

УДК 504.454

СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА

Н.А. Берлинский, доктор географ. наук, старший научный сотрудник,
*Украинский научный центр экологии моря Минэкологии и природных ресурсов,
Французский бульвар, 89, Одесса, 65009, Украина,
nberlinsky@ukr.net*

В настоящей статье рассматриваются причинно-следственные связи процессов формирования условий шельфовой водной экосистемы за 30 летний период для возможности выявления тенденций их изменчивости. Установлено увеличение фоновых концентраций меди, свинца и никеля на два порядка величин в донных отложениях шельфа за период с 1991 по 2013 гг. по сравнению с 80-ми годами прошлого столетия.

Ключевые слова: черноморский шельф, антропогенное эвтрофирование, загрязняющие вещества, донные отложения.

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение особенностей развития ландшафтно-природных комплексов шельфовой области Мирового океана под влиянием природных и антропогенных факторов является актуальной проблемой физической географии. Черноморский шельф, в этом смысле, занимает особое место в иерархии морских экосистем, как наиболее ценная и продуктивная зона среди внутренних и окраинных морей с широким и уникальным спектром биологического разнообразия.

В первую очередь, к особенности северо-западного шельфа Черного моря относится значительное распределяющее воздействие рек Дуная, Днепра и Днестра. Обильное поступление питательных веществ с речным стоком обусловило один из самых высоких уровней продуктивности данной акватории в мире. Однако, начиная с 70-х годов прошлого столетия процесс антропогенного эвтрофирования вод и связанная с ним придонная гипоксия, вызвала широкомасштабные заморы донной флоры и фауны. Процессу антропогенного эвтрофирования черноморского шельфа посвящены многочисленные публикации в отечественной и зарубежной литературе [1, 3, 14, 15].

Помимо этого негативного явления со стоком рек и прибрежных агломераций выносятся значительное количество загрязняющих веществ (ЗВ). В процессе седиментации взвешенного вещества происходит аккумуляция ЗВ в донных отложениях, что усугубляет негативные условия среды обитания бентоса [1].

От интенсивности седиментации взвешенного вещества пелагиали зависит уровень заиления и загрязнения донных отложений, а, следовательно, и условия развития донных биоценозов. Цель настоящей статьи заключается в рассмотрении причинно-следственных связей процессов, ответственных за формирование условий шельфовой водной экосистемы за 30 летний период, что дает возможность выявить тенденции и перспективы состояния черноморского шельфа.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Осредненные значения исследуемых параметров обработаны методом линейной интерполяции и приведены к центрам квадратов, ранжированных по гид-

рологическим признакам [2]. Общее количество исследуемых параметров 5417, Рис. 1. [5]. Исследования проводились при различных гидрометеорологических условиях, в различные сезоны года. Пробы грунта отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м². Пробы воды для определения содержания взвешенного вещества замораживались. Определения проводили стандартными методами в соответствии с [7, 8, 10-12], после размораживания и фильтрации проб через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Содержание в грунтах ЗВ определяли: металлов (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) методом не пламенной атомно-адсорбционной спектроскопии на ААС "Spectr AA-8000" (Австралия), суммы нефтепродуктов (НУ) методом ИКС на спектрофотометре "UR-20" (ГДР)].

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На протяжении последних десятилетий основная проблема северо-западного шельфа Черного моря связана с постоянным недостатком растворенного кислорода в придонных слоях в теплый период года. Природа этого явления – результат антропогенного эвтрофирования северо-западной части Черного моря в результате изменения качества речного стока и прессы сточных вод, и носит глобальный характер [1]. За прошедшие 40 лет области формирования придонной гипоксии на шельфе в летне-осенний период распространялись неравномерно с максимальным проявлением этого феномена в 80-е годы. В начале 90-х годов, в период экономического кризиса в придунайских странах, было отмечено некоторое сокращение поступлений загрязняющих и биогенных веществ с речным стоком. Однако предположения о восстановлении морской шельфовой экосистемы не оправдались. Значительный пробел в мониторинговых исследованиях с 1993 по 2000 гг. не позволил адекватно оценить современные условия, в частности, на относительном глубоководье между изобатами 20-50 м, где развитие гипоксии наиболее устойчиво и продолжительно. Многочисленные прибрежные экспедиции давали возможность оценить только

