

## Методические подходы к оценке степени техногенной нагрузки на донные отложения (на примере Южно-Бугского лимана)

Долин В. В., Смирнов В. Н., Смирнова С. М.

*Институт геохимии окружающей среды НАН Украины и МЧС Украины, Киев*

Ввиду отсутствия в Украине нормативно-правовой базы по оценке экологической безопасности донных отложений, в статье осуждаются методологические подходы и нормативы, разработанные в СССР, России, странах ЕС. Проведено комплексное опробование донных отложений Бугского лимана. Обнаружены локальные аномалии загрязнения в зоне влияния техногенных объектов. В пределах техногенных аномалий тяжелые металлы прочно удерживаются твердой фазой донных отложений.

**Введение.** Среди наиболее опасных загрязнителей окружающей среды урбанизированных территорий одно из ведущих мест занимают тяжелые металлы.

Понятие тяжелые металлы, характеризующее широкую группу загрязняющих веществ, получило в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого термина. В связи с этим количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к хрупким (например, висмут) или металлоидам (например, мышьяк).

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, к тяжелым металлам относят более 40 металлов периодической системы Д. И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. При этом немаловажную роль в классификации экологической опасности тяжелых металлов играют их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомagniфикации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых в настоящее время полностью не определена), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. По классификации Н. П. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более  $8 \text{ г/см}^3$ . Таким образом, к тяжелым металлам относятся Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg [9].

Формально определению тяжелые металлы соответствует большое количество элементов. Однако, по мнению исследователей, занятых практической деятельностью, связанной с организацией наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения

этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества. Поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы тяжелых металлов, в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ.

Ионы металлов являются неизменными компонентами природных водоемов. В зависимости от условий среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, наличие лигандов) они существуют, имея разные степени окисления, и входят в состав разнообразных неорганических и металлоорганических соединений, которые могут быть истинно растворенными, коллоидно-дисперсными или входить в состав минеральных и органических взвесей.

Истинно растворенные формы металлов, в свою очередь, весьма разнообразны, что связано с процессами гидролиза, гидролитической полимеризации (образованием полиядерных гидроксокомплексов) и комплексообразования с разными лигандами. Соответственно, как каталитические свойства металлов, так и доступность их для водных микроорганизмов, зависят от форм существования их в водной экосистеме.

Многие металлы образуют довольно прочные органо-минеральные комплексы, которые служат одной из важнейших форм миграции элементов в природных водах. Большинство органических комплексов образуются по хелатному циклу и являются устойчивыми. Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями железа, алюминия, титана, урана, ванадия, меди, молибдена и других тяжелых металлов, относительно хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и слабощелочной сред. Поэтому металлоорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния. Особенно важно это для маломинерализованных и в первую очередь поверхностных вод, в которых образование других комплексов невозможно [3].

Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступ-

ность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм металла.

Переход металлов в водной среде в металлокомплексную форму имеет три следствия:

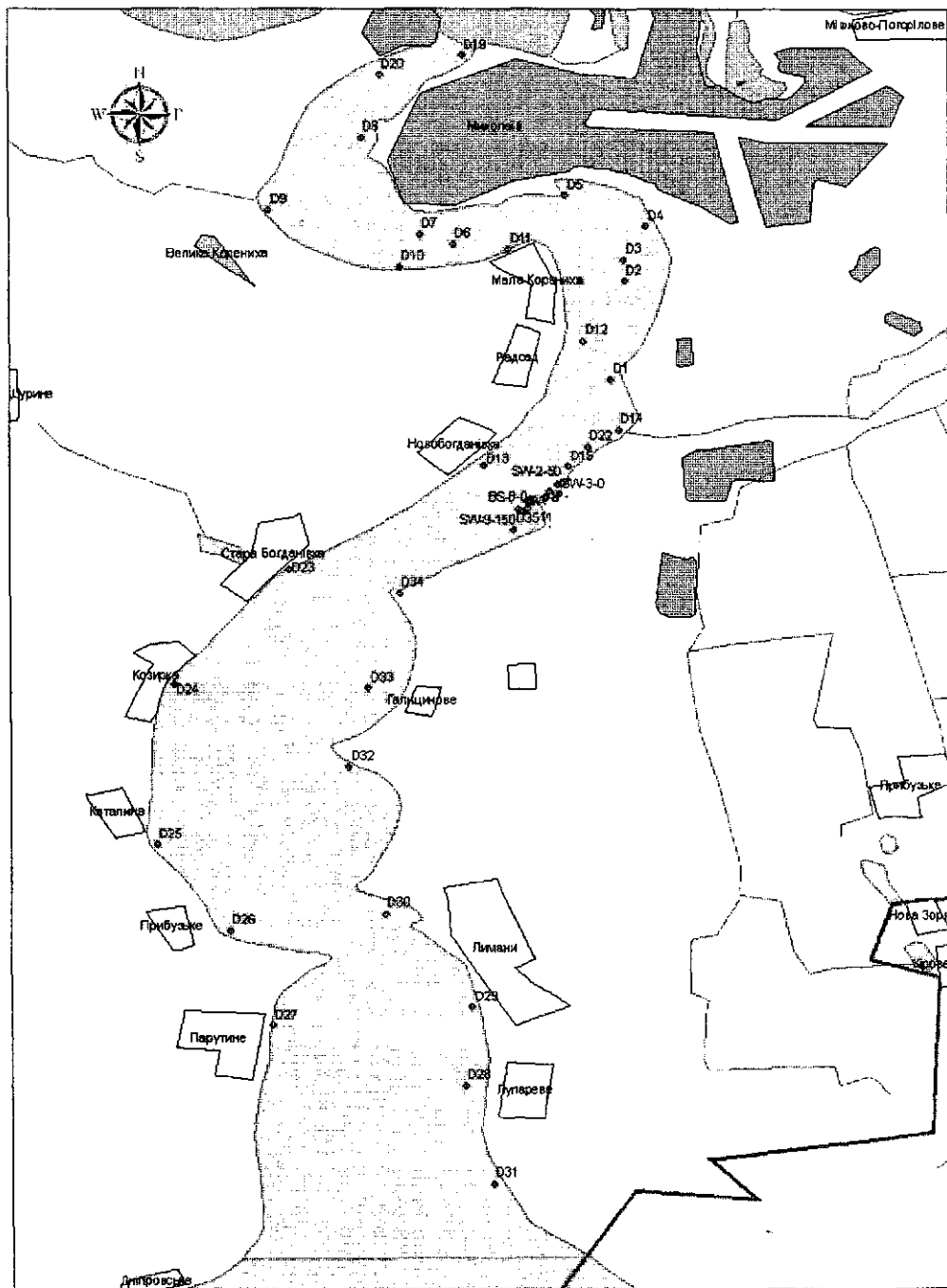
1 – может происходить увеличение суммарной концентрации ионов металла за счет перехода его в раствор из донных отложений;

2 – мембранная проницаемость комплексных ионов может существенно отличаться от проницаемости гидратированных ионов;

3 – токсичность металла в результате комплексобразования может сильно измениться.

Так, хелатные формы Cu, Cd, Hg менее токсичны, нежели свободные ионы. Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю связанных и свободных форм [11].

Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды гальванических цехов, пред-



