

# **СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МОРСКОЙ СРЕДЫ ФЕОДОСИЙСКОГО ЗАЛИВА**

**О.А. Петренко, С.С. Жугайло,  
Т.М. Авдеева, С.Н. Аджиумеров**

Южный НИИ морского рыбного  
хозяйства и океанографии,  
Керчь, Свердлова, 2  
E-mail: yugniro@kerch.com.ua

*Представлена многолетняя динамика содержаний тяжелых металлов, нефтепродуктов, хлорорганических соединений в воде и донных отложениях Феодосийского залива. Показан высокий уровень загрязнения морской среды в прибрежной части залива и на участках, подверженных наибольшей антропогенной нагрузке – на акватории порта и в районе городских выпусков ливневых вод.*

**Введение.** Прибрежные воды служат важным местом для обитания и ведения рыбного промысла и являются наиболее продуктивными. В то же время прибрежные районы наиболее активно эксплуатируются человеком и приносят ему наибольшую экономическую пользу. Прибрежно-морские экосистемы являются наиболее техногенно-напряжёнными, изменения объёмов нагрузки на них ведёт к постепенной их деградации, устойчивому изменению структуры и функционирования морских биоценозов.

Все это в полной мере относится и к прибрежной морской зоне Феодосийского залива. Расположенный на его берегах г. Феодосия имеет важное рекреационное значение и, в тоже время, здесь находятся крупные предприятия морехозяйственного комплекса – Феодосийский морской торговый порт, граничащий с ним военный порт, Феодосийского предприятия по обеспечению нефтепродуктами и т.д.

Целью данной работы является оценка современного уровня загрязненности морской среды залива тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями, нефтепродуктами.

**Материал и методика.** В работе представлены данные, полученные в период 2003 – 2011 гг. В воде и донных отложениях Феодосийского залива определялось содержание тяжелых метал-

лов (Hg, Cu, Pb, Cd, Fe, Cr), хлорорганических соединений (хлорорганические пестициды и полихлорированные бифенилы) и нефтепродуктов (нелетучие углеводороды, смолы и асфальтены), начиная с 2006 г. – только железа и нефтепродуктов. Пробы отбирались на акватории Феодосийского морского торгового порта, в зонах ливневых выпусксов (Генуэзский выпуск, ливневый выпуск за причалом № 15 Феодосийского порта у городской набережной), в прибрежной части залива на участке от м. Ильи до пляжа пансионата «Украина-1».

Химический анализ проб воды и донных отложений выполнен в Лаборатории охраны морских экосистем ЮГНИРО, аттестованной в системе Госстандарта Украины.

Содержание тяжелых металлов определялось методом атомно-адсорбционной спектрометрии, компонентов нефти – методами инфракрасной спектрофотометрии и флюoresценции, хлорорганических соединений – газо-жидкостной хроматографии.

Оценка качества вод проводилась в сравнении с величинами ПДК [1] и Сан-Пин [2], донных осадков – в сравнении со средним содержанием тяжелых металлов в земной коре [3] и Классификацией донных отложений по степени их загрязненности нефтепродуктами [4].

**Результаты и их обсуждение.** Анализ уровня загрязненности водной среды Феодосийского залива тяжелыми металлами показал, что в 2003 – 2005 гг. средние концентрации свинца составляли 0,02 – 1,05 мкг/л, кадмия – 0,01 – 0,28 мкг/л и были значительно ниже ПДК. Содержание хрома изменилось в пределах, характерных для вод Черного моря – 0,20 – 1,72 мкг/л [5]. Для меди на отдельных участках акватории фиксировалось превышение ПДК в 1,2 – 2,3 раза, при этом максимальная концентрация определена в декабре 2004 г. в мористой части залива. Наибольшее среднее содержание ртути, составляющее 0,21 мкг/л, определено в марте 2003 г. (табл. 1), в это время зафиксирован и абсолютный максимум – 3,8 ПДК в прибрежной части залива, несколько меньшая концентрация металла (3,3 ПДК) наблюдалась на акватории порта.