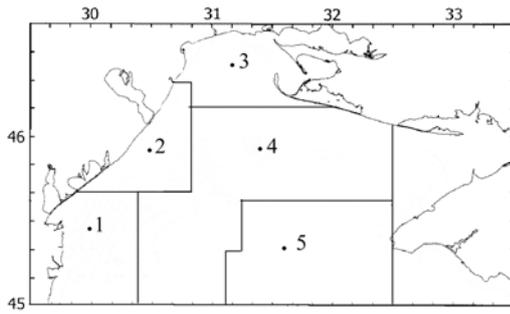


Рис. 1 - Схема зонирования северо-западного шельфа по [5], где 1 – Дунайский р-н; 2 – Днестровский р-н; 3 – Днепро-Бугский р-н; 4 – зона смешения; 5 – Центральный р-н

состояние мелководья (до 15-20 м), где развитие гипоксии ограничено маем – июнем. Отдельными прямыми наблюдениями в приустьевой области Дуная были отмечены условия гипоксии и значительные запасы биогенных веществ в донных отложениях, которые при определенных условиях провоцируют развитие гипоксии [1].

Помимо процесса антропогенного эвтрофирования на черноморском шельфе значительную проблему составляет поступление ЗВ, которые в результате сорбции и седиментации взвешенного вещества откладываются в донных отложениях. С учетом пространственно-временной дискретности данных выполнено осреднение совокупности значений концентраций ЗВ в донных осадках для северо-западной части Черного моря, что позволило получить определенную межгодовую динамику, характеризующую наличием трендов и тенденций.

Из тяжёлых металлов наибольшую опасность для живых организмов представляет ртуть и её соединения. Она присутствует в сточных водах многих промышленных предприятий, как и свинец, кадмий и хром, а также в качестве примесей во многих технических реагентах, используемых в буровых растворах.

В донных отложениях содержание тяжелых металлов в основном находится в пределах естественного геохимического фона и составляло в среднем для ртути, меди, свинца, кадмия, никеля и хрома, соответственно, 0,06, 3,4, 0,4, 0,17, 5,9 и 2,2 мкг/г сухого грунта [4].

На рис. 2А представлено перманентное накопление ртути в донных осадках за последние два десятилетия. Следует отметить, что значение концентраций ртути 0,06 мкг/кг относится к естественному геохимическому фону периода 80-х годов [4]. За последующие 30 лет произошло накопление в грунтах ртути до 0,08 мкг/кг, что создает дополнительную угрозу бентосным организмам при процессе десорбции, когда происходит вторичное загрязнение придонного слоя вод (Рис. 2А).

В донных отложениях содержание меди в пределах естественного геохимического фона составляло 3,4 мкг/кг для периода 80 – х годов прошлого столетия [4]. Как видно из графика, содержание меди на черноморском шельфе за дальнейшие три десятилетия

увеличилось на порядок (Табл. 1, Рис. 2Б). За тот же период содержание свинца увеличилось на два порядка: от фоновых геохимических значений от 0,4 мкг/кг в 1985 до 22 мкг/кг в 2013 г. Резкое увеличение средних значений на северо-западном шельфе согласуется с современными данными, полученными для акватории кавказского побережья [6], что характеризует резкое увеличение концентраций практически во всей северной части Черного моря. При среднем значении концентраций свинца в районе кавказского побережья в 73,2 мкг/кг, колебания значений составляют от 0,91 до 1189 мкг/кг.

Для северо-западного шельфа (Рис. 2В) в период с 1991 по 2013 гг. средние значения концентраций свинца в грунтах составляют 19,75 мкг/кг при диапазоне колебаний от 15 до 34 мкг/кг. Вероятная причина столь значительного повышения концентраций обусловлена интенсификацией разработки скоплений нефтяных углеводородов в северо-западной части шельфа. Так, концентрации свинца в компонентном содержании бурового раствора при добыче углеводородов в море достигает 505 мкг/кг [9]. Как видно из таблицы 1 наибольшие концентрации свинца (до 26,22 мкг/кг) отмечены в центральном районе, примыкающему к Крымскому полуострову. Здесь расположены буровые платформы Штормового, Архангельского и Галицинского месторождений.

