

УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Ю.П. Копытов, Н.И. Минкина,
Э.З. Самышев

Институт биологии южных морей
НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: esamyshev@mail.ru

Приводится оценка современного уровня загрязненности воды и донных отложений в Севастопольской бухте. Впервые изучена динамика изменения за последние 100 лет содержания наиболее токсичных поллютантов – нефтеуглеводородов, тяжелых металлов и мышьяка – в колонке грунта со дна ее центральной части. Выявлен тренд многолетних изменений уровня загрязненности Севастопольской бухты.

Введение. Акватория Севастопольской бухты является индикатором последствий хозяйственного использования прилегающих территорий. В прибрежной зоне сосредоточен портовый комплекс (военного и гражданского назначения), промышленные предприятия, рекреационные объекты, коммунальные стоки, оказывающие влияние на химический состав воды и донных отложений. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона а также предварительная оценка масштаба и характера загрязнения представлены в работе [16]. Оценка загрязненности бухты поллютантами различной природы была выполнена в ряде работ: рядом тяжелых металлов воды [19]; ртутью [7] и полихлорбифенилами (ПХБ) [2] воды, донных осадков (ДО) и мидий; нефтеуглеводородами (НУВ), гексахлорциклогексаном (ГХЦГ), поверхностноактивными веществами (ПАВ) воды [1]; медью, цинком и марганцем донных отложений [17,21], соединениями азота, фосфора, кремния, измерено биологическое потребление кислорода (БПК) водой [8] и т.д.

Проблема загрязнения акватории бухты нефтеуглеводородами требует особенного внимания. Причиной тому являются тяжелые последствия влияния

загрязняющих веществ на живые организмы [9,10,18,19,20,21 и др.]. НУВ в воде подвергаются разбавлению, перемещению посредством течений, осаждению, накоплению в живых организмах или преобразованию до коллоидных смесей. Содержание НУВ в воде требует постоянного мониторинга. Но и илы часто становятся депо накопления поллютантов, токсичных для донных обитателей и источником вторичного загрязнения вод.

Из изложенного следуют задачи данной статьи:

- оценить современное состояние загрязненности воды и донных отложений Севастопольской бухты наиболее токсичными поллютантами: нефтеуглеводородами, тяжелыми металлами и мышьяком;
- сравнить современное состояние загрязненности бухты с предшествующими годами по литературным и собственным данным.

Материал и методика. Работа подготовлена по данным двух комплексных съемок, выполненных в Севастопольской бухте сотрудниками Морского гидрофизического института и Института биологии Южных морей 27 мая - 2 июня и 19-24 октября 2008 г. Схема станций представлена на рис. 1. Координаты станций определялись с помощью GPS-навигации.

Пробы воды для определения содержания нефтеуглеводородов отбирались пробоотборником ПЭ-1220 фирмы «Экрос» (Россия) в бутыли темного стекла номинальной вместимостью 1 дм³, которые закрывались закручивающимися пластмассовыми пробками с прокладками из фторопластовой пленки. До доставки и анализа проб воды в лабораторию они хранились в холодильнике при t = 4 °C.

Пробы поверхностного слоя донных отложений (0-5 см) отбирали с помощью дночертителя Петерсена (площадь захвата 0.025 м²). Для последующего анализа использовалась часть осадка, не имеющая прямого контакта со стенками пробоотборника. Пробы доставлялись в стационарную лабораторию, доводились до воздушно сухого веса при комнатной температуре.

Подготовка проб и определения тяжелых металлов (*Cd*, *Cr*, *Co*, *Cu*, *Pb*, *Zn*, *Ni*) и *As* в донных отложениях проводились в соответствии с руководящими документами: [12, 13, 14].

Радиотрассерным методом по максимумам атмосферных выпадений ^{137}Cs в период испытаний ядерного оружия и после аварии на Чернобыльской АЭС была выполнена датировка и оценена скорость накопления донных осадков в районе Павловского мыса Севастопольской бухты [2]. Выявлено, что осадконакопление в этом районе в среднем составляет 0,24-0,25 см в год. Это позволило датировать величины концентраций поллютантов в керне донных осадков толщиной 30 см, взятого нами с помощью геологической трубки на ст. 10а в центральной части Севастопольской бухты, т.е. проследить изменения их содержания в донных отложениях бухты на протяжении около 100 лет (1896-2008 гг.).

Индекс суммарного загрязнения донных осадков (ИСЗ) рассчитывался по формуле:

$$\text{ИСЗ} = \left(\frac{C_1}{C_{\text{фон}}} + \dots + \frac{C_n}{C_{\text{фон}}} \right) / N, \quad (1)$$

где $C_{1\dots n}$ – концентрация поллютанта, $C_{\text{фон}}$ – фоновое значение загрязнителя, N – количество загрязняющих веществ.

