

## **Особенности формирования качества грунтов аквальных ландшафтов устьевой области Дуная**

Украинский научный центр экологии моря министерства экологии и природных ресурсов, г. Одесса,  
e-mail: nberlinsky@ukr.net

**Аннотация.** Рассматриваются особенности формирования уровня загрязняющих веществ в осадках донных отложений аквальных ландшафтов в устьевой области Дуная на современном этапе. Основные закономерности развития геохимических процессов и седиментации взвешенных веществ в большой мере зависят от годового объема речного стока. На примере маловодных лет показано доминирование природной составляющей воздействия при этом в годы высокого и среднего стока Дуная это влияние проявляются в еще большей степени.

**Ключевые слова:** устьевая область Дуная, загрязняющие вещества, донные отложения, взвешенное вещество.

### **Введение**

Изучение особенностей развития ландшафтных природных комплексов устьевой области Дуная под влиянием природных и антропогенных факторов является актуальной проблемой физической географии, геофизики и геохимии ландшафтов. Современные изменения, происходящие в устьевой области реки, тесно связаны с объемом поступающих биогенных, загрязняющих веществ и техногенных влиянием в результате строительства гидротехнических сооружений.

Актуальность изучения изменений ландшафтно-природных комплексов устьевой области Дуная имеет важное прикладное значение и связана с реализацией одной из хозяйственных задач в современной Украине – оптимизацией расположения трассы глубоководного судового хода (ГСХ) Дунай – Черное море. От объективной оценки лимитирующих природных и антропогенных факторов зависит многолетняя перспектива состояния дельты и устьевого взморья, степень дополнительной нагрузки на экосистему дельты и возможность и социально-экономического развития региона.

### **Материалы и методы**

Исходными материалами для исследований послужили результаты многолетнего мониторинга, выполняемого Украинским научным центром экологии моря, под руководством автора работы. Исследования проводились при различных гидрометеорологических условиях, в различные сезоны года. Пробы грунта отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м<sup>2</sup>. Пробы воды для определения содержания взвешенного вещества (ВВ) замораживались. Определения проводили стандартными методами в соответствии с [1–5] после размораживания и фильтрации проб через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Содержание в грунтах загрязняющих веществ (ЗВ) определяли: металлов (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) методом не пламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии на ААС “Spectr AA-8000” (Австралия), суммы нефтепродуктов (НУ) методом ИКС на спектрофотометре “UR-20” (ГДР).

### **Результаты и обсуждение**

Распределение концентраций тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях устьевого взморья Дуная неоднородно и зависит от многих факторов. За многолетний период исследований получено значительное количество данных, в результате анализа которых установлены некоторые закономерности накопления загрязняющих веществ. Так, в условиях повышенного стока реки в 2010г. аккумуляция загрязняющих веществ в период половодья (с марта по июнь) обусловлена процессом седиментации взвеси на удалении от устья на 10–15 км, а в межень (август – сентябрь), разгрузка взвеси происходит на 5 км ближе к устью.

В зоне береговых ландшафтов (табл.1) также прослеживается зависимость изменений концентраций загрязняющих веществ от объема стока. Прямое техногенное влияние зафиксировано при строительстве гидротехнических сооружений (ограждающей дамбы) в устье рукава Быстрый (ноябрь, 2009г.).

Таблица 1.