Точки пробоотбора донних отложений в акватории Бугского лимана

Описание проб донных отложений

Номер точки отбора	Месторасположения точки отбора пробы, привязка к местности	Глубина отбора, м	Расстояние от берега, м
1	Район маяка Сиверсов	4-5	100
2	Перед островом «Батарейное укрепление»	3-4	450
3	За островом «Батарейное укрепление»	3-4	450
4	Напротив Николаевской нефтебазы	5-6	20
5	Между Морским торговым портом и Черноморским судостроительным заводом (ЧСЗ)	4-5	10
6	Между ЧСЗ и Речным торговым портом	2-3	10
7	Район Николаевского речного торгового порта	3-4	10
8	Напротив жилого района «Намыв»	3-4	50
9	пгт Большая Корениха	5-6	100
10	Между пгт Большая Корениха и с. Малая Корениха	10-11	50
11	Напротив с. Малая Корениха	5-6	100
12	Напротив с. Радсад	4-5	300
13	Напротив с. Новая Богдановка	3-4	50
14	Николаевский лодочный причал №12	3-4	50
15	Николаевский лодочный причал №13	3-4	100
16	Судостроительный завод «Дамен Шипардс Океан» (ДШО) напротив ливневого выпуска №4	2-3	5
17	«ДШО» ливневый выпуск №8	15	2
18	«ДШО» ливневый выпуск №8	9-10	20
19	Район Варваровского моста	4-5	50
20	Напротив дачного поселка «Сады»	4-5	100
21	Напротив «ДШО»	18	500
22	Ливневый выпуск Корабельного района г. Николаева	2-3	50
23	Напротив с. Старая Богдановка	6-7	100
24	Напротив с. Козырка	5-6	50
25	Напротив с. Каталино	6-7	70
26	Напротив с. Чертовате	2-3	30
27	Напротив с. Парутино	3-4	70
28	Напротив с. Лупарево (район дач)	6-7	400
29	Между селами Лупарево и Лиманы	5-6	300
30	Район «Русская коса»	5-6	500
31	С. Лупарево (в конце территории дачных участков)	2-3	50
32	Николаевский глиноземный завод (НГЗ)	5-6	100
33	Напротив с. Галициново	7-8	1000
34	Напротив Спецморпорта «Октябрьск»	2-3	150
35	Напротив калийного терминала «Ника Тера»	6-7	400

приятый горнодобывающей, черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий.

Повышение концентрации тяжелых металлов в природных водах часто связано с другими видами загрязнения, например, с закислением. Выпадение кислотных осадков способствует снижению значения pH и переходу металлов из сорбированного на минеральных и органических веществах состояния в свободное [6].

**Пробоотбор и методы анализа образцов донных отложений.** На протяжении 2006 г. впервые проведено комплексное обследование донных отложений Бугского лимана на отрезке от Варваровского моста г. Николаев (т. 19) до Днепро-Бугского лимана (т. 31) (рисунок). Отбор проб производился с помощью дночерпателя ДЧ-00025 напротив промышленных площадок г. Николаева и близлежащих населенных пунктов вдоль левого и правого берегов лимана (табл. 1). Географические координаты определяли с помощью навигатора GPS-70. Пробы после отбора переносили в стеклянную тару, герметично упаковывали.

В лабораторных условиях пробы высушивали в сушильном шкафу при температуре  $95 \pm 5$  °С до постоянного веса. Высушенные пробы последовательно обрабатывали в статических условиях дистиллированной водой, 1 М раствором ацетата аммония и концентрированной азотной кислотой при нагревании. Условия обработки: соотношение твердой и жидкой фаз 1 : 5, комнатная температура, периодическое перемешивание в течение суток. После каждого выщелачивания пробы фильтровали через бумажный фильтр "синяя лента", пробу на фильтре дважды промывали дистиллированной водой.

Тяжелые металлы в вытяжках определяли методом атомной абсорбционной спектрофотометрии. Метод основан на измерении уменьшения интенсивности (или мощности) потока электромагнитного излучения.

**Критерии оценки экологического состояния донных отложений.** При экологической оценке степени загрязнения донных отложений химическими веществами были использованы нормативные документы [5, 7, 8, 10]. До настоящего времени государственные стандарты и санитарно-гигиенические нормативы Украины относительно предельно допустимых концентраций (ПДК) химических элементов в почвах и донных отложениях не разработаны, не определены критерии, которые могли бы быть положены в основу этих норм. В силу этих причин ПДК загрязняющих веществ в почве и донных отложениях значительно различаются и при оценке экологического состояния окружающей среды могут использоваться критерии, принятые и рекомендованные разными ведомствами. Таким образом, в Украине отсутствует единая схема в подходе к анализу загрязнения окружающей среды химическими веществами.