PLI (Pollution Load Index) – индекс уровня загрязнения - рассчитывался как среднее геометрическое суммы факторов загрязнения.

$$\text{PLI} = \sqrt[n]{PF_1 \times PF_2 \dots \times PF_n}, \quad (2)$$

где n – количество поллютантов, PF – фактор загрязнения. Фактор загрязнения представляет собой показатель интенсивности загрязнения и рассчитывается по формуле:

$$PF = C / C_{\text{background}}, \quad (3)$$

где C – концентрация элемента, $C_{\text{background}}$ – его допустимая концентрация. Этот индекс позволяет по 10-балльной шкале оценивать качество среды. Значения PLI, равные 1,0 и более, характеризуют среду как опасную для жизнедеятельности биоты. В качестве фоновых были приняты допустимые уровни кон-

центрации (ДК) загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с европейскими нормами [6, 25].

Результаты и обсуждение. В придонном слое вод Севастопольской бухты содержание НУВ было ниже пределов обнаружения ($<0,01 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$). В поверхностном слое воды (рис. 2) минимальные содержания нефтяных углеводородов наблюдались у входа в неё (ст.ст. 6а, 27). Максимальные концентрации НУВ, значительно превышающие ПДК, обнаружены в её центральной части (ст. 10а) – как в период первой съёмки (3,2 ПДК), так и во время второй (>20 ПДК). Это свидетельствует о наличии здесь постоянного источника загрязнения бухты НУВ – вероятно флота. В мае-начале июня средняя концентрация НУВ в воде бухты составляла 0,78 ПДК, в октябре – 2,5 ПДК. Уровень нефтяного загрязнения вод Севастопольской бухты в целом сопоставим с таковым бухт, где так же располагаются суда разных ведомств – Золотой Рог (Владивосток), Тикси (порт Тикси), Кольский залив [20].

Загрязненность донных отложений бухты (рис. 3; табл. 1) нефтеуглеводородами, как и в прошлом, весьма значительна.

Исследованиями в период 1982-2001 гг. максимальный уровень загрязнения был отмечен в 1985 г. и составлял 300-47000 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ сухого осадка (с.о.) при среднем значении 14400 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. и при 200 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. в открытом море [26]. По результатам, полученным в 2000-2003 гг., концентрация НУВ в ДО в центральной части бухты составляла 13550 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, в Южной бухте – 12020 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. [18]. В 2008 г. максимальный уровень наблюдался в Южной бухте: содержание НУВ в ДО составило 6975 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. в мае-начале июня и 4541 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. – в октябре, при средних концентрациях 1550 и 1270 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ с.о. соответственно и 0,05-220 $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ в осадках зоны открытого моря. Т.о., к 2008 г. уровень нефтяного загрязнения в бухте по сравнению с 2002-2003 гг. снизился на порядок.

Вместе с тем по содержанию НУВ донные осадки бухты классифицируются как очень загрязненные [11].

Исследованиями, выполненными в 2001-2005 гг. [4, 17, 21], показано высокое содержание *As*, *Cr*, *Co*, *Cu*, *Ni*, *Pb*, *Zn* в донных осадках Севастопольской бухты. Результаты наших исследований свидетельствуют, по сравнению с 2001 г. концентрации меди в донных осадках к 2008 г. возросли в 10-350 раз, а цинка – в 4 раза. Содержание *As* и таких токсичных металлов как *Cr*, *Cu*, *Cd*, *Ni*, *Pb*, *Zn* в донных осадках бухты значительно превышают фоновые концентрации этих элементов (в 1,5-2,5 раза), характерные для шельфовых зон Черного моря, не подверженных прямому антропогенному воздействию [11] и в других бухтах Крыма [23]. Степень загрязнения тяжелыми металлами максимальна на станциях 18 (Южная бухта), 10а (Северная бухта), 6а (северный отрог заградительного мола) и 4а. Их локализация на этих участках обусловлена источниками загрязнения и особенностями процессов, присущих Севастопольской бухте как полузакрытой акватории с затрудненным водообменом, которая длительное время подвергается антропогенному воздействию [3]. Южная бухта, в которой расположена станция 18, является «застойной» по типу циркуляции водных масс, что обусловлено преобладающими ветрами южного направления. В Южную бухту с течениями переносятся загрязнители и осаждаются в донных отложениях. Максимум содержания кадмия (7 ДК) и локальный максимум меди (5 ДК) в донных осадках на станции 6а (у северного отрога мола заграждения), несомненно связаны с аккумуляцией тяжелых металлов близ искусственно созданного орографического барьера, в роли которого и выступает мол. Образование повышенных концентраций ряда металлов и мышьяка за пределами бухты (ст.ст. За и 4а), вероятно, связано с выносом их из бухты при производстве дноуглубительных работ.

Доминирующими загрязнителями донных осадков Севастопольской бухты в 2008 г. были НУВ, кадмий и медь (рис. 3; табл. 1).

