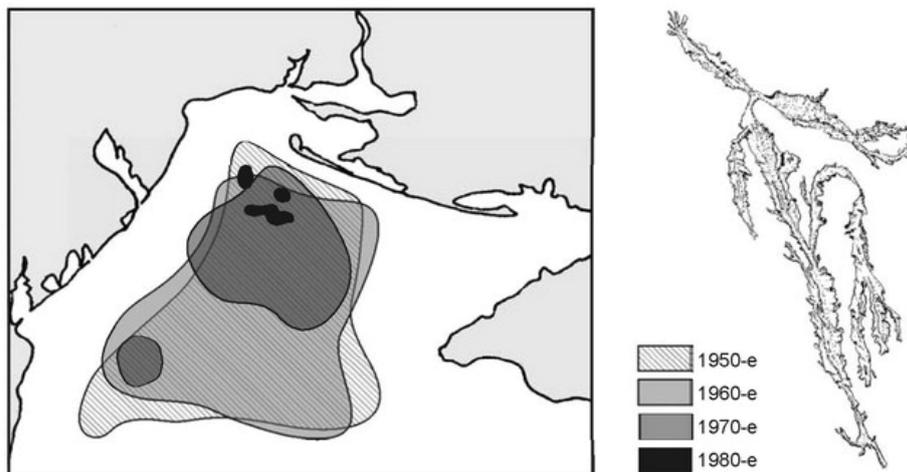


Рис. 2. Изменение площади филлофорного поля Зернова [17] и общий вид основного пластообразующего макрофита — *Phyllophora crispa* (= *Ph. nervosa*)

Для оценки происшедших изменений и современного состояния филлофорного поля, следует сопоставить ареал распространения филлофоры в предыдущие годы с настоящим. Начиная с 1920-х гг., филлофорное поле активно эксплуатировали: вплоть до начала 1980-х гг. ежегодно добывали по 15–20 тыс. тонн сырья для производства йода, желирующих веществ (агароид и филлофоран, «родственники» агар-агара). Делалось это варварски: драгами, которые нарушают весь растительный покров, вырывают с корнем все подряд, взмучивают донные осадки, переворачивают пласты донных отложений в те-

чение многих десятилетий. Уже этого было достаточно, чтобы поле серьёзно пострадало. Но добавился ещё и целый комплекс губительных факторов.

После Второй Мировой войны в странах восстанавливающейся Европы началось бурное развитие сельского хозяйства, своеобразная «зелёная революция», с использованием большого количества минеральных удобрений. Со стоком рек, прежде всего Дуная, в Черное море стало поступать избыточное количество биогенных веществ. Море начало «цвести»: вспышки численности фитопланктона привели к понижению прозрачности воды (в 2–3 раза по сравнению с 1940-ми гг.), что лимитировало фотосинтез на больших глубинах. Усиление седиментации вызвало заиление пласта растений, что ещё больше усугубило ситуацию. В 1960-е гг. были отмечены первые признаки отмирания пласта филлофоры. В 1964 г. ее запас оценивался в 4,1 млн. тонн; к 1980-м годам площадь поля сократилась более чем втрое — до 3 тыс. км<sup>2</sup>, а запас составил 1,7 млн. тонн. Ещё через 10 лет площадь сократилась до 500 км<sup>2</sup>, а запас упал, по разным данным, до 100 — 300 тыс. тонн [7, 8]. В 2000 г. на «поле Зернова» осталось всего лишь  $\approx 6$  тыс. тонн филлофоры. В период 80-х годов небольшие пласты отмечены лишь возле Тендровской косы [2].

Сопоставление областей развития придонной гипоксии за тот же период показывает определенную закономерность сокращения площади расположения филлофоры в результате придонной гипоксии и заморов донной флоры и фауны (рис. 3). Антропогенная нагрузка легла не только на прибрежные фитоценозы, но и на растительность «филлофорного поля Зернова», которое находится на грани исчезновения.



Рис. 3. Динамика площади придонной гипоксии в СЗ части Черного моря [23]

В 1973–1990 гг. в северо-западной части Черного моря придонная гипоксия занимала площадь около 3500–40000 км<sup>2</sup> [24]. Первые признаки гибели филлофоры в 1974 г. обнаружил К.М. Каминер. Согласно его данным, на «филлофорном поле Зернова» от прежних запасов осталось всего 420 тыс. тонн, а за Бакальской косой Каркинитского залива — уже 70 вместо 326 тыс. тонн в 1964 г. Освободившаяся биологическая ниша заселяется малоценной мезо-

сапробной водорослью *Palysiphonia elongata*. Причина таких колоссальных изменений видится нам в эвтрофировании водных масс (заморы, заиление, гипоксия и аноксия у дна), вызывающее интенсивное развитие фитопланктона и снижение прозрачности воды, иногда вплоть до 0,5 м [17].