Широкое распространение получил подход, при котором нормирование проводится по накоплению токсичных веществ в природных объектах. Определение содержания элементов-загрязнителей в воздухе, воде, почве, донных отложениях и продуктах питания как наиболее доступный прием, положено в основу действующих природоохранных разработок. В этих разработках главными являются санитарно-гигиенические требования с их системой ПДК, допустимых уровней накопления

(ДУН), ориентировочно допустимых концентрации загрязняющих веществ (ОДК) предельно допустимых нагрузок (ПДН), допустимых остаточных концентраций (ДОК), допустимых уровней накопления (ДУН), суточных норм потребления токсичного вещества с воздухом, водой, пищей человека (животных).

Исходя из изложенного, в настоящей работе для расчета ПДК донных отложений был принят следующий принцип: за основу взяты ПДК содержания элементов в почвах, разработанные в СССР и применяемые в настоящее время в Украине (ПДК МЗ) (табл. 2). Если ПДК МЗ не установлен, использовались нормативы Европейских стандартов. В случае отсутствия этих данных, использовали значения фонового содержания в почвах Украины (усредненные региональные) или кларка (табл. 3). Следует отметить, что последний критерий применен лишь для макроэлементов – железа.

При нормировании загрязняющих веществ в донных отложениях значение ПДК принимали в соответствии с рекомендациями [5]: увеличение валового содержания элементов до уровня двух кларков, удвоенное значение регионального фонового содержания либо максимальное значение содержания элементов, обнаруженных в незагрязненных донных отложениях. В целом подход к нормированию загрязнения по валовому содержанию элементов-загрязнителей рассматривается как ориентировочный и к его положительным моментам можно отнести сравнительную простоту получения этого теста.

*Метод нормирования по интегральным показателям.* Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почв и донных отложений вредными химическими веществами являются ПДК и рассчитанные на их базе интегральные показатели: коэффициент опасности контролируемых веществ ( $K_c$ ), коэффициент концентрации ( $K_c$ ), коэффициент ответной реакции по влиянию химического загрязнения ( $K_{op}$ ). В основе разработки метода лежат представления о возможности возникновения синергетических эффектов, которые могут резко усилить нежелательное воздействие на биосферу ассоциации элементов, каждый из которых в отдельности не представляет существенной опасности для человека.

Таблица 2

Сравнение ПДК для почв и донных отложений по данным различных источников, мг·кг<sup>-1</sup>

Элемент	Кларк [1]		Региональный фон в почве [12]		ПДК МЗ [2]		ПДК (Нидерланды)	
	ЗК	Почва	Органические	Минеральные	Валовое содержание	Подвижные формы	Донные отложения	Почвы
Pb	16	10	10	12	32	23	85	85
Zn	83	50	54	63	55	37	140	140
Cr	83	200	65	81	100	6 для (VI)	100	100
Ni	58	40	28	34	20	4	35	35
Cu	47	20	16	11,5	33	3	35	36
Mn	1000	850	496	605	1500	600 (50)	–	–
Fe	51000	38000	19909	20333	–	–	–	–

Примечание. ЗК – содержание в земной коре, в скобках указан лимит для почв сельскохозяйственного назначения; прочерк – ПДК не установлено либо данные не приведены.

$K_o$  рассчитывали как отношение фактического уровня содержания контролируемых веществ в донных отложениях ( $C$ ) к предельно допустимой концентрации (ПДК):

$$K_o = C / \text{ПДК}$$

В расчете данного коэффициента лимитирующим показателем ПДК элементов выступают санитарно-токсикологические нормативы. Эти нормативы установлены для следующих элементов, определенных в данной работе: свинца, цинка, меди, хрома и никеля.

Опасность загрязнения среды тем выше, чем выше класс опасности контролируемых веществ.