Загрязнение донных осадков тяжелыми металлами носит полиэлементный характер. Кроме того, в ДО накапливаются другие поллютанты различной природы. Поэтому при оценке уровня загрязненности донных осадков уместно использование показателей суммарного загрязнения. Распределение индекса суммарного загрязнения (1) донных осадков Севастопольской бухты (НУВ, мышьяком и упомянутыми 7-ю тяжелыми металлами) в 2008 г. приводится на рис. 4. Максимумы индекса суммарного загрязнения донных отложений отмечены в бухте Южной (17,3), в районе ТЭЦ (7,9), в бухтах Карантинной (7,8) и Инженерной (7,5) при средней для Севастопольской бухты в целом величине, равной 5,3, и фоновой (за пределами бухты) – 1,3-1,5.

В распределении величин индекса загрязненности PLI (2,3) в 2008 г. (рис. 4), как и следовало ожидать, максимумы значений были отмечены на ст. 18 (1,55; центральная часть Южной бухты) и на ст. 6а (1,45; северный отрог заградительного мола). Минимальные значения этого индекса зарегистрированы на ст. За, расположенной в открытом море вне бухты (0,4) и в районе впадения реки Черной (ст. 3, PLI =0,5).

В работе [17] приводится карта распределения величин индекса суммарного загрязнения ИСЗ в Севастопольской бухте по результатам съемки в июле 2001 г. В качестве фоновых концентраций поллютантов (*Cu*, *Zn*, *Mn*) в этой работе использовались таковые на станции, расположенной на выходе из бухты между заградительными молами. Эти величины значительно меньше, чем соответствующие ДК по «Голландским листам» [6,25].