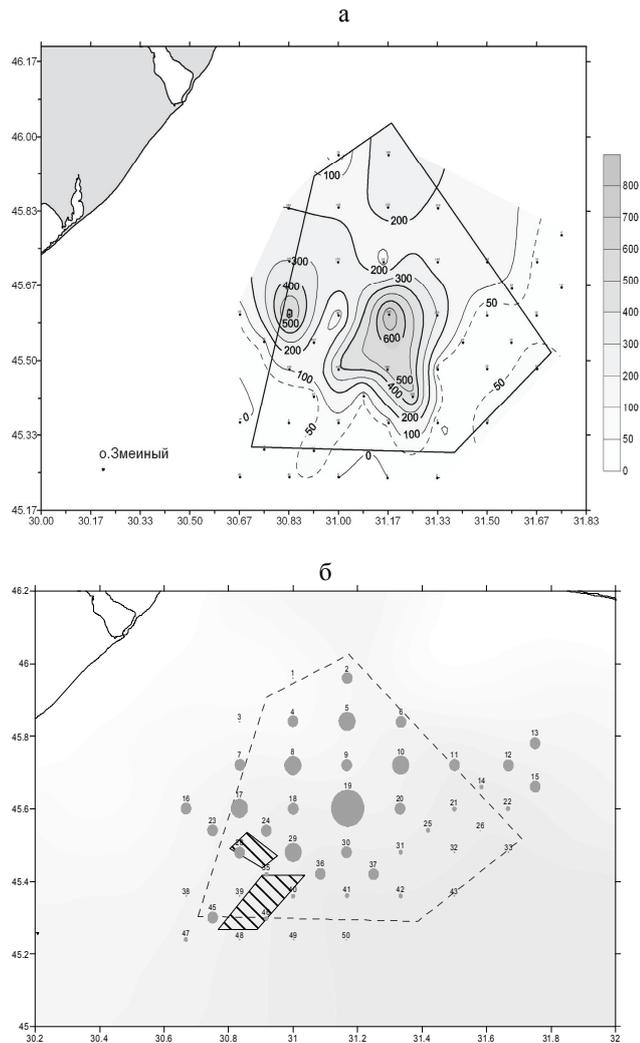


Рис. 4. Распределение филофоры у дна в расчете куст/100 м<sup>2</sup> (по данным съемки в 2012 г.) (а); проективное покрытие филофоры на поверхность дна (б).

Следует отметить, что за прошедшие 30 лет произошло определенное восстановление поля в пределах центральной и относительно глубоководной части шельфа (рис. 4). С помощью подводного аппарата «Атлеш» проводилась

видеосъемка донной поверхности района «филлофорного поля Зернова» с целью оценки степени ее проективного покрытия водорослями макрофитобентоса. Диапазон колебаний величин проективного покрытия донной поверхности района заказника водорослями макрофитобентоса весьма значительный: от 1% до 76%. Характер проективного покрытия донной поверхности водорослями обусловлен их физиолого-биохимическими особенностями (набором фотосинтетических пигментов), глубиной места нахождения водорослей и характером донного субстрата.

В северной половине обследованной территории (рис. 4-а) максимальные величины проективного покрытия донной поверхности водорослями макрофитобентоса достигали 65 – 76 %, составляя в среднем 40 – 45 %. В основном масса водорослей макрофитобентоса была представлена бурыми водорослями из родов *Ectocarpus* и *Feldmania*. Непосредственно водоросли рода филлофоры составляли 10 – 15 % общего водорослевого покрытия.

В центральной части филлофорного поля отмечается широкое распространение филлофоры по всей поверхности дна. Кроме отдельных кустов филлофоры, здесь находятся как большие скопления кустов, так и отдельные валы филлофоры. Кусты филлофоры представлены прикрепленной филлофорой *Phyllophora truncata*, а валы — пластообразующей неприкрепленной *Phyllophora crispa*. Проективное покрытие донной поверхности филлофорой в центре заказника достигает 35%. С увеличением глубин, в южной части поля, величины проективного покрытия донной поверхности водорослями макрофитобентоса составляют в среднем 10%, понижаясь до 6–2% в восточной части морского дна (рис. 1, станции № 26 и 32; рис. 4). Величина проективного покрытия с глубиной понижается до 10–5–1%. Следует отметить, что даже в конце благоприятных с экологической точки зрения 60-х годов прошлого века в этой части поля проективное покрытие дна филлофоры было также незначительным и составляло от 5 до 20% [9].

В настоящее время распределение водорослей макрофитобентоса в районе «филлофорного поля Зернова» носит мозаичный характер. На рис. 4-б приведено проективное покрытие филлофоры на донную поверхность поля. Для определения количественных характеристик этого проективного покрытия, был использован метод Б.М. Миркина [10], который является примером неравнодистанционной шкалы: 0 – 5 – 15 – 25 – 50 – 100 (или < 1%; 1 — 1–5%; 2 — 6–15%; 3 — 16–25%; 4 — 26–50%; 5 — > 50%).

В современный период сокращения биогенных веществ со стоком рек причиной восстановления филлофорного поля следует считать увеличение прозрачности вод и, тем самым, интенсивности фотосинтеза в столбе воды в результате понижения концентраций взвешенных веществ в море. Так, в 70-80-х годах XX века концентрации веществ в дунайской воде, содержащих азот и фосфор, резко увеличились в несколько раз, а в 90-х вернулись к значениям 50-60-х годов (табл. 1). Начиная с 90-х годов, в стоке Дуная отмечено заметное

уменьшение концентраций минеральных и возрастание концентраций органических форм азота и фосфора, а также нарушение соотношений между ними, которые существовали до начала антропогенного эвтрофирования (табл. 1) [21]. Такие изменения мы связываем со строительством новых очистительных сооружений и применением новых технологий очистки антропогенных стоков в европейских странах бассейна Дуная и разорением экономики Украины.

Таблица 1.

**Многолетние изменения концентраций биогенных веществ в воде  
Кикийской дельты Дуная [21]**

| Период    | Объем стока км <sup>3</sup> /год | NH <sub>4</sub>    | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | N <sub>орг.</sub> | PO <sub>4</sub> | P <sub>орг.</sub> | Si   |
|-----------|----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|------|
|           |                                  | мг/дм <sup>3</sup> |                 |                 |                   |                 |                   |      |
| 1958-1960 | 179,4                            | 0,25               | 0,012           | 0,53            | 0,63              | 0,071           | 0,031             | 4,38 |
| 1977-1985 | 227,7                            | 0,62               | 0,044           | 1,00            | 0,90              | 0,165           | 0,071             | 3,98 |
| 1986-1988 | 204,7                            | 0,57               | 0,160           | 1,26            | 3,07              | 0,281           | 0,100             | 2,57 |
| 1989-1992 | 169,7                            | 0,44               | 0,118           | 1,63            | 5,07              | 0,233           | 0,113             | 2,98 |
| 1993-1996 | 195,1                            | 0,13               | 0,074           | 1,18            | 3,74              | 0,091           | 0,096             | 2,36 |
| 1997-2000 | 230,9                            | 0,05               | 0,016           | 0,56            | 6,97              | 0,078           | 0,048             | 1,44 |

В период съемки 2012 г. концентрации взвешенных в морской воде веществ в поверхностных водах (рис. 5-а) изменялись в пределах от 0,34 мг/л на юго-востоке (ст. 42, рис. 1) до 3,72 мг/л на станции 32. Зона повышенных концентраций взвешенных веществ (2,5–3 мг/л) наблюдается в центре южного района (ст. 6, 9, 11, 20 на рис.1). В придонном слое максимум взвешенных веществ смещается в северо-западном направлении (рис. 5-б). Наибольшая концентрация (2,98 мг/л) была зафиксирована в районе станции 18, минимум (0,18 мг/л) — на станции 49 (рис. 1).