Интегральный показатель опасности  $\sum K_o(1+2)$  дифференцируется по ПДК элементов 1 и 2 класса опасности:

$$\sum K_o(1+2) = \sum \frac{C}{\text{ПДК}}$$

Критическим состоянием считаются участки, где превышает 1. По санитарно-гигиеническим нормам, согласно ГОСТ 17.4.02-83, к 1 классу опасности (чрезвычайно опасные) относятся свинец, цинк, ко второму классу опасности (высоко опасные) – медь, никель, хром (табл. 3). Чем подвижнее химические элементы в геохимической среде, тем активнее они участвуют в процессах биогеохимического круговорота.

Мерой количественной оценки степени аномальности и основой для выявления локальных техногенных аномалий служит коэффициент концентрации ( $K_c$ ), рассчитанный как отношение содержания элемента в донных отложениях ( $C$ ) к фоновому содержанию в почвах региона ( $C_f$ ):

$$K_c = C / C_f$$

Критерием выступают величины содержания химических элементов в объемной массе в единице объема природного тела. Он характеризует распространенность химического элемента в окружающей среде.

Указанный методический прием достаточно объективно характеризует количественные и качественные изменения, произошедшие под влиянием антропогенных воздействий. Обычные колебания фона в отдельных типах ландшафта, относящихся к одной и той же климатической зоне и однотипному комплексу пород литогенной основы редко выходят за пределы одного-двух стандартных отклонений, т. е. представляют собой достаточно постоянную величину.

Загрязнение окружающей среды носит комплексный характер и опасность загрязнения тем больше, чем выше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве. Происходит загрязнение не одним элементом, а группой химических элементов [9].

Метод нормирования по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) характеризует интенсивность техногенного давления на экосистему, определяет ассоциации химических элементов, загрязняющие компоненты окружающей среды и выявляет зоны с разными уровнями загрязнения. Показатель суммарного загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации, накапливающихся в пределах техногенной аномалии элемента [4]. Количественной

мерой ассоциации химических элементов в загрязненной окружающей среде служит суммарный показатель загрязнения, представляющий аддитивную сумму коэффициентов концентрации, значения которых превышают 1:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c$$

где  $n$  – число аномальных химических элементов, входящих в изучаемую ассоциацию.

Суммарный показатель загрязнения относится к числу нормативных и рассчитывается для токсичных элементов первого и второго классов опасности. Оценка по опасности загрязнения донных отложений комплексом тяжелых металлов по показателю  $Z_c$ , отражающему дифференциацию загрязнения донных отложений металлами, проводится по оценочной шкале, приведенной в [5].

Оценка экологической безопасности донных отложений Бугского лимана. Использование унифицированных методических подходов позволяет сопоставить данные при оценке уровня загрязнения донных отложений и возможность последствий загрязнения.

Загрязнение донных отложений варьирует в широком диапазоне (до 4-х порядков) (табл. 4). Наиболее высокий уровень загрязнения цинком, железом, медью, хромом наблюдается в районе судостроительного завода "Дамен Шипардс Океан" (т. 16–18, 21, 35); никелем, свинцом, медью – в районе Морского Торгового порта и "Черноморского судостроительного завода" (т. 4–5); цинком, железом, хромом – в районе Варваровского моста (т. 19–20); марганцем – в районе села Радсада (т. 12) (см. табл. 1, рисунок).

Таблица 3

ПДК, принятые в данной работе, на основе анализа нормативных документов и литературных данных

Элемент	ПДК, мг/кг <sup>-1</sup>	Класс опасности	Лимитирующий признак
Pb	32	1	Санитарно-токсикологический
Zn	55	1	" "
Cr	100	2	" "
Ni	20	2	" "
Cu	33	2	Органолептический
Mn	1500	3	" "
Fe	20000	3	" "

Таблица 4

Диапазон загрязнения донных отложений Бугского лимана

Показатель	Содержание, мг/кг <sup>-1</sup>	$K_o$	$\sum K_o(1+2)$	$K_c$	$Z_c$
Zn	9,38-4415	0,17-80,3	199,8(*) 17,4	0,03-15,02	по 1 классу опасности: 20,95
	294	5,34		0,001-5,93	
Pb	0,1-407	0,003-12,7		0,08-14,3	по 2 классу опасности: 28,98
	68,6	2,14		0,05-6,6	
Ni	7,44-1368	0,37-68,4		0,0001-8,08	
	95,75	4,8			
Cu	9,22-1115	0,28-33,8		0,05-3,96	
	169	5,12			
Cr	0,006-458	0,00006-4,6			
	56,7	0,57			
Mn	131-10510	0,09-7			
	2651	1,77			
Fe	59,15-230000	0,003-11,5			
	25904	1,3			

Примечание. В числителе – предельные значения, в знаменателе – среднее арифметическое; (\*) – максимальное значение.