Относительно содержания кадмия в донных отложениях шельфа следует отметить, что начиная с 90-х годов, когда отмечалось повышение до 0,39 мкг/кг концентраций, а к 2013 году содержание понизилось до фоновых значений 80-х годов, т.е. до 0,17 мкг/кг при среднем фоновом значении 0,22 мкг/кг для современного периода (Рис. 2Г).

При фоновом содержании никеля в 5,9 мкг/кг в 80-е годы, в настоящее время концентрации в донных отложениях увеличились на порядок. Фоновые значения составляют свыше 40 мкг/кг (Рис. 3А).

Таким образом, следует отметить значительное увеличение содержания следующих металлов в донных отложениях: ртути, меди, свинца и никеля, при этом фоновые концентрации меди, свинца и никеля экстремально возросли. С другой стороны, концентрации кадмия понизились до уровня геохимического фона 80-х годов, однако при этом их изменчивость была достаточно высока - от 0,35 до 17 мкг/кг. Причины таких колебаний до конца не ясны и вероятно могут быть обусловлены причинами, носящими локально – временной характер антропогенного воздействия.

В качестве весьма значимого негативного ингредиента следует отметить нефтепродукты (НП) (Рис. 3Б). Накопление НП происходит довольно интенсивно. Согласно [13] фоновое значение, характерное в период 80-х годов для незагрязненных районов Азово-Черноморского бассейна составляло 200 мкг/кг сухого веса. Наименее загрязнена при этом была центральная его часть.

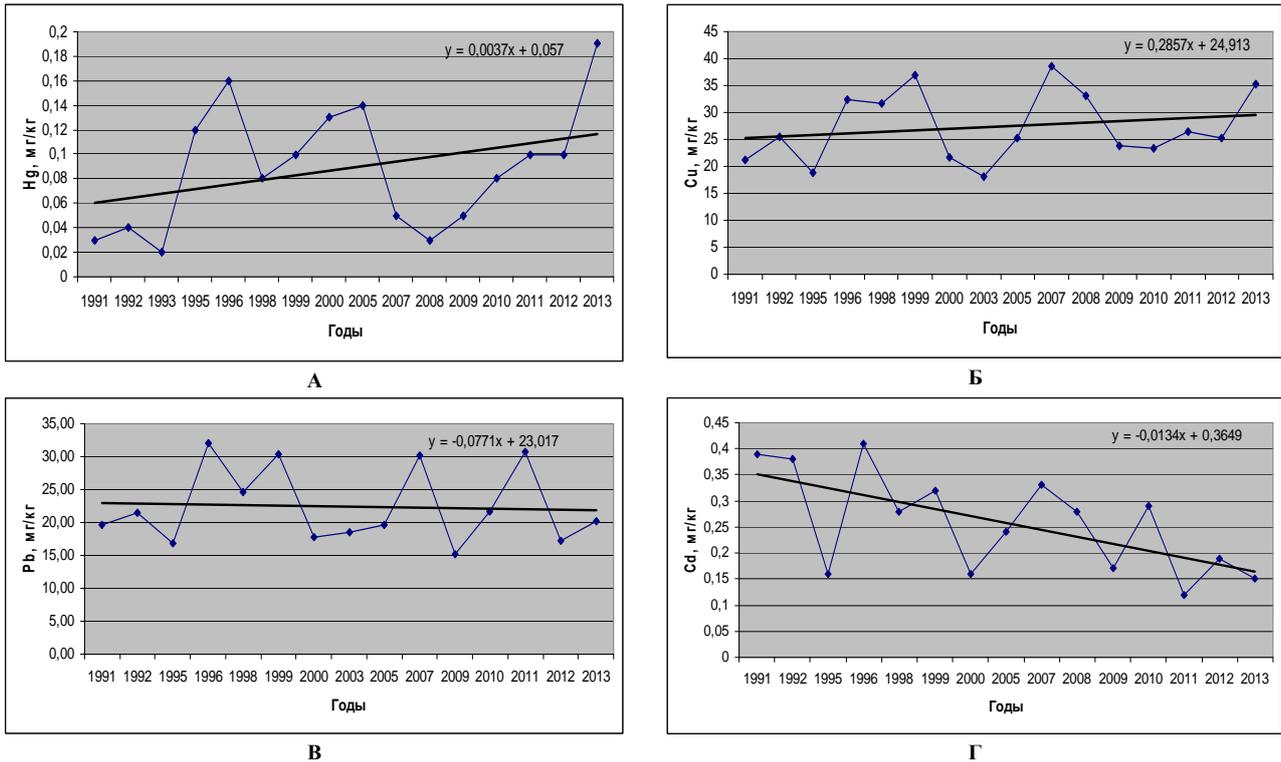


Рис. 2 - Временная изменчивость концентраций ртути (А), меди (Б), свинца (В), кадмия (Г) (мг/кг) в донных отложениях на Черноморском шельфе