Наблюдается логическая обратная связь между прозрачностью вод и содержанием взвешенных веществ. На протяжении предыдущего десятилетия, по данным, явно выражена тенденция понижения прозрачности (рис. 6).

Наши исследования 2012 г. показали, что прозрачность морских вод изменялась в широких пределах — от 6 м в районах Тендровской косы, на юго-востоке и северо-западе полигона и до 9–13 м в 4–5 локальных районах, приуроченных к областям относительно соленых вод. Высокие значения прозрачности вод (12–13 м) отмечены в юго-западном секторе полигона работ (рис. 7а). Для определения роли динамики в формировании поля прозрачности вод вторично приводится картина геострофических течений со схематически оконтуренными элементами циклонического завихрения (рис. 7б).

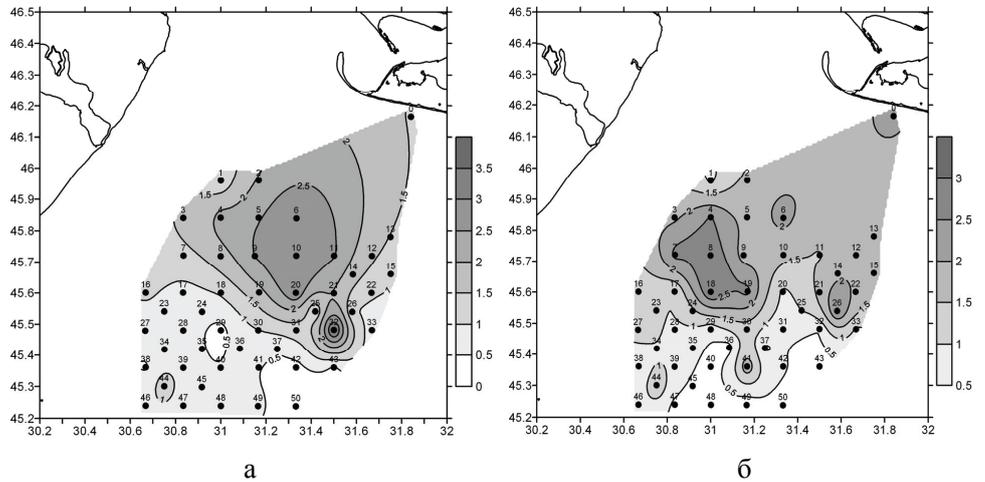


Рис. 5. Распределение взвешенного вещества (мг/л) на поверхности моря (а) и в придонном слое (б).

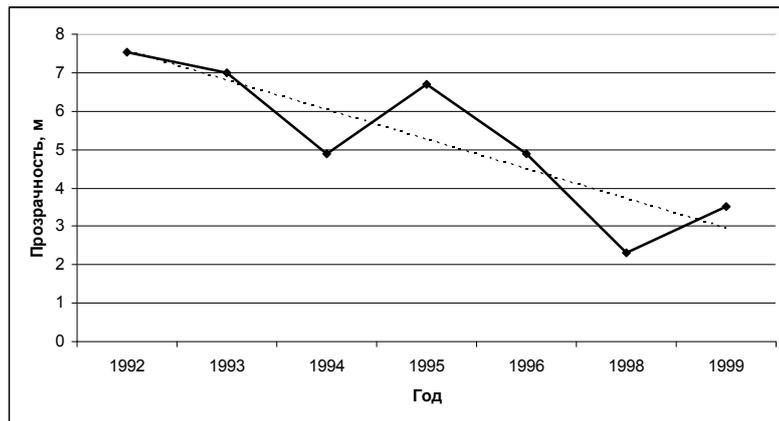


Рис. 6. Межгодовая динамика изменения прозрачности вод (м) по диску Секки [6]

Совместное представление данных схем и хорошее пространственное согласование циклонических вихрей и областей с большими глубинами прозрачности вод наглядно свидетельствует об определяющем (в данном случае) вкладе мезомасштабной циркуляции в формирование на поверхности областей более прозрачных вод. Циклонические вихри вызывают подъем в поверхностные слои промежуточных вод, а они, как правило, существенно меньше загрязнены и меньше насыщены взвешенными частицами. Этот факт объясняется нами климатической обусловленностью перестройки гидрофизических полей в северо-западной части Черного моря [1].

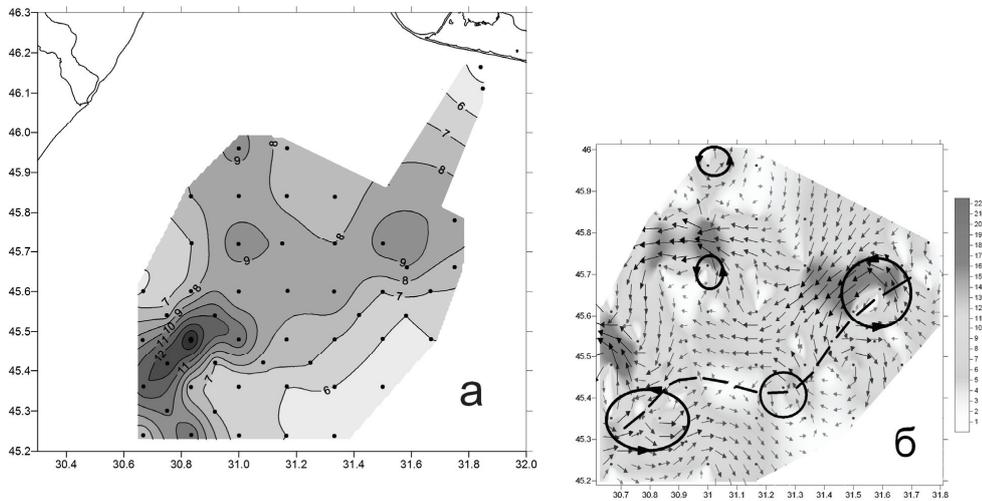


Рис. 7. Распределение прозрачности вод (а), определенной по диску ДБ (Секки), геострофической циркуляции воды на шельфе (б).