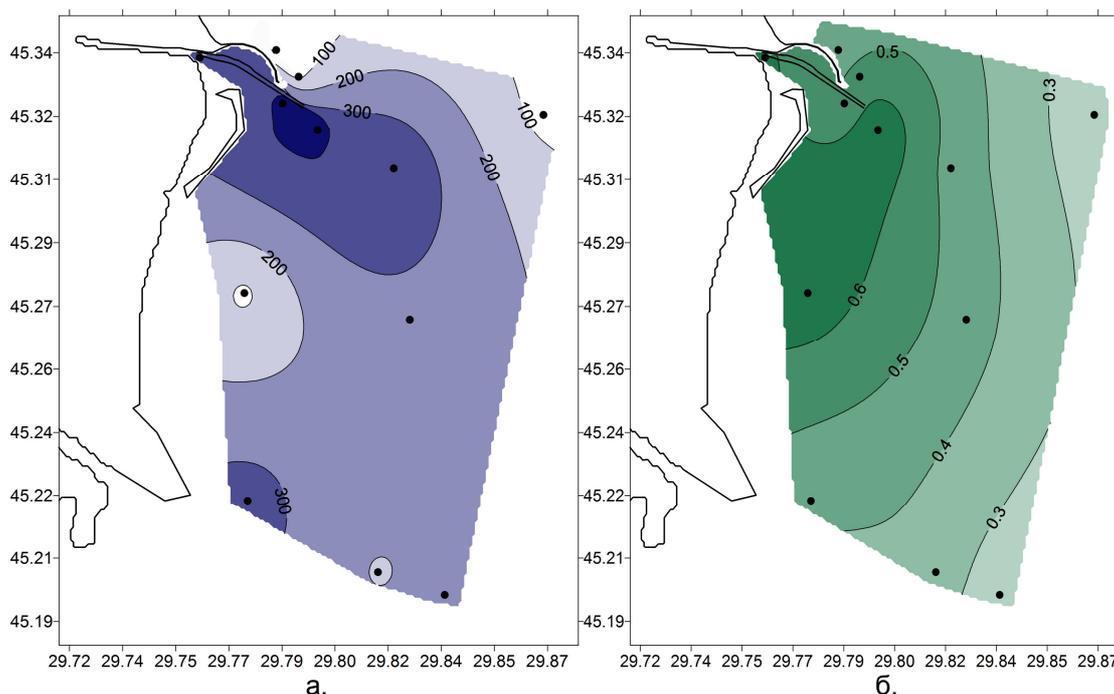
**Концентрации загрязняющих веществ ( $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$  сухого грунта) береговой зоны устья рукава Быстрый (Дунай) на контрольных станциях 1, 2.**

Период	Октябрь, 2008 г.		Март, 2009г		Июль, 2009 г.		Ноябрь, 2009 г.		Май, 2010 г	
	ст.1	ст.2	ст.1	ст.2	ст.1	ст.2	ст. 1	ст.2	ст. 1	ст.2
Сток, ( $\text{м}^3\cdot\text{с}^{-1}$ )	3944		9303		8112		5208		9288	
№ ст.	ст.1	ст.2	ст.1	ст.2	ст.1	ст.2	ст. 1	ст.2	ст. 1	ст.2
НП	50	30	60	60	170	140	180	170	150	90
Ртуть	0,028	0,041	0,012	0,011	0,020	0,035	0,018	0,019	0,023	0,025
Кадмий	0,118	0,087	0,091	0,085	0,044	0,087	0,067	0,060	0,096	0,092
Свинец	10,9	12,9	11,4	11,0	11,8	11,8	9,4	10,0	12,6	14,2
Медь	3,59	3,98	3,10	2,50	3,00	4,40	3,2	3,9	5,04	3,53
Цинк	24,5	32,3	28,6	30,1	22,2	37,5	31,0	29,2	36,7	33,3