Таблица 1 - Средние значения концентраций ЗВ в донных отложениях шельфа (летний период 1991 – 2013 гг.)

ЗВ (мг/кг)	Номер района				
	1	2	3	4	5
НП	197,5	330,0	136,67	152,5	182,5
Фенолы	0,82	0,34	0,56	0,50	0,57
Hg	0,11	0,08	0,04	0,12	0,04
Pb	17,1	19,6	21,73	11,6	26,22
Zn	78,95	60,62	72,65	41,07	66,59
As	8,91	8,47	10,1	7,55	12,48
Cu	26,82	22,10	24,55	19,43	34,26

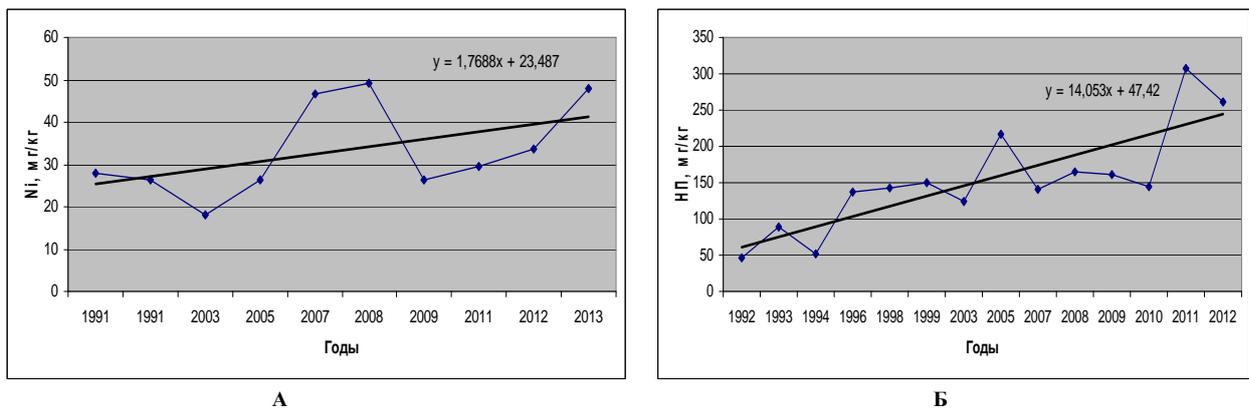


Рис. 3 - Временная изменчивость концентраций никеля (А) и нефтепродуктов (Б), (мг/кг) в донных отложениях на Черноморском шельфе

Максимум НП составлял 1000 мг/кг. В период с 1992 по 2012 гг. не отмечено превышения над фоновыми значениями концентраций для северо-западного шельфа, однако тенденция роста НП

достаточно стабильна и в дальнейшем следует ожидать увеличение фоновых значений.

Наиболее высокие осредненные значения НП отмечаются в устьевой области Днестра (свыше

300 мг/кг), затем следует устьевая область Дуная со значениями немного ниже 200 мг/кг (198 мг/кг). Приднепровско-Бугский район и Одесский залив характеризуются наименьшими значениями – до 140 мг/кг. Центральная часть (Рис. 1, квадраты 4, 5) акватории – с концентрациями от 150 до 180 мг/кг.