Выполненный анализ уровня загрязнения морской среды и компонентов экосистемы «филлофорного поля» в 2012 г. показал, что среди токсичных металлов в филлофоре в наибольших концентрациях (40–50 мг/кг) присутствуют цинк и никель, что примерно в 3–4 раза ниже, чем по результатам исследований в 2000 г. [11]. Средние уровни накопления в филлофоре кадмия (0,32 мг/кг) и меди (16 мг/кг) также, по сравнению с 2000 г., снизились в 3–3,5 раза. Концентрации макрокомпонентов (железо и марганец) в филлофоре на порядок выше других токсичных металлов (рис. 8).

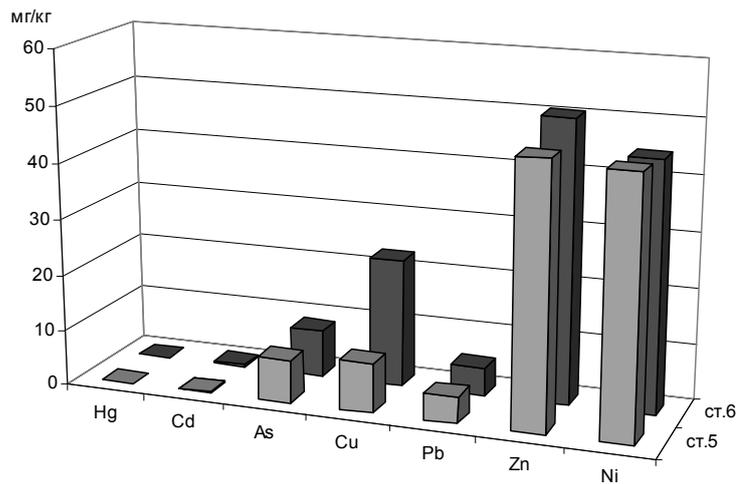


Рис. 8. Концентрации токсичных металлов в филлофоре

Особо следует отметить наличие в макрофитобентосе района ботанического заказника «Филлофорное поле Зернова» «краснокнижных» видов водорослей, занесенных в «Красную книгу Украины»: (эктокарпус стручковатый – *Ectocarpus siliculosus*; филлофора псевдорюгатая – *Phyllophora pseudoceranooides* и кладофора вадорская – *Cladophora vadorum*). В книгу «Black Sea Red Data Book» внесены филлофора пластообразующая (*Phyllophora crispa*) и филлофора прикрепленная (*Ph. Truncata*). Соотношение количества видов водорослей — макрофитов разных отделов (в %) представлено на рис. 9.

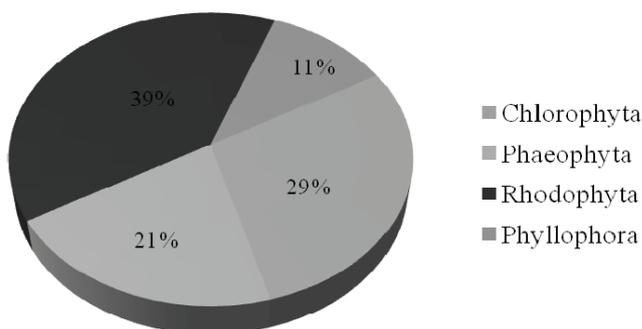


Рис. 9. Циклограмма соотношения количества видов водорослей, макрофитов разных отделов

Общее количество видов водорослей за период с 2005 г. до июня 2014 г. выросло с 8–17 видов до 28 видов. Успешнее всего восстанавливался видовой состав красных водорослей. Появилось 8 новых видов, которых не было в съемках 2005 и 2006 гг. Среди них — «краснокнижная» *Phyllophora pseudoceranooides*. В целом общее количество видов водорослей макрофитобентоса района Филлофорного поля Зернова за последние годы возросло в 2–3 раза. Это свидетельствует о том, что современное экологическое состояние макрофитобентоса данного района Черного моря можно оценить как удовлетворительное. Об этом свидетельствует и наличие среди *Ph. truncata* большого процента ( $\approx 45\%$ ) особей молодого возраста.

Полученные нами результаты исследований степени загрязнения донных осадков показали, что для всех проб не установлено превышения экологических и гидрохимических нормативов. Содержание ртути составляло 0,3 мг/кг, кадмия — 0,8 мг/кг, мышьяка — 29 мг/кг, свинца — 85 мг/кг и цинка — 140 мг/кг. Концентрации меди и никеля, превышающие норму были выявлены в 5 из 23 проб донных осадков. Максимальное содержание меди 90 мг/кг отмечено на ст. 11 (рис.1), а никеля – 61 мг/кг – на ст. 39, с превышением экологических нормативов в 2,6 и 1,7 раза соответственно. Эти станции расположены в районах разработки Одесского и Галицинского месторождений углеводородного сырья. Их влиянием и можно объяснить повышенные концентрации загрязняющих веществ в донных осадках.

Таблиця 2.