Анализ геохимических показателей дает представление об уровнях и масштабах распространения загрязнения тяжелыми металлами донных отложений в Бугском лимане. В большинстве проб донных отложений фиксируется превышение содержания тяжелых металлов на уровне 2–5 ПДК. Уровень загрязнения химическими веществами донных отложений можно отнести к опасному. В ряду загрязняющих веществ преобладающее место занимают элементы 1 и 2 класса опасности. Так, в донных отложениях лимана значения  $K_0$  по элементам 1 класса достигает 80,3 (Zn), 12,7 (Pb).

По результатам анализа выделяются территории непосредственно вблизи промышленных площадок по берегу Бугского лимана, которые представляют собой "клондайк" по содержанию тяжелых металлов. Эти значения измеряются граммами и сотнями граммов на килограмм донных отложений: железа – до 230 г, цинка – 4,4 г, никеля и меди – более 1 г, хрома и свинца – около 0,5 г. Интегральный показатель опасности для донных отложений лимана достигает 200 (табл. 4).

Анализ распределения ассоциации химических элементов в исследуемом объекте основывается на принципе, что происходит загрязнение не одним элементом, а группой химических элементов. В ассоциацию могут войти все химические элементы, обнаруженные в исследуемом объекте в аномальных концентрациях или элементы, отражающие определенную сторону геохимического явления.

Расчеты суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) донных отложений и выбор лимитирующего норматива является научно обоснованным, так как  $K_c$  зависит от особенностей выбранного нами лимита, т. е. регионального геохимического фона, задающего первичный масштаб уровня соотношений между элементами и их группами, с учетом специфики изучаемого нами объекта.

По суммарному показателю загрязнения донных отложений разработаны шкалы, оценивающие уровни загрязнения гидрогенных аномалий, в связи с формируемыми ими неблагоприятными последствиями (табл. 5).

Согласно расчетным показателям  $Z_c$  можно выделить три зоны загрязнения донных отложений с учетом ориентировочной шкалы оценки загрязнения токсичными элементами донных отложений. В порядке увеличения образуется следующий ряд:

$$Z_c (< 10) \rightarrow Z_c (10-30) \rightarrow Z_c (30-100)$$

Из трех выделенных уровней наиболее жесткому контролю подлежат зоны "сильного" уровня загрязнения донных отложений, где превышение норматив-

ных показателей для таких элементов как свинец, никель и цинк находятся на уровне 10 ПДК. К таким зонам относятся: район Морского Торгового порта и "Черноморского судостроительного завода" (т. 4–5), район судостроительного завода "Дамен Шипардс Океан" (т. 16–18, 21, 35). К зонам среднего загрязнения следует отнести: район Речного торгового порта (т. 6–7), район сброса очищенных вод с городских очистных сооружений (т. 33). Территории по правому берегу Бугского лимана напротив сел Радсад, Новая и Старая Богдановка, Парутино (т. 23–27) относятся к зонам слабого загрязнения.

Анализ водной и ацетатной вытяжек показал, что большинство металлов техногенного генезиса весьма прочно фиксированы твердой фазой донных отложений – в наиболее загрязненных местах количество подвижных форм тяжелых металлов не превышает 2–5 %. В то же время доля подвижных форм тяжелых металлов в донных отложениях возрастает до 15–25 % в зонах загрязнения, сравнимого с региональным геохимическим фоном либо незначительно превышающим фоновые значения.