4. ВЫВОДЫ

Изучение проблемы придонной гипоксии остается приоритетной областью исследований черноморских аквальных ландшафтов. В процессе мониторинговых исследований необходимо увеличить частоту прямых измерений гидрофизических и гидрохимических характеристик для получения адекватного представления о процессах газообмена придонного слоя шельфа. Установлено увеличение на два порядка величин фоновых концентраций следующих металлов в донных отложениях шельфа: меди, свинца и никеля на два порядка величин в период с 1991 по 2013 гг. по сравнению с 80-ми годами прошлого столетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинский Н.А. Динамика техногенного воздействия на природные комплексы устьевой области Дуная [монография] / Н.А. Берлинский – Одесса : Астропринт, 2012. – 252 с.
2. Берлинский Н.А. Районирование украинского сектора северо-западной части Черного моря (по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам) / Н.А. Берлинский, Г.П. Гаркавая, Ю.И. Богатова, А.Ю. Гончаров // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2000. – С. 9–24.
3. Зайцев Ю.П. Северо-западная часть Черного моря, как объект современных гидробиологических исследований / Ю.П. Зайцев // Биология моря, 1977. – Вып. 43. – С. 3–6.
4. Геология шельфа УССР Литология. – Киев: Наукова думка, 1985. – 189 с.
5. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Відповід. ред. Лосева. І.С. – Київ: ЗАТ «Віпол», 1998. – 616 с.
6. Единая государственная система информации об остановке в мировом океане (ЕСИМ), unified state system of information on the World ocean [Электронный ресурс] http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/10/section_id/8/menu_id/4065
7. Международные океанологические таблицы. – М.: Гидрометеоздат, 1969. – Вып. 1. – 107 с.
8. Методы гидрохимических исследований океана. – М.: Наука, 1978. – 261 с.
9. Панкратова Т.М. Оценка распределения и пути миграции тяжелых металлов в экосистеме Каркинитского залива / Т.М. Панкратова, И.К. Себах // Труды ЮгНИРО, 1994. – Т. 40. – С. 150–156.
10. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 725 с.
11. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 532 с.
12. Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92. – СПб: Гидрометеоздат, 1993. – 263 с.
13. Себах Л.К. Оценка загрязненности Черного и Азовского морей в современных антропогенных условиях / Л.К. Себах, Т.М. Панкратова // Труды ЮгНИРО, 1995. – Т. 41. – С. 91–93.
14. Berlinsky N., Bogatova Yu., Garkavaya G. Estuary of the Danube River. *The Handbook of Environmental Chemistry. (Estuaries)*. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006, vol. 5, part H, pp. 233–264.
15. Gomoiu M-T. New Approaches in the Assessment of the Black Sea Ecosystems. *GEO-ECO - MARINA 9 10/2003 – 2004 National Institute of Marine Geology and Geoecology Modern and Ancient Fluvial, Deltaic and Marine Environments and Processes. Proceedings of Euro – EcoGeoCentre*. Romania, (21-22 April 2004, Istanbul, Turkey), pp. 3-7.
1. Berlinskiy N.A. *Dinamika tekhnogennoy vozdeystviya na prirodnye komplekсы ustjevoi oblasti Dunaya* [Dynamics of anthropogenic impact on natural systems mouth area of the Danube]. Odessa : Astroprint, 2012, 252 p.
2. Berlinskiy N.A., Garkavaya G.P., Bogatova Yu.I., Goncharov A.Yu. Rayjonirovanie ukrainского sektora severo-zapadnoy chasti Chernogo morya (po gidrofizicheskim i gidrokhimicheskim kharakteristikam) [Zoning Ukrainian sector north-western part of the Black Sea (in hydrophysical and hydrochemical characteristics)]. *Ehkologicheskaya bezopasnostj pribrezhnoy i sheljfovoy zon i kompleksnoe ispolzovanie resursov sheljfa* [Ecological safety of coastal and shelf areas and comprehensive utilization of resources shelf]. Sevastopol, 2000, pp. 9–24.
3. Zaitzev Yu.P. Severo-zapadnaya chastj Chernogo morya, kak objekt sovremennih gidrobiologicheskikh issledovaniy [The northwestern part of the Black Sea, as an object of modern hydrobiological studies]. *Biologiya moray – Seas biology*, 1977, vol. 43, pp. 3–6.
4. *Geologiya sheljfa USSR Litologiya* [Geology of the USSR shelf Lithology]. Kiev: Haykova Dumka, 1985, 189 p.
5. *Gidrologichni ta gidrokhimichni pokazniki stanu pivnichno-zakhidnogo sheljfu Chornogo morya* [Hydrological and hydrochemical indicators of the north-western shelf of the Black Sea]. Kyiv: JSC "Vipol", 1998, 616 p.
6. *Edinaya gosudarstvennaya sistema informacii ob ostanovke v mirovom okeane (ESIM)* [Unified state system of information about OS-SETTING in the world's oceans (Yesim)]. Available at http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/10/section_id/8/menu_id/4065
7. *Mezhdunarodnye okeanologicheskie tablicy* [International oceanographic tables]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1969, vol. 1, 107 p.
8. *Metody gidrokhimicheskikh issledovaniy okeana*. [Methods of hydrochemical investigations of the ocean]. Moscow: Nauka, 1978, 261 p.
9. Pankratova T.M., Sebah I.K. Ocenka raspredeleniya i puti migracii tyazhelihk metallov v ehkosisteme Karkinit'skogo zaliva [Assessment of the distribution and migration routes of heavy metals in the ecosystem of the Gulf Karkinit]. *Trudy YugNIRO - Proc. of YugNIRO*. 1994, vol. 40, pp. 150-156.
10. *Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanakh i moryakh* [Guide to hydrological work in oceans and seas]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 725 p.
11. *Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanakh i moryakh* [Guide on chemical analysis of surface waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 532 p.
12. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh vod RD 52.10.243-92* [Guide on chemical analysis of sea water 52.10.243-92 RD]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993, 263 p.
13. Sebah L.K., Pankratova T.M. Ocenka zagryaznennosti Chernogo i Azovskogo morey v sovremennihk antropogennihk usloviyakh [Assessment of pollution in the Black Sea and Azov Sea in modern anthropogenic conditions]. *Trudy YugNIRO - Proc. of YugNIRO*. 1995, vol. 41, pp. 91–93.
14. Berlinsky N., Bogatova Yu., Garkavaya G. Estuary of the Danube River. *The Handbook of Environmental Chemistry. (Estuaries)*. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006, vol. 5, part H, pp. 233–264.
15. Gomoiu M-T. New Approaches in the Assessment of the Black Sea Ecosystems. *GEO-ECO - MARINA 9 10/2003 – 2004 National Institute of Marine Geology and Geoecology Modern and Ancient Fluvial, Deltaic and Marine Environments and Processes. Proceedings of Euro – EcoGeoCentre*. Romania, (21-22 April 2004, Istanbul, Turkey), pp. 3-7.