**Видовой состав водорослей – макрофитов района ФПЗ  
(по данным исследований 2005 – 2012 гг.)**

| Видовой состав водорослей   | по данным [26] | по данным [23] | по данным авторов за 2012г. |
|---|----------------|----------------|-----------------------------|
| 1   | 2              | 3              | 4                           |
| <b>Phaeophyta</b>   |                |                |                             |
| <i>Cystoseira barbata</i> C. Ag. var. <i>barbata</i>  | –              | –              | –                           |
| <i>Desmarestia viridis</i> (O. Mull. in Hornem.) J.V. Lamour.   | –              | +              | +                           |
| <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb. var. <i>hiemalis</i> (Crouan ex Kjellm.) Gallardon *<br>var. <i>hiemalis</i> (Crouan ex Kjellm.) Gallardo | +              | –              | +                           |
| <i>Feldmannia irregularis</i> (Kütz.) Gamel.  | –              | +              | +                           |
| <i>Myrionema seriatum</i> (Reinke) Kylin seriatum   | –              | –              | +                           |
| <i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) Ag.   | –              | +              | +                           |
| <i>Striaria attenuata</i> (Ag.) Grev.   | –              | –              | +                           |
| <b>Rhodophyta</b>   |                |                |                             |
| <i>Acrochaetium thuretii</i> (Bornet) F.S.Collins & Hervey  | –              | –              | +                           |
| <i>Antithamnion cruciatum</i> (Ag.) Nag.  | –              | –              | +                           |
| <i>Callithamnion corymbosum</i> (Sm.) Lyngb.  | –              | +              | –                           |
| <i>Ceramium deslongchampsii</i> Chauv. ex Duby  | –              | –              | –                           |
| <i>C. diaphanum</i> (Lightf.) Roth  | +              | +              | +                           |
| <i>Dermatholithon cystoseirae</i> (Hauck) H. Huve   | –              | –              | –                           |
| <i>Erythrocladia subintegra</i> Rosenvinge  | –              | –              | +                           |
| <i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) D.Penrose & Y.M.Chamberlain Penrose et Y. M. Chamberlain   | –              | –              | +                           |
| <i>Kylinia secundata</i> (Lyngbye) Papenfuss  | –              | –              | +                           |
| <i>Lithothamnion</i> sp.  | –              | +              | –                           |
| <i>Lithothamnion propontidis</i> Foslie   | –              | –              | +                           |
| <i>Peyssonnelia rubra</i> (Grev.) J. Ag.  | +              | +              | –                           |
| <i>Phyllophora crispa</i> (Hudson) P. S. Dixon **   | +              | +              | +                           |
| <i>Ph. pseudoceranoides</i> (S.G. Gmel.) Newroth et R.A. Taylor *   | –              | +              | +                           |
| <i>Ph. truncata</i> (Pall.) Zinova **   | +              | +              | +                           |
| <i>Pneophyllum confervicola</i> (Kützling) Y.M. Chamberlaine  | –              | –              | +                           |
| <i>Pneophyllum fragile</i> Kütz.  | +              | +              | +                           |
| <i>P. elongata</i> (Huds.) Harv.  | +              | +              | +                           |
| <i>P. sanguinea</i> (Ag.) Zanard.   | +              | +              | +                           |

## Продолжение таблицы 2

| <b>Chlorophyta</b>  |          |           |           |
|---|----------|-----------|-----------|
| <i>Bryopsis plumosa</i> (Huds.) C. Ag.                        | –        | +         | –         |
| <i>Br. hypnoides</i> J.V. Lamouroux                           | –        | –         | +         |
| <i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.                         | –        | +         | +         |
| <i>Cl. liniformis</i> Kütz.                                   | –        | +         | +         |
| <i>Cl. vadorum</i> (Aresch.) Kütz. *                          | –        | –         | +         |
| <i>Ectochaete endophytum</i> (M.Möbius) Wille                 | –        | –         | +         |
| <i>Enteromorpha compressa</i> (L.) Nees                       | –        | –         | +         |
| <i>Pilinia rimosa</i> Kützing                                 | –        | –         | +         |
| <i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillw.) Kütz.                  | –        | +         | –         |
| <i>Rh. riparium</i> var. <i>implexum</i> (Dillwyn) Rosenvinge | –        | –         | +         |
| <b>Всего</b>  | <b>8</b> | <b>17</b> | <b>28</b> |

Примечание:

- виды, занесенные в Красную Книгу Украины (\*)
- виды, занесенные в Black Sea Red Data Book (\*\*)

Наибольшие концентрации нефтепродуктов (420 и 450 мг/кг) также приурочены к этим районам (ст. 14, 22 — Голицинское месторождение, рис. 1) и 360 мг/кг (ст. 40 — Одесское месторождение, рис. 1). Минимальный уровень загрязнения в донных осадках ( $\leq 150$  мг/кг) отмечался в СЗ районе исследуемой акватории. Наименьшая концентрация сумм нефтепродуктов (80 мг/кг) зафиксирована на ст. 4 (рис. 1). Средняя по полигону концентрация нефтепродуктов составила 240 мг/кг, что соответствует удовлетворительному качеству (класс 3) по классификации качества грунтов [14].

Пространственное распределение фенолов достаточно неоднородно на площади полигона. Максимальное содержание фенолов (0,82 мг/кг) отмечено на ст. 46 (Одесское месторождение), а минимальное  $< 0,3$  мг/кг — в северо-западной части исследованной акватории. Среднее значение концентрации фенолов по акватории составило 0,39 мг/кг, что соответствует классу качества 4 — «низкое качество». Тем не менее, уровень загрязнения морских донных отложений в районе «филлофорного поля Зернова» в целом соответствует экологическим нормативам качества морской среды (интегральный класс качества 2 — «хорошее качество»).

Оценка качества морских донных осадков в районе филлофорного поля показала несоответствие нормативам для суммы нефтяных углеводородов и фенолов. Для разных загрязняющих веществ она различна (табл. 3).

Таблица 3.