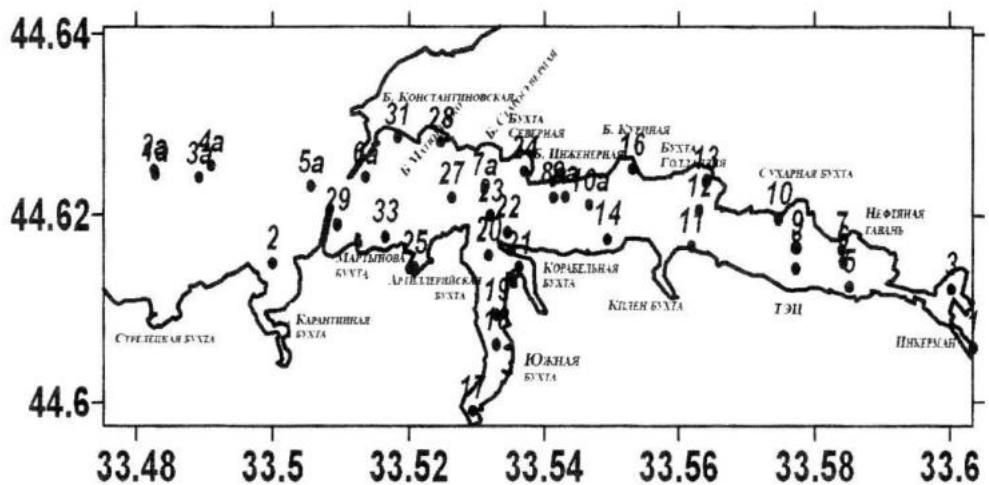


Рис. 1. Схема станций съемок 2008 г. в Севастопольской бухте

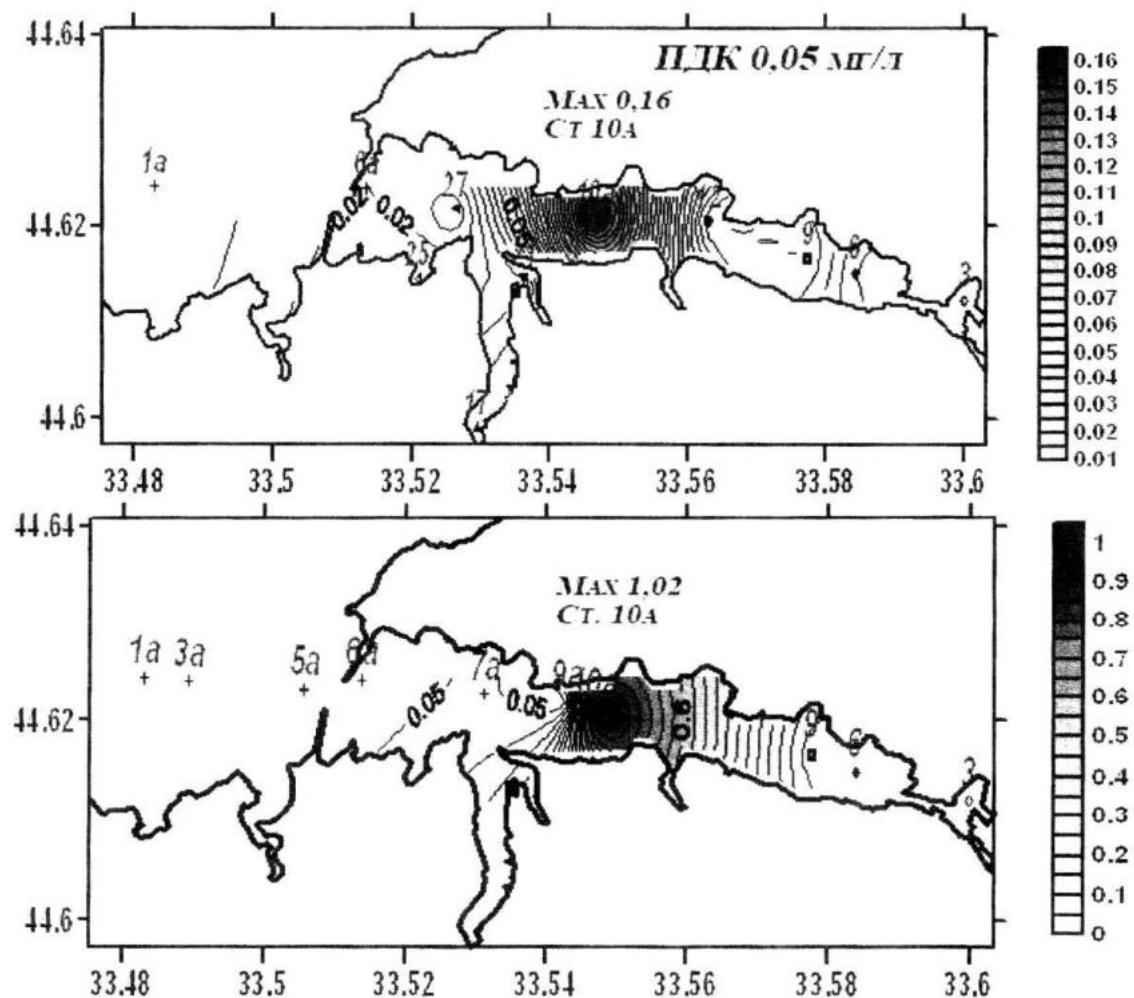


Рис. 2. Содержание нефтеуглеводородов в поверхностном слое воды Севастопольской бухты в 2008 г. (вверху – в мае-начале июня, внизу – в октябре).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов, мышьяка и нефтеуглеводородов ($\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) в поверхностном слое донных отложений Севастопольской бухты в 2008 г.*

№ станции	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	НУВ
1	19,7	66,1	11,30	0,38	17,3	20	3,8	14,7	436
2	108,10	28,80	14,20	2,95	17,20	47,10	18,30	18,80	3048
3	69,40	119,60	42,60	2,02	18,30	23,00	53,50	8,80	1188
6	98,70	51,60	60,40	2,77	7,10	5,70	12,40	1,60	1226
9	25,60	28,00	20,20	0,29	15,80	10,70	74,70	34,30	3314
12	16,40	36,00	13,80	2,64	10,20	10,10	29,00	39,70	2850
17	18,60	13,90	52,40	2,35	14,70	42,00	15,20	29,60	3806
18	247,50	352,00	72,10	0,15	18,20	18,60	53,30	14,70	6975
19	37,60	23,70	17,50	0,71	20,90	36,60	12,60	16,10	990
20	12,10	41,10	34,90	2,97	34,10	11,70	21,80	44,80	1654
10a	113,45	60,30	45,30	0,58	21,05	8,10	32,30	12,45	3069
3a	11,30	53,60	167,60	5,39	12,50	15,50	42,90	17,40	0,05
4a	33,80	54,70	83,70	4,66	31,20	12,30	15,50	44,00	5,1
6a	156,30	181,00	68,40	5,52	28,70	24,80	33,40	27,50	139
7a	20,25	97,85	51,60	0,77	29,15	11,00	52,95	14,65	1196
9a	177,20	145,80	60,20	1,12	11,60	11,60	31,60	8,70	1171
Фоновые концентрации по [24]	140	35	85	0,8	100	20	35	29	50
Фоновые концентрации по [25]	50	30	10	0,06	100	8	40	5	50

* Данные, полученные в мае-июне и октябре, объединены.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов, мышьяка и нефтепродуктов ($\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) в керне донных отложений на станции 10a

Горизонт, см	Годы	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	НУВ
0–2	2008-2000	5,2	156,2	26,0	12,7	320,5	30,0	35,1	25,4	2690
2–4	2000-1992	75,9	188,3	29,7	3,7	171,4	52,4	79,0	16,5	3310
4–6	1992-1984	68,0	221,5	31,5	4,7	172,7	73,4	128,3	15,2	3890
6–8	1984-1976	79,8	16,2	5,5	0,3	20,6	7,6	66,3	4,8	4440
8–10	1976-1968	411,5	164,0	30,8	3,2	76,9	55,8	196,1	11,6	2890
10–12	1968-1960	450,6	216,0	45,9	2,6	129,7	61,0	174,1	14,1	3180
12–14	1960-1952	527,3	146,5	31,9	2,5	83,3	61,7	221,3	12,7	2720
14–16	1952-1944	577,5	141,1	73,9	2,7	92,7	59,4	221,2	12,6	2460
16–18	1944-1936	269,8	149,9	31,6	2,3	136,7	93,9	400,5	16,4	1720
18–20	1936-1928	258,4	93,7	20,4	1,4	122,0	77,5	413,0	13,4	860
20–22	1928-1920	190,6	24,2	13,0	1,1	81,3	88,3	605,7	11,7	1230
22–24	1920-1912	222,6	73,4	15,7	1,2	175,0	81,9	276,7	10,4	1050
24–26	1912-1904	187,9	127,0	28,3	2,3	86,8	61,1	280,4	12,5	2600
26–30	1904-1896	274,7	18,6	31,1	2,3	132,0	89,7	293,0	10,2	2560