**Выводы.** Анализ существующей нормативной базы показал, что в Украине сложилась критическая ситуация в области оценки экологического состояния донных отложений. Иными словами, отечественная нормативная база по этой проблеме полностью отсутствует. Следует отметить, что соответствующая нормативная база весьма несовершенна и в России. Учитывая перспективы интеграции Украины в ЕС, назрела насущная необходимость разработки ряда Государственных стандартов и приведения действующих нормативных документов в соответствие с Европейскими стандартами.

По степени загрязнения донных отложений тяжелыми металлами 1 и 2 класса опасности и суммарному показателю загрязнения значительная часть Бугского лимана относится к очень сильному (высокоопасному) уровню загрязнения. Однако, невзирая на весьма высокие значения суммарного показателя загрязнения донных отложений в районе Морского Торгового порта, Черноморского судостроительного завода, судостроительного завода "Дамен Шипардс Океан" можно заключить, что загрязнение лимана локальное и распространяется в радиусе до 300 м от источника поступления загрязняющих веществ.

Техногенная аномалия ассоциации элементов, обнаруженная в донных отложениях акватории Бугского лимана, практически не отражается на состоянии поверхностных вод. При таком уровне загрязнения донных отложений в поверхностных водах должно отмечаться практически постоянное присутствие многих элементов в концен-

Таблица 5

Ориентировочная шкала оценки загрязнения водных систем [9]

Уровень загрязнения	$Z_c$ токсичных элементов в донных отложениях	Содержание токсичных элементов в воде
Слабый	Менее 10	Слабоповышенные относительно фона
Средний	11-32	Повышенные относительно фона; эпизодически превышение ПДК
Сильный	30-100	Во много раз выше фона; стабильное превышение отдельными элементами уровней ПДК
Очень сильный	Более 100	Практически постоянное присутствие многих элементов в концентрациях выше ПДК

трациях выше ПДК. Однако эта аномалия в поверхностных водах отмечается слабо, либо вообще не фиксируется. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пределах техногенных аномалий весьма незначительно, то есть донные отложения служат депо либо своеобразным захоронением целого ряда загрязнителей.

1. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – 130 с.
2. Дмитриев М. Т., Казнина Н. И., Пинигина И. О. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: Справочник. – М.: Химия, 1989. – 368 с.
3. Зверев В. П. Гидрогеохимия осадочного процесса. – М.: Наука, 1993. – 315 с.
4. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Н. Г. Зырина, С. Т. Малахова. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 109 с.
5. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – № 4266-87 от 13.03.87.
6. Никаноров А. М. Справочник по гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 311 с.
7. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения ГОСТ 17.4.1.02-83. – М: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.
8. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния ГОСТ 17.4.2.01-81. – М: Изд-во стандартов, 1981. – 7 с.
9. Саэт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
10. Сердюк Я. Я., Просенко С. О., Емельянцева Е. В. и др. Методические рекомендации по изучению эколого-геологических условий городских агломераций и территориально-промышленных комплексов УССР. – Днепропетровск: ДО ИМР, 1988. – 245 с.
11. Скурлатов Ю. И., Дука Г. Г., Мизити А. Н. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994. – 284 с.
12. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / Під ред. А. Г. Фатєєва, Я. В. Пашенко. – Харків, 2003. – 113 с.

У зв'язку з відсутністю в Україні нормативно-правової бази щодо оцінювання екологічної безпеки донних відкладів, у статті обговорюються методологічні підходи та нормативи, розроблені в СРСР, Росії, країнах ЄС. Проведено комплексне опробування донних відкладів Бузького лиману. Виявлено локальні аномалії забруднення в зоні впливу техногенних об'єктів. У межах техногенних аномалій важкі метали міцно утримуються твердою фазою донних відкладів.

In the absence in Ukraine of referenced and legal base on the assessment of environmental safety of bottom sediments, the methodological approaches and standards developed in USSR, Russia and EC are discussed. The comprehensive testing of bottom deposits within River Bug Estuary has been worked out. Number of local contamination anomaly was discovered. Heavy metals are strongly fixed by solid phase of bottom deposits within artificial anomalies.