**Интегральная оценка качества морских донных осадков  
по уровню загрязнения различными поллютантами**

| № п/п | Названия химических элементов | Оценка уровня загрязнения |
|-------|-------------------------------|---------------------------|
| 1.    | Кадмий                        | Высокая                   |
| 2.    | Мышьяк                        |                           |
| 3.    | Ртуть                         |                           |
| 4.    | Цинк                          |                           |
| 5.    | Свинец                        |                           |
| 6.    | Медь                          | Хорошая                   |
| 7.    | Никель                        |                           |
| 8.    | Сумма нефте-углеводородов     | Удовлетворительная        |
| 9.    | Сумма фенолов                 | Слабая                    |

Поскольку съемка в 2012 г. выполнялась в весенне-летний период, слой придонной гипоксии не отмечен. Известно [7], однако, что формирование придонной гипоксии на относительном глубоководье северо-западной части Черного моря начинается во второй половине летнего периода. По этой причине следует выполнить прямые экспедиционные наблюдения в указанный период для выявления возможного влияния кислородной депрессии на объекте исследований. В период выполненной съемки абсолютные значения растворенного кислорода в придонном слое в среднем составляли около 10–11 мг/л. Отмеченные концентрации биогенных веществ в морской воде сопоставимы с величинами периода 1960–1970-х годов (табл. 1), поскольку общее количество фосфора находилось в пределах от 0,005–0,025 мг/дм<sup>3</sup>, с доминированием минеральной составляющей до 75% от общего. Это свидетельствует об общем понижении уровня трофности вод. Таким образом, из рассмотренных факторов воздействия на состояние филофоры четко проявляется негативное влияние антропогенной нагрузки от разработки углеводородного сырья, сокращение уровня трофности. Определено содержание взвешенных веществ, что относится к позитивному фактору. В дальнейшем требуется определить состояние морской экосистемы в период развития придонной гипоксии, т.е. в летне-осенний период, для чего следует выполнить дополнительные наблюдения именно в этот период.

### Выводы

Исследования, выполненные на северо-западном шельфе Черного моря в 2012-2014 гг. позволили сформулировать ряд выводов.

1. Отмечен позитивный факт постепенного снижения концентраций взвешенных в воде веществ, по сравнению с данными предыдущих исследований экологического состояния района «филлофорного поля Зернова».

2. Анализ уровня накопления в филофоре приоритетных загрязняющих веществ показал, что, в сравнении с данными 2000 г., концентрации токсических металлов уменьшились вдвое.

3. Общее количество видов водорослей макрофитобентоса района исследованных за последние 10-15 лет возросло в 2–3 раза, что свидетельствует об улучшении экологического состояния «филофорного поля Зернова».

4. Уровень загрязнения морских донных отложений в районе филофорного поля Зернова в целом соответствует экологическим нормативам качества морской среды (интегральный класс качества 2 – «хорошее качество»).

5. Таким образом, проведенные комплексные исследования позволяют оценить современное экологическое состояние филофорного поля Зернова как удовлетворительное. При этом отмечено локальное влияние антропогенной нагрузки при разработке месторождений нефти и газа на Одесском и Голицинском месторождениях.

### Список цитированной литературы

1. Берлинский Н. А. Динамика техногенного воздействия на природные комплексы устьевой области Дунай. – Одесса: Астропринт, 2012. – 252 с.
2. Берлинский Н. А., Богатова Ю.И., Гаркавая Г.П. О развитии гипоксии в северо-западной части Черного моря в современный период // Наукові записки Тернопільського національного пед. універс. ім. В. Гнатюка. Біологія. – 2001. – № 4 (15). – С. 114 – 116.
3. Берлинский Н. А., Косарев А.Н., Кураев А.В., Богатова Ю.И. Придонная гипоксия на северных шельфах Черного и Каспийского морей как фактор эвтрофирования // 4-я Межд. конф. Динамика и термика водохранилищ и прибрежной зоны морей: тез. докл. Под ред. Р.Чалова. – Москва, 2004. – С. 196 – 199.
4. Берлинский Н. А., Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И. Проблемы антропогенного эвтрофирования и развития гипоксии в северо-западной части Черного моря // Экология моря. – 2003. – Вып. 63. – С. 17 – 22.
5. Берлинский Н. А. Развитие придонной гипоксии в северо-западной части Черного моря / Н.А. Берлинский, А. Н. Косарев, Б. С. Залогин // Экологические проблемы Черного моря: междунар. научно-практическая конференция, 4–6 октября 1993, Севастополь: материалы. – Севастополь, 1993. – С. 33–37.
6. Орлова І.Г., Павленко М.Ю., Український В.В. та ін. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану Північно-Західного шельфу Чорного моря: довідковий посібник / [відповід. ред. Лоева І.Д.]. – К.: КНТ, 2008. – 616 с.
7. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – К.: Наук. думка, 1975. – 247 с.
8. Мильчакова Н. А. Ресурсы макрофитов Чёрного моря: проблемы охраны и рационального использования // Экология моря. – 2001. – Вып. 57. – С. 7 – 12.
9. Миничева Г. Г., Косенко М.Н., Швец А.В. Фитобентос Большого и Малого филофорных полей как отражение современного экологического состояния северо-западной части Черного моря // Морськ. Екол. журнал. – 2009. – Т. VIII. – № 4. – С. 24 – 40.
10. Миркин Б. М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – Москва: Наука, 1989. – 223 с.
11. Научно-технический отчет УкрНЦЭМ «Проведение инструментальных исследований фактического состояния объектов морской среды в районе филофорного поля Зернова», Одесса, 2000. – 12 с.
12. Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды, водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – Москва: Издательство ВНИРО, 1999. – 31 с.
13. Причинно-допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для рибогосподарських водойм : [№ 12 – 04 – 11 : чинний від 09 – 08 – 1990]. – Київ: Міністерство рибн. госп-ства СРСР, 1990. – 45 с.
14. Рекомендации по снижению влияния дноуглубительных работ и дампинга на качество водной среды. – Минтранс Украины [Госдеп морск. и речн. тран-га]. – Препринт / Одесса: ЧерноморНИИПроект, 1996. – 43 с.