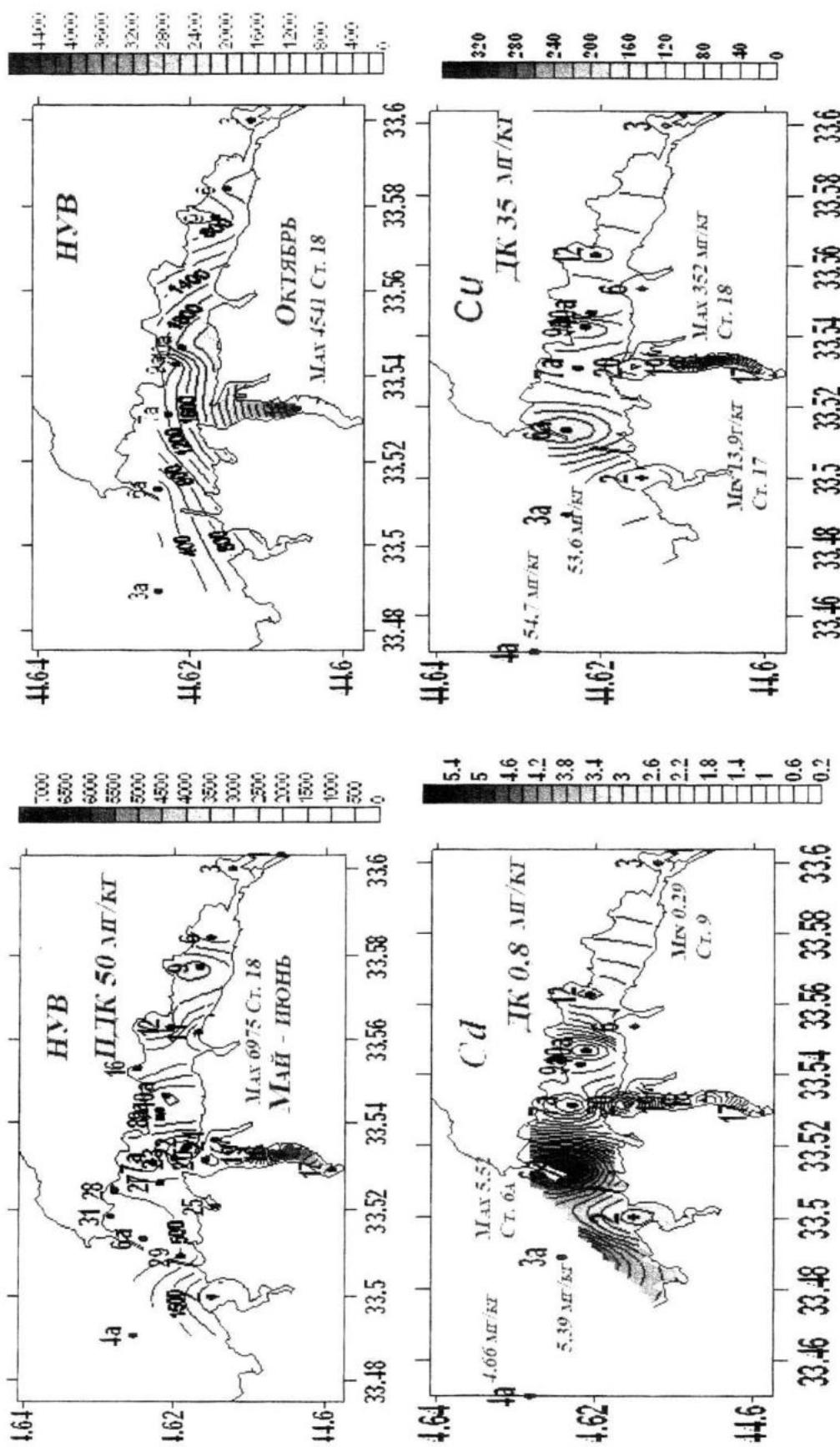
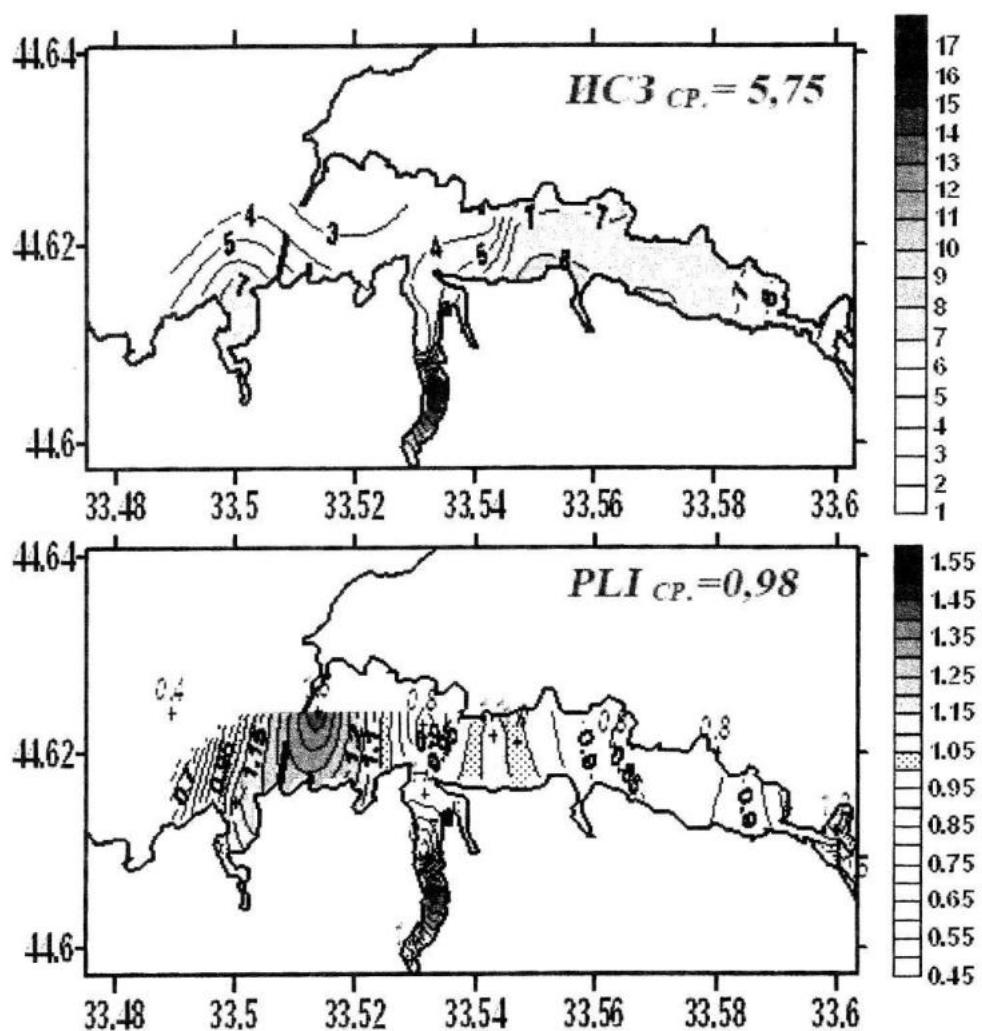