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях, значение индекса качества зол (ИКВ) Феодосийского залива

год	рутуть			медь			свинец			кадмий			хром			ИКВ		
	1*	2**	3***	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Вода, мкг/л</i>																		
03.2003	0,18	0,21	0,11	1,90	2,30	2,34	0,29	0,15	0,17	0,08	0,10	0,08	0,22	0,23	0,09	0,52	0,59	0,35
06.2003	0,09	0,07	0,07	2,97	3,27	4,34	0,74	0,88	0,88	0,08	0,07	0,07	0,28	0,17	0,28	0,52	0,45	0,42
09.2003	0,05	0,05	0,05	3,30	3,17	2,83	0,46	0,68	0,66	0,13	0,03	0,10	1,06	0,41	0,99	0,35	1,08	0,55
12.2003	0,07	0,08	0,09	4,36	—	2,52	0,24	—	0,35	0,10	—	0,12	0,39	—	0,95	0,84	—	1,30
03.2004	0,08	0,06	0,10	1,65	4,28	2,67	0,41	0,21	0,30	0,02	0,01	0,02	0,73	1,12	0,25	0,56	0,31	0,84
07.2004	0,06	0,09	0,06	1,26	4,18	1,39	0,25	0,99	0,25	0,04	0,10	0,04	0,72	1,11	1,28	0,45	0,95	0,50
09.2004	0,11	0,05	0,10	2,58	4,93	3,84	0,38	0,41	0,35	0,02	0,03	0,03	0,96	0,63	0,78	0,72	0,53	0,54
12.2004	0,08	—	0,06	5,12	6,42	5,98	0,58	0,53	0,42	0,09	0,21	0,12	2,12	1,61	1,54	1,30	1,04	1,24
03.2005	0,04	0,03	0,05	2,19	3,83	3,25	0,25	0,26	0,22	0,10	0,18	0,18	1,24	0,72	1,85	2,22	0,51	1,36
06.2005	0,13	0,13	0,12	2,57	4,26	2,97	0,30	0,55	0,37	0,03	0,05	0,05	1,36	1,53	1,11	0,47	0,62	0,60
09.2005	0,08	0,17	0,08	1,65	1,17	1,39	0,16	0,21	0,09	0,09	0,10	0,10	0,84	0,21	0,51	0,41	0,54	0,34
11.2005	0,08	0,07	0,07	1,15	1,52	1,09	0,10	0,17	0,15	0,11	0,17	0,17	0,45	0,91	0,79	0,43	0,34	0,39
ПДК	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,0	—	—	—	—	—
<i>Донные отложения, мкг/2 с.б.</i>																		
03.2003	0,17	0,05	0,09	17,3	11,0	22,2	26,3	14,0	21,9	0,16	0,07	0,14	69,4	50,2	86,7	—	—	—
06.2003	0,15	0,02	0,12	20,3	8,06	42,7	19,1	8,12	22,4	0,12	0,06	0,10	18,4	47,9	24,6	—	—	—
09.2003	0,11	0,01	0,09	25,9	8,33	11,4	20,6	12,7	13,9	0,14	0,07	0,10	49,8	107	47,6	—	—	—
12.2003	0,14	—	0,08	25,3	—	18,4	15,7	—	30,6	0,17	—	0,06	52,7	—	73,6	—	—	—
03.2004	0,09	0,01	0,07	38,7	7,78	20,4	15,7	13,7	14,3	0,09	0,04	0,14	38,7	54,1	33,0	—	—	—
07.2004	0,10	0,01	0,13	25,9	8,90	18,9	42,5	5,78	18,6	0,12	0,04	0,13	15,4	25,6	15,7	—	—	—
09.2004	0,22	0,02	0,03	25,2	10,2	29,5	18,4	3,64	16,2	0,09	0,02	0,16	31,1	44,7	92,4	—	—	—
12.2004	0,12	0,03	0,04	21,7	6,34	72,5	16,9	3,90	10,9	0,09	0,09	0,07	26,2	38,5	31,8	—	—	—
09.2005	0,20	0,08	0,05	12,6	8,91	8,39	6,81	4,57	9,59	0,18	0,56	0,11	33,0	42,2	36,8	—	—	—
Земн.кора	0,08	—	—	—	47	—	16	—	—	0,13	—	—	83	—	—	—	—	—

\* - 1 - акватория порта;

\*\* - 2 - прибрежная зона залива;

\*\*\* - 3 - зоны ливневых пусков

В течение 2003 – 2011 гг. средняя концентрация железа изменялась в большом диапазоне – 2,13 – 600 мкг/л. Максимальный уровень загрязненности отмечен в марте 2005 г. и июле 2007 г. на акватории порта – максимальные

концентрации составили 23 и 36 ПДК, соответственно. В тоже время, следует отметить, что с 2007 г. наблюдается тенденция снижения уровня загрязненности водных масс железом на всей исследуемой акватории залива (рис. 1).