THE CONDITIONS OF THE BOTTOM SEDIMENTS ON THE BLACK SEA SHELF

N. Berlinsky, doctor of sciences, senior science

*Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea Ministry
of Ecology and Natural Recourses,
89 Frantsuzsky bl-vd., Odessa, 65009, Ukraine
nberlinsky@ukr.net*

The formation of conditions of aquatic ecosystem in the Black Sea shelf including the level of pollutant in the bottom sediments had been examined during the last 30 years. Comparison of current data with the data of the late 20th century and their variability has been performed.

In addition to this negative phenomenon a lot of contaminations and pollutant are taking out by river run off into the sea. In the process of sedimentation suspended matter into the bottom sediments is accumulated. It worsens the negative condition of the benthos organisms. It is the reason to see this problem using data base and possible literature to analyze the intensity, accumulation and distribution pollutants: heavy metals, oil in the Black sea shelf. In the Northwestern Black Sea shelf significant increasing, by two orders, of copper, lead, and nickel concentrations in the bottom sediments compared with 80-ths in a period of 1991 – 2013 had been marked.

Key words: The Black Sea shelf, anthropogenic eutrophication, pollutant, bottom sediments.

СТАН ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ

М.А. Берлінський, доктор географ. наук, старший науковий співробітник

*Український науковий центр екології моря
Мінекології та природних ресурсів,
Французький бульвар, 89, Одеса, 65009, Україна,
nberlinsky@ukr.net*

В статті розглядаються причинно-наслідкові зв'язки процесів формування умов шельфової водної екосистеми за 30 річний період для можливості виявлення тенденцій їх мінливості. Встановлено збільшення фонових концентрацій міді, свинцю і нікелю на два порядки величин в донних відкладеннях шельфу за період з 1991 по 2013 рр. в порівнянні з 80-ми роками минулого століття.

Ключові слова: Чорноморський шельф, антропогенне евтрофування, забруднюючі речовини, донні відкладення.

*Дата першого представлення.: 6.04.2015
Дата поступлення окончательной версии : 03.06.2015
Дата опубликования статьи: 24.09.2015*