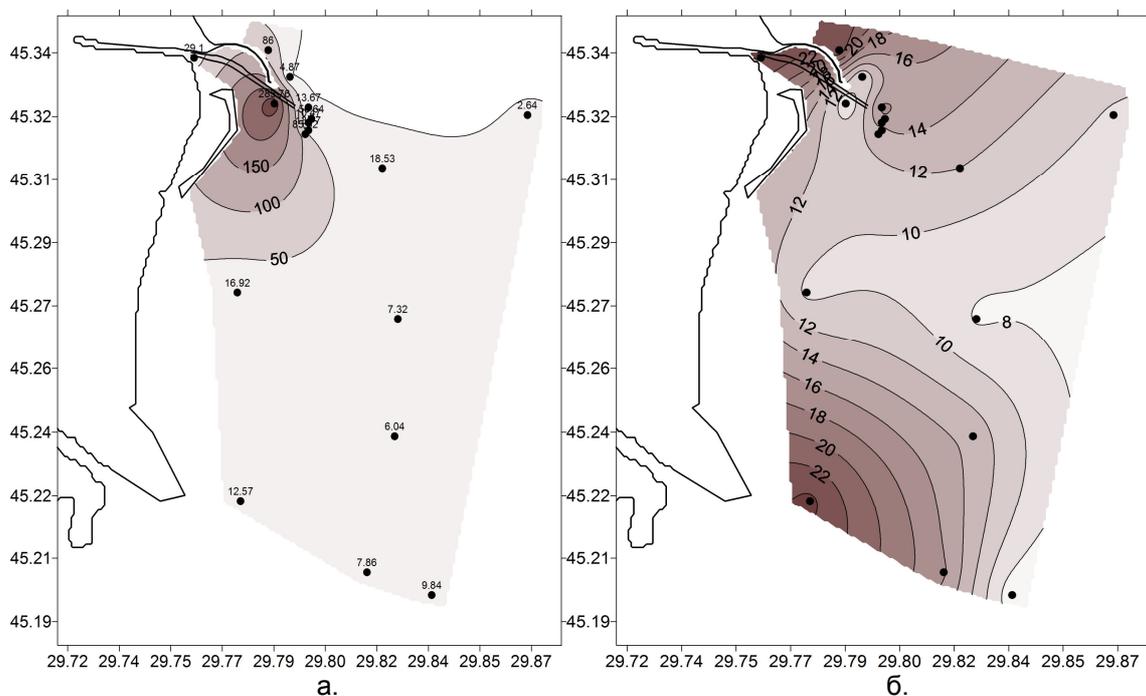
На рис. 1. а, представлено распределение нефтепродуктов (НП) в донных отложениях устьевое взморья Дуная при пониженном стоке в 2011г. Следует отметить значительный ареал распространения повышенных концентраций НП в устьевой области рукава Быстрый. Сопоставляя значения концентраций одного уровня в  $300 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$  в устьевых областях Быстрого и Старостамбульского рукавов видно, что в области рукава Быстрого существует дополнительный источник поступления и накопления НП в грунтах с концентрациями до  $400 \text{ мг}/\text{кг}$ , расположенный в месте проведения дноуглубительных работ. Отмеченные концентрации НП в грунтах соответствуют А-III классам по классификации классов качества, при среднем значении класса II [6]. Фактически указанная область устья рукава Быстрый с повышенных концентраций НП совпадает с областью оседания взвешенного вещества (ВВ) (рис. 2).

Следовательно, ее можно интерпретировать как область непосредственного или прямого влияния дноуглубления на морскую среду. В области дампинга грунта значительного влияния от сброса грунта по данному показателю не отмечено. Область увеличенных концентраций НП устьевое взморья Старостамбульского рукава естественной природы, т.к. сформирована за счет выноса НП речным стоком, иного источника поступления НП в данном районе нет. Влияние дноуглубления и дампинга грунта по данному показателю со стороны области устьевое взморья рукава Быстрый, где выполняются гидротехнические работы, ограничено зоной пониженных концентраций НП в устьевой области рукава Восточный. Таким образом, трансграничный эффект со стороны украинской акватории на сопредельную акваторию Румынии отсутствует.

Распределение концентраций фенолов (рис.1.б) в донных осадках указывает на зону максимальных значений, расположенную у устья рукава Быстрый и района проведения дноуглубления. Поскольку непосредственно в устье величины концентраций понижены и совпадают со значениями концентраций в устье рукава Старостамбульский ( $0,4 \text{ мг}/\text{кг}$ ), можно полагать, что данный уровень ЗВ является фоновым. Таким образом, основным источником повышенных значений следует считать влияние от производства дноуглубительных работ. Тем не менее, значение концентраций достаточно низкие – в пределах класса А по классификации классов качества грунтов.



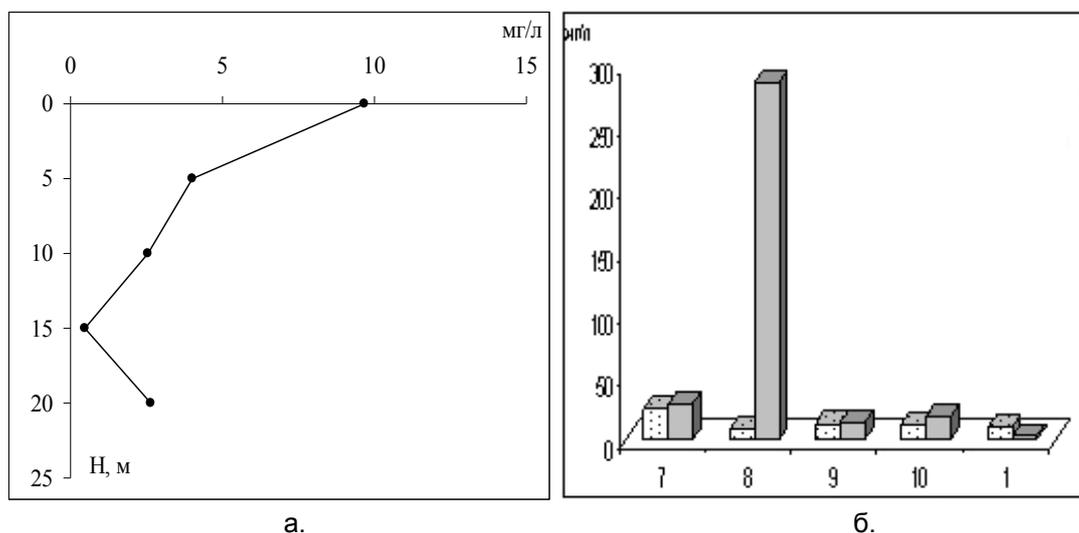
**Рис. 1.** Распределение нефтепродуктов (а) и фенолов (б) ( $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ) в донных отложениях устьевое взморья Дуная (Июль, 2011г.)



**Рис. 2.** Распределение взвешенного вещества ( $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ) на поверхности (а) моря и в придонном слое (б) придунайского района (Июль, 2011г.)

Распределение ВВ обусловлено двумя процессами: влиянием твердого стока Дуная и влиянием дноуглубительных работ. Влияние сброса грунта на морскую свалку практически не прослеживается. Во время проведения исследований выполнялись работы по дноуглублению морского подходного канала. В районе непосредственного производства дноуглубительных работ выполнен отбор проб по комплексу исследуемых характеристик. Результатами исследований установлено, что основная нагрузка на морскую среду в виде значительного увеличения ВВ сосредоточена в придонном слое. Концентрация ВВ в зоне производства работ достигает предельных значений – свыше  $280 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$  (рис. 2). Диффузионное перемещение взвеси происходит в южном направлении с последовательным уменьшением концентраций ВВ по мере удаления от источника. Фоновых значений ( $< 10 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ ) концентрации ВВ достигают на расстоянии 3–8 км от источника. Такая значительная величина адвекции ВВ зафиксирована впервые. Это объясняется действием сгонного ветра в момент отбора проб и мощным стоковым течением, достигающим  $100 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$  в районе оголовка защитной дамбы. Это подтверждается совпадением конфигурации зоны влияния от производства дноуглубительных работ с зоной выноса твердого стока рукава Быстрый (рис. 2). В поверхностном слое моря влияние дноуглубительных работ нивелируется выносом твердого стока рукава Быстрый. Доминирующий устойчивый ветер южного направления и апвеллинг обусловили формирование зоны повышенной концентрации ВВ к северу от дамбы. Есть основание полагать, что данная зона повышенных концентраций сформирована выносом ВВ в результате дноуглубления на МПК. Это подтверждается величинами ВВ до  $86 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ , в придонном слое и до  $20 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$  – на поверхности моря, тогда