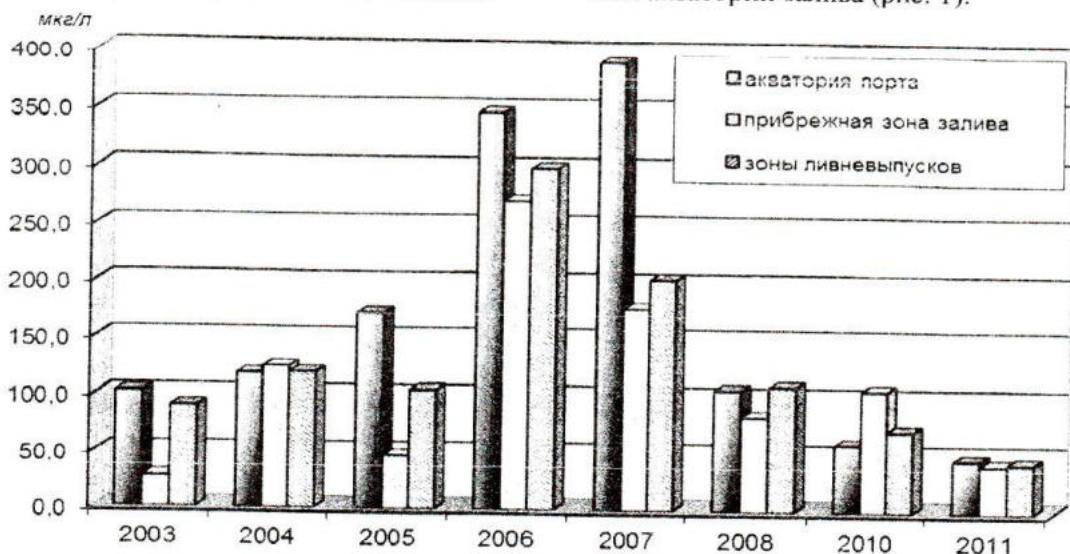


Рис. 1. Динамика средних содержаний железа (мкг/л) в воде акватории Феодосийского залива (2010 г. – данные ГАЧЭИ)

Анализ концентраций тяжелых металлов в воде залива показал, что основной вклад в загрязнение водной среды железом и хромом вносила портовая деятельность, наибольшие концентрации ртути и меди определены в прибрежной зоне залива. Содержание свинца и кадмия в водной среде было значительно ниже нормативных величин.

Для оценки степени загрязнения водной среды тяжелыми металлами (за исключение общего хрома, содержание которого в воде рыбохозяйственных водоемов не регламентируется) был рассчитан индекс качества воды [6]. Величина ИКВ изменялась в большом диапазоне – 0,31 – 2,22 (табл. 1). При этом максимальной она была в марте 2005 г. на акватории порта – водная среда классифицировалась как «грязная».

Следует подчеркнуть, что данная классификация не отражает в полной мере уровень загрязненности водных масс. Так, градация «умеренно загрязненная – грязная вода» обусловлена высоким содержанием железа, а в марте 2003 г. при концентрации ртути, достигающей 3,8 ПДК, вода классифицировалась как «чистая». Что касается железа,

то данный элемент не представляет значимой опасности для экосистемы и, кроме того, играет важнейшую биологическую роль, особенно в виде органических комплексных соединений.

В связи с тем, что микро- и макроэлементный состав водной среды быстро изменяется во времени и пространстве, больший интерес для оценки химико-токсикологического состояния представляет уровень загрязнения донных отложений, хотя отсутствие нормативов и создает определенные проблемы. В качестве фоновой величины использовано среднее содержание тяжелых металлов в земной коре [3].

В донных отложениях залива для таких металлов как медь, кадмий, железо и хром содержание, превышающее таковое в земной коре, зафиксировано в единичных случаях. Значительный вклад в загрязнения донных отложений вносят ртуть и свинец. При этом особенностью для ртути явилось превышение фоновых величин на акватории порта и в зонах ливневых выпусков (табл. 1).