Рис. 3. Содержание доминирующих поллютантов в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты в 2008 г.
Данные по Cd и Cu, полученные в мае-июне и в октябре, объединены.



Р и с. 4. Уровень загрязнения поверхностного слоя донных отложений в Севастопольской бухте в 2008 г. Приводятся средние для Севастопольской бухты значения индексов.

Сравнение индексов загрязненности, полученных разными исследователями в тех или иных акваториях и в различные годы, вызывает затруднения именно потому, что за величины фоновых концентраций в донных отложениях различные исследователи принимают по разным соображениям разные величины. Процедура расчета индексов загрязненности пока не унифицирована.

Использование ДК по «Голландским листам» отвечает международным нормам допустимого антропогенного загрязнения, но с точки зрения морской экологии они не отвечают нормам безопасной жизнедеятельности гидробионтов. Среднее значение индекса PLI в Севастопольской бухте оказалось меньшим 1,0 (0,98), т.е. по международным

нормам в 2008 г. она может считаться чистой (рис. 4).

За эталон экологической чистоты нельзя принимать, например, условия полярных морей. Даже в Антарктике обнаружено естественное загрязнение среды тяжелыми металлами, вызванное их смызовом с суши в результате таяния ледников при наблюдающемся в последние годы потеплении климата [22, 27]. Более оправдано использование в качестве фоновых концентраций загрязняющих веществ в донных осадках Берингова моря, где не отмечено повреждений бентосных сообществ [5]. Мы предпочтаем оценивать максимальные значения индексов, используя в качестве фоновых концентраций поллютантов среднее содержание химических элементов в почве, которые приводятся в [27].

С целью оценки многолетних изменений уровня загрязнения Севастопольской бухты нами изучено содержание этих поллютантов в слоях колонки донных осадков на одной станции (10а), выбранной в центральной загрязненной части бухты.

Доминирующие поллютанты (табл. 2) в донных осадках Севастопольской бухты, за исключением нефтеуглеводородов, менялись на протяжении исследованного отрезка времени (1896 - 2008 гг.), вероятно, в зависимости от характера и интенсивности хозяйственной деятельности на ее берегах. Динамика изменения индексов ИСЗ и PLI за этот период времени приведена на рис. 5.