15. *Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений.* // Сб. научн. трудов: Под ред. А.В. Цыбань. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1980. – С. 100 – 105, 150 – 165.
16. *СанПиН 4630-88.* Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – Москва: Минздрав СССР. – 1988. – 26 с.
17. *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология* // Монография: Отв. ред. Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева. – Киев: Наукова думка, 2006. – 703 с.
18. *Толмазин Д. М., Острогин А.С., Кудрянь А.П., Балаиов А.И., Буланая З.Т.* Анализ гидрологических и гидрохимических факторов формирования гипоксии в междуречье Дунай – Днестр // Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 7 – 11.
19. *Толмазин Д. М.* Гидролого-гидрохимическая структура вод в районах гипоксии и заморозов в северо-западной части Черного моря // Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 12–17.
20. *Трет'як І. П., Костильов Е. Ф., Деньга Ю. М.* Деякі аспекти сучасного стану макрофітобентосу філофорного поля Зернова // Вісник Одеськ. нац. універс. Біологія. – 2006. – Том 11. – № 6. – С. 153 – 162.
21. *Berlinsky, N.A., Bogatova, Yu.I., Garkavaya, G.P.* // Estuary of the Danube River: The Handbook of Environmental Chemistry. – Vol. 5, Part H (Estuaries): Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006. – P. 233 – 264.
22. *BIJDAGE 1 GETALSWAARDEN WATER (BODEM) KWALITEIT DG XI,* Rue de la loi, Brussels, 1993. 165 – 170 pp.
23. *Zaitsev, Yu.P, Mamaev, V.A.* Biological Diversity in the Black Sea. A Study of Change and Decline [Black Sea Environmental Series] – New-York: United Nations Publ., 1997. – 208 p.

## REFERENCES

- [1] Berlinskij N. A. 2012. *Dinamika tehnogennogo vozdejstviya na prirodnye komplekсы ust'evoy oblasti Dunaya.* – Odessa: Astroprint.
- [2] Berlinskij N. A., Bogatova Yu.I., Garkavaya G.P. 2001. *O razvitii gipoksii v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya v sovremennyj period.* Naukovi zapiski Ternopil'skogo nacional'nogo ped. univers. im. V. Gnatyuka. *Biologiya 4* (15): 114 – 116.
- [3] Berlinskij N. A., Kosarev A.N., Kuraev A.V., Bogatova Yu.I. 2004. *Pridonnaya gipoksiya na severnyh shel'fah Chernogo i Kaspijskogo morej kak faktor `evtrofirovaniya. 4-ya Mezhd. konf. Dinamika i termika vodohranilisch i pribrezhnoj zony morej: tez. dokl. Pod red. R.Chalova.* 196 – 199. Moskva.
- [4] Berlinskij N. A., Garkavaya G.P., Bogatova Yu.I. 2003. *Problemy antropogennogo `evtrofirovaniya i razvitiya gipoksii v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya.* `Ekologiya morya 63: 17 – 22.
- [5] Berlinskij N.A., Kosarev A. N., Zalogin B. S. 1993. *Razvitie pridonnoj gipoksii v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya.* *Ekologicheskie problemy Chernogo morya: mezhdunar. nauchno-prakticheskaya konferenciya, 4-6 oktyabrya 1993, Sevastopol': materialy.* 33-37. Sevastopol.
- [6] Orlova I.G., Pavlenko M.Yu., Ukraïns'kij V.V. ta in. 2008. *Gilrologichni ta gidrohimični pokazniki stanu Pivnichno-Zahidnogo shel'fu Chornogo morya: dovidkovij posibnik.* K.: KNT.
- [7] Kalugina-Gutnik A. A. 1975. *Fitobentos Chernogo morya.* K.: Nauk. dumka.
- [8] Mil'chakova N. A. 2001. *Resursy makrofitov Chernogo morya: problemy ohrany i racional'nogo ispol'zovaniya.* *Ekologiya morya 57: 7 – 12.*
- [9] Minicheva G. G., Kosenko M.N., Shvec A.V. 2009. *Fitobentos Bol'shogo i Malogo filloformnyh polej kak otrazhenie sovremenogo `ekologicheskogo sostoyaniya severo-zapadnoj chasti Chernogo morya.* *Mors'k. Ekol. zhurnal. T. VIII (4): 24 – 40.*
- [10] Mirkin B. M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. 1989. *Slovar' ponyatij i terminov sovremennoj fitocenologii.* Moskva: Nauka.
- [11] *Nauchno-tehnicheskij otchet UkrNC'EM «Provedenie instrumental'nyh issledovanij fakticheskogo sostoyaniya ob'ektov morskoy sredy v rajone filloformnogo polya Zernova».* 2000. Odessa.
- [12] *Perechen rybohozayajstvennyh normativov predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnej vozdejstviya (OBUV) vrednyh veschestv dlya vody, vodnyh ob'ektov, imeyuschih rybohozajstvennoe znachenie.* 1999. Moskva: Izdatel'stvo VNIRO.
- [13] *Prichinno-dopustimi znachennya pokaznikov yakosti vodi dlya ribogospodars'kih vodojm. Zagal'nij perelek GDK i OBRV shkidlivih rechovin dlya ribogospodars'kih vodojm :* [№ 12 – 04 – 11 : chinnij vid 09 – 08 – 1990]. 1990. Kiïv: Ministerstvo ribn. gosp-stva SRSR.
- [14] *Rekomendacii po snizheniyu vliyaniya dnouglubitel'nyh rabot i dampung na kachestvo vodnoj sredy.* – Mintrans Ukrainy [Gosdep morsk. i rechn. tran-ta]. Preprint. 1996. Odessa: ChernomorNIIProekt.
- [15] Cyban A.V. 1980. *Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnyh otlozhenij.* Sb. nauchn. trudov. 100 – 105, 150 – 165. Leningrad, Gidrometeoizdat.