Нефтепродукты являются одними из основных загрязняющих веществ морской среды. В водной среде Феодосий-

ского залива доминирующей фракцией в их составе была углеводородная (более 90%). В период 2003 – 2006 гг. определен наибольший уровень загрязнения водной среды нефтеуглеводородами, практически на всей исследуемой акватории их содержание превышало ПДК.

Абсолютный максимум – 4 ПДК зафиксирован в декабре 2003 г. в зоне ливневых выпусков. Начиная с декабря 2006 г., среднегодовая концентрация нефтеуглеводородов в воде снижалась и достигла минимальных величин в 2011 г. (рис. 2-А).

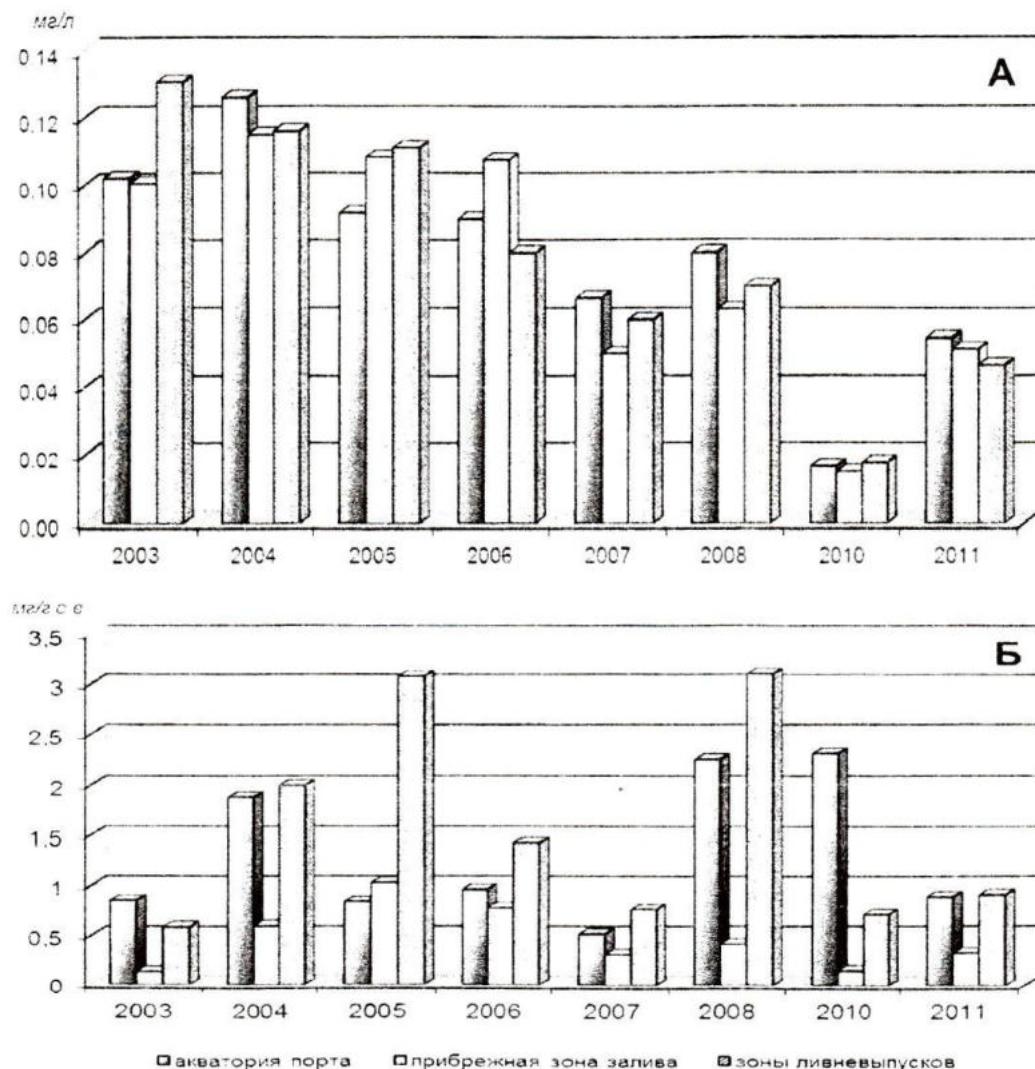


Рис. 2. Динамика средних содержаний нефтепродуктов воде (А) и донных отложениях (Б) Феодосийского залива

В донных отложениях залива на протяжении всего периода исследований наименьшее содержание нефтепродуктов зафиксировано в прибрежной зоне – 0,111 – 1,105 мг/г с.в. Согласно классификации [3], донные осадки данной части акватории отнесены к I-II уровням загрязнения. На акватории порта в 2003 – 2004 и 2008 – 2010 гг., а также в зоне ливневых выпусков в 2004 – 2006 и 2008 гг. зафиксирован III уровень загрязненно-

сти, при котором начинается деградация донных биоценозов. В целом, наибольший уровень загрязненности (с преобладанием смолистой фракции) отмечается в акватории порта и в зоне ливневых выпусков (рис. 2-Б).