Значения индексов ИСЗ в конце 19-го столетия практически совпадают (7,9 и 11,7 соответственно) из-за низкого уровня загрязненности бухты медью, кадмием и мышьяком. По сравнению с концом 19-го в начале 20-го столетия суммарное загрязнение донных отложений Севастопольской бухты снижалось - в 1912-1936 гг., составляя соответственно 4,5-5,7 и 6,9-7,9, и затем возрастало до 11,2 и 17,1 соответственно в 1984-1992 гг. Несмотря на разницу в методах расчетов, тренды обеих кривых динамики ИСЗ в ретроспективный период до 2000 г. имеют сходный характер. Максимум (22,4) на кривой 2 для ИСЗ, приходящийся на 2000-2008 гг., связан с возросшим уровнем загрязнения бухты тяжелыми металлами.

Изменения значений PLI хорошо отражают временной тренд динамики антропогенной нагрузки в бухте на протяжении 100 лет. В 1896-2004 гг. значения этого индекса составляли 2,15 при использовании в расчетах международных норм ДК поллютантов в донных осадках и 5,2, когда фоновые концентрации были приняты равными среднему содержанию элементов в почве [24]. Кривые имеют минимумы, приходящиеся на 1920-1928 гг. (1,7 на кривой 1 и 4,1 на кривой 2), затем возрастают до максимума (3,0 и 7,3 соответственно) в 1960-1968 гг. Современные (2000-2008 гг.) значения PLI составили 1,8 и 4,3.

Обращают на себя внимание абсолютный минимум значений PLI в 1976-1984 гг. (0,6 и 1,5), которые резко выпадают из тренда. В слое столба донных осадков с глубины 6-8 см концентрации *Cu*, *Pb*, *Cd*, *Cr*, *Co* и *As* были минимальными и ниже фоновых, а концентрации *Zn* и *Ni* лишь немного превышали фоновые (табл. 2). Это может быть следствием гетерогенности пространственного накопления загрязняющих веществ.

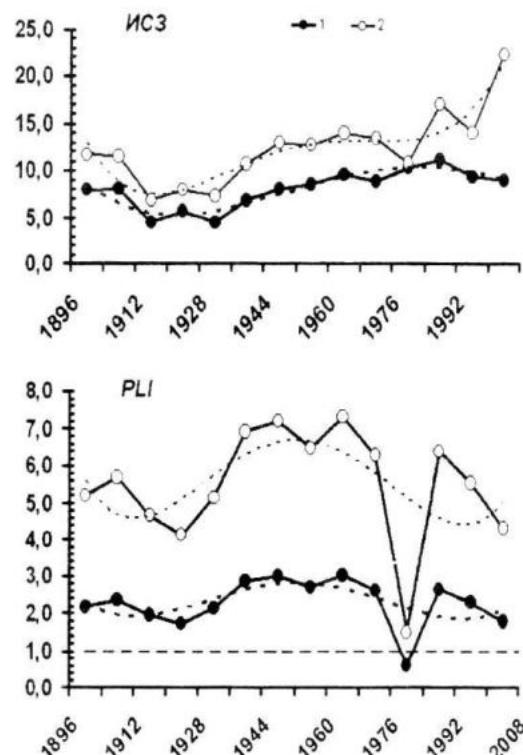


Рис. 5. Многолетняя динамика индексов загрязнения донных отложений на станции 10а. 1 – за фоновые значения приняты международные нормы для донных отложений (по «Голландским листам» [25]), 2 – фоновые значения приняты по Lindsay (1979) [24].

Полагая, что ст. 10а является достаточно типичной и данные, полученные здесь, отражают динамику загрязненности Севастопольской бухты в целом, можно сделать вывод, что в связи со снижением интенсивности хозяйственной деятельности на берегах бухты современный уровень её антропогенного загрязнения оказался ниже, чем в 1896-1904 гг.

Заключение. Определения содержания НУВ в воде, НУВ, токсичных металлов и мышьяка в донных отложениях Севастопольской бухты позволили оценить современный уровень загрязнения исследуемой акватории.

Выявлены высокие уровни загрязнения нефтяными углеводородами и токсичными металлами донных осадков районов бухты, которые подвержены длительному непосредственному воздействию источников загрязнения (центральная часть и вершина бухты, Южная бухта).

Установлены особенности пространственного распределения нефтепродуктов, тяжелых металлов и мышьяка в поверхностном слое донных отложений Севастопольской бухты.

Оценено пространственное распределение индексов суммарного загрязнения и уровня загрязнения донных осадков Севастопольской бухты.