- [16] SanPiN 4630-88. Sanitarnye pravila i normy ohrany poverhnostnyh vod ot zagryazneniya. 1988. Moskva: Minzdrav SSSR.
- [17] Zajcev Yu. P., Aleksandrov B. G., Minicheva G. G. 2006. Severo-zapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ekologiya. Monografiya. Kiev: Naukova dumka.
- [18] Tolmazin D. M., Ostrogin A.S., Kudryan' A.P., Balashov A.I., Bulanaya Z.T. 1977. Analiz gidrologicheskikh i gidrohimicheskikh faktorov formirovaniya gipoksii v mezhdurech'e Dunaj – Dnestr. Biologiya morya (43): 7 – 11.
- [19] Tolmazin D. M. 1977. Gidrologo-gidrohimicheskaya struktura vod v rajonah gipoksii i zamorov v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya. Biologiya morya (43): 12-17.
- [20] Tret'yak I. P., Kostil'ov E.F., Den'ga Yu.M. 2006. Deyaki aspekti suchasnogo stanu makrofitobentosu filofornogo polya Zernova. Visnik Odes'k. nac. univers. Biologiya. Tom 11 (6): 153 – 162.
- [21] Berlinsky, N.A., Bogatova, Yu.I., Garkavaya, G.P. 2006. Estuary of the Danube River: The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, Part H (Estuaries): 233 – 264. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg.
- [22] BIJDAGE 1 GETALSWAARDEN WATER (BODEM) KWALITEIT DG XI, 1993. 165 – 170. Rue de la loi, Brussels.
- [23] Zaitsev, Yu.P., Mamaev, V.A. 1997. Biological Diversity in the Black Sea. A Study of Change and Decline [Black Sea Environmental Series]. New-York: United Nations Publ.

Статья поступила 15 января 2014 года

**М.А. Берлінський, Деньга Ю.М.,**

**Матвєєв А.В., Подуст О.С.,**

**Попов Ю.І., Трет'як І.П.**

Український Науковий центр екології моря  
Мінекології та природних ресурсів України,  
Французький бульвар, 89, Одеса-9, 65009,  
Україна

## **ВПЛИВ МІНЛИВОСТІ УМОВ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ДИНАМІКУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЧОРНОМОРСЬКОЇ ФІЛОФОРИ (ПОЛЯ ЗЕРНОВА)**

### **Резюме**

Розглядається унікальне скупчення червоної агароносної водорості роду філофора (*Phyllophora*), так зване “філофорне поле Зернова” розташоване в північно-західній частині Чорного моря. У період бурхливого розвитку евтрофування (1970 – 90 рр.) і, як наслідок, придонної гіпоксії, відбулася деградація поля, що відобразилось на скороченні біомаси та ареалу її розповсюдження. До інших чинників негативного впливу відносяться зниження прозорості вод, замулення донних відкладів і нераціональний видобуток водорості і можливо, техногенний вплив установок з видобутку вуглеводневої сировини, розташованих на суміжній акваторії.

В останнє десятиліття відбувається відновлення філофорного поля, що обумовлено наступними причинами: скороченням стоку біогенних речовин, збільшенням прозорості вод в результаті скорочення зважених речовин органічного і мінерального походження у воді та припиненням донного тралення. Оцінка рівня накопичення в філофорі пріоритетних забруднюючих речовин показала, що в порівнянні з даними 2000 року концентрації токсичних металів зменшилися вдвічі. Загальна кількість видів водоростей макрофітобентосу району досліджень за останні роки зросла в 2–3 рази, що свідчить про поліпшення екологічного стану «Філофорного поля Зернова».

Рівень забруднення морських донних відкладень в районі філофорного поля Зернова в цілому відповідає екологічним нормативам якості морського середовища

(інтегральний клас якості 2 – «добра якість»). Однак, в роботі виявлено певний вплив забруднюючих речовин з боку установок з видобутку вуглеводневої сировини, розташованих на суміжній акваторії.

Для визначення наявності та можливого впливу придонної гіпоксії на відносному глибоководді північно-західного шельфу Чорного моря слід виконати прямі експедиційні спостереження в літньо-осінній період, тобто в найбільш ймовірний період широкомасштабного скорочення кисню в придонному шарі.

**Ключові слова:** Чорне море, шельф, дно, філофора, деградація, аналіз, політанти, забруднення, динаміка, становище.

**N.A. Berlinsky, Yu. M. Den'ga,**

**A. V. Matveev, O.S. Podust,**

**Yu. I. Popov, I.P. Tretyak**

Ukrainian Scientific Center of a Marine Ecology,  
Ecological Ministry and Natural Resources of Ukraine,  
89, Frantsuzsky bl-vd., Odessa-9, 65009, Ukraine

## **THE INFLUENCE OF MARINE ENVIRONMENT VARIABILITY TO THE DYNAMIC OF THE BLACK SEA PHYLLOPHORA AREA (ZERNOV FIELD)**

### **Abstract**

Red algae of the genus *Phyllophora* is located in the central part of the Black Sea shelf. Congestion of this algae is unique and named Zernov field. *Phyllophora* is important in the pharmaceutical and food industries. In a period of eutrophication (1970 – 90) and effect of near bottom hypoxia – as a consequence, there was degradation of the field and decreasing of algae biomass. The negative factors of influence are: decreasing of water transparence, silting of sediments, irrational expatriation of benthic communities algae is including and possible, influence of oil and gas drilling stations in adjacent area.

During the last decade recovering of *Phyllophora* field had been marked. The main reasons are: decreasing of nutrient run off from the rivers and suspended matter organic and inorganic origin, increasing of water transparency and ban bottom trawling.

Estimation of priority contamination into *Phyllophora* had been done. Concentration of toxic metals decreased in twice comparing with the period of 2000-Th. The total number of algae species increased in 2 – 3 times. All these confirm the environment amelioration in Zernov field area. The level of contamination of bottom sediments in the *Phyllophora* field equals to ecological standards as a good quality (second integrated class). At the same time, some influence of pollution from oil and gas drilling stations in adjacent area had been marked.

For determination of near bottom hypoxia phenomena and its influence to *Phyllophora* field condition it is necessary to continue additional scientific investigation in summer – autumn period, i.e. in a period of large scale hypoxia spreading in the Northwestern part of the Black sea.

**Keywords:** Northwestern part of the Black sea, *Phyllophora* field, contamination.