Распределение хлорорганических соединений (ХОС) в водной среде исследуемой акватории во времени и пространстве было крайне неравномерным. Так, наименьшее их содержание, состав-

ляющее 3,9 нг/л, зафиксировано в декабре 2004 г., причем в воде определены только изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ). Максимальная концентрация ХОС (633 нг/л) наблюдалась в сентябре 2005 г., при этом 88% приходилось на полихлорированные бифенилы (ПХБ), пестициды группы ДДТ и ГХЦГ составили 11% и 1%, соответственно.

Соединения группы ДДТ в воде акватории порта присутствовали в течение практически всего периода исследований, составляя в среднем 9,5 нг/л, в прибрежной части залива они были обнаружены только в 2005 г. в количестве, составляющем в среднем 33,4 нг/л, на порядок меньшее их содержание определено в районе ливневых выпусков в 2003 и 2005 гг. В целом, их концентрации были значительно ниже ПДК [2].

В донных отложениях залива среднее содержание ХОС изменялось в пределах 2,6 – 720,8 нг/г с.в. Основной вклад в уровень загрязнения, как правило, вносили ПХБ (66% от суммы ХОС). При этом в марте 2003 г. зафиксировано максимальное содержание ДДГ в акватории порта: – 817,6 нг/г с.в. (8 ПДК) при наблюдаемом диапазоне на остальных станциях в течение всего периода исследований 0 – 222 нг/г с.в., в декабре 2004 г. ПХБ – 2603 нг/г с.в. (при наблюдаемом диапазоне 0,9 – 112 нг/г с.в.). Метаболиты ДДГ присутствовали в донных отложениях на уровне нескольких нг/г сухого вещества, изомеры ГХЦГ – от «не определено» до нескольких десятых долей нг/г с.в.

**Заключение.** В исследуемый период водная среда Феодосийского залива по уровню загрязненности тяжелыми металлами классифицировалась как «чистая – грязная вода». Градация «умеренно загрязненная – грязная вода» обусловлена высоким содержанием железа, не являющегося высоко токсичным элементом. В донных отложениях на единичных станциях отбора проб содержание меди, кадмия, железа и хрома превышало среднее их содержание в земной коре. Значительный вклад в загрязнение донных отложений вносили ртуть и свинец.

Из хлорорганических соединений основными загрязняющими веществами были ПХБ, но в 2003 г. в донных отло-

жениях зафиксировано аномально высокое содержание ДДТ.

Наибольший уровень загрязнения водной среды нефтепродуктами отмечен в период 2003 – 2006 гг., наименьший – 2011 г. Согласно классификации донные осадки прибрежной зоны залива отнесены к I-II уровням загрязнения; акватории порта и районов ливневых выпусков в отдельные годы – к III уровню, при котором начинается деградация донных биоценозов.

В целом в наибольшей степени были загрязнены водные массы и донные отложения участков залива, наиболее подверженных антропогенному воздействию – акватории порта и зон ливневых выпусков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов (№ 12-04-11), М., 1990.
2. ДСанПиН 8.8.1.2.3.4-000-2001. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітря робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті.
3. Виноградов А.П. Геохимия океана. – М.: Наука, 1989. – 219 с.
4. Миронов О.Г., Милovidова Н.Ю., Кирюхина Л.Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках Черного моря // Гидробиологический журнал, т. 22, № 6, 1986. – С. 76 – 78.
5. Петренко О.А., Троценко Б.Г., Жугайло С.С., Авдеева Т.М. Результаты современных мониторинговых исследований загрязненности вод и донных отложений северной части Черного моря // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2007. – С. 199 – 206.
6. Мандыч А.Ф., Шаторенко С.И. Прибрежные воды – индикатор хозяйственной деятельности на побережье Черного моря // Природа, 1992. № 6. – С. 17 – 24.