Выявлен тренд многолетних изменений уровня загрязненности Севастопольской бухты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губанов В.И., Стельмак Л.В., Клименко Н.П. Комплексные оценки качества вод Севастопольского взморья (Черное море) // Экология моря. – Вып. 62. – 2002. - С. 76 – 80.
2. Жерко Н.В., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Малахова Л.В. Полихлорбифенилы в компонентах Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2001. - Вып. 2. - С. 153 – 158.
3. Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н., Романов А.С., Игнатьева О.Г. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 90 с.
4. Игнатьева О.Г., Овсяный Е.И., Романов А.С., Малахова Л.В., Костова С.К. Комплексная оценка загрязнения донных отложений Севастопольской бухты // Система контроля окружающей среды: Мониторинг и модели: Сб. научн. тр. / НАН Украины. МГИ:–Севастополь, 2003.–С. 93 – 95.
5. Исследование экосистем Берингова моря / Израэль Ю.А.(ред). - Вып.1.-Л.: Гидрометиздат, 1983.-26с.
6. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. - Ежегодник федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.- Обнинск: изд-во ГОИН.– 2009. – 13 с.
7. Костова С.К., Егоров В.Н., Поповичев В.Н. Многолетние исследования загрязнения ртутью Севастопольских бухт (Черное море) // Экология моря. – Вып. 56. – 2001. – С. 99 – 103.
8. Куфтаркова Е.А., Губанов В.И., Ковригина Н.П., Еремин И.Ю., Сеничева М.И. Экологическая оценка современного состояния вод в районе взаимодействия Севастопольской бухты с прилегающей частью моря // Морской экологический журн. – Вып. 1. - 2006. – С. 72 – 91.
9. Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. /Миронов О.Г. (ред.). – К.: Наукова думка, 1988. - 248 с.
10. Минкина Н.И., Павлова Е.В., Самышев Э.З., Гордина А.Д. Энергетический обмен икры, личинок и мальков черноморской камбалы калкан и его изменения в условиях загрязнения // Системы контроля окружающей среды. Средства и информационные технологии: Сб. научн. тр. / НАН Украины. МГИ: – Севастополь, 2006. – С. 347-356.
11. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Экогоехімія Чорного моря. – К.: Академперіодика, 2006. – 277 с.
12. Методические указания по определению загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. – М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – РД 52.10.556-95.
13. Методика выполнения измерений массовой концентрации кадмия, цинка, меди, свинца и мышьяка в пищевых продуктах. Атомно-абсорб-

- ционный метод с использованием электротермической атомизации. – Северодонецк: КНПП «Химавтоматика-аналитприбор». Аналитическая лаборатория, 1998. – 64 с.
14. Методические указания по определению ртути, мышьяка, сурьмы и селена с использованием ртутного-гидридного генератора «РГД-105П». - М.: Росгидромет, 1999. – 45 с.
15. Овсяный Е.И., Кемп Р.Б., Репетин Л.Н., Романов А.С. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998-1999 гг.) //Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ: – Севастополь, 2000. – С. 79 – 103.
16. Овсяный Е.И., Романов А.С., Маньковская Р.Я. и др. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. – Севастополь, 2001. – Вып. 2. – С. 138 – 152.
17. Овсяный Е.И., Романов А.С., Игнатьева О.Г. Распределение тяжелых металлов в поверхностном слое донных осадков Севастопольской бухты (Черное море) //Морской экологический журн.–Т.2, №2.–2003.–С.85– 93.
18. Осадчая Т.С., Алёмов С. В., Шадрина Т.В. Экологическое качество донных осадков Севастопольской бухты: ретроспектива и современное состояние. //Экология моря. – Вып. 66. - 2004. – С.82 – 87.
19. Павлова Е.В., Овсяный Е.И., Гордина А.Д. и др. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 70 – 95.
20. Романевич Е.А., Айбулатов Н.А. Геохимическое состояние морей России и здоровье человека //Вестник отделения наук о Земле РАН: электронный науч.-инф.журн. – №1 (22). – 2004. – 16 с.
21. Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатьева О.Г., Коновалов С.К., Овсяный Е.И. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черное море) //Экология моря. - Вып. 73. - 2007. – С.85 – 90.
22. Самышев Э.З. Особенности структуры и функционирования экосистемы в районе УАС «Академик Вернадский» //Украинский Антарктический журнал. – 2009. – Вып. 8 . – С. 237-266. http://www.uac.gov.ua/science/uaj/8/UAJ_N_8_237-266.pdf
23. Самышев Э.З., Копытов Ю.П. Уровень загрязнения донных осадков некоторых бухт Крымского полуострова тяжелыми металлами и нефтяными углеводородами // Чистота довкілля в нашому місті: Третя міжнар. конф.– (Севастополь, Україна, 2-5 жовтня 2007 р.). – Севастополь, 2007. – С. 47 – 49.
24. Lindsay W.L. Chemical equilibria in soils. - New York: Wiley and Sons, 1979. – 449 p.
25. Nederlandische Liste. Atlanten Spektrum 3/95.
26. Osadchaya N.S., Ovsyaniy E.I., Kemp R., Romanov A.S., Ignatieva O.G. Organic carbon and oil hydrocarbons in bottom sediments of Sevastopol bay (the Black Sea) //Mar. Ecol. Jour. – V. 2, № 2. – 2003. - P. 94 – 101.
27. Samyshev E.Z., Kopytov Yu.P. Pollution of the environment and hydrobiots by heavy metals in region of the archipelago Argentine islands /Web portal hosted by Flanders Marine Institute (VLIZ) http://www.scarmarbin.be/photo_gallery.php?album=915&pic=16871.- jpg.file – 2298 KB added on 2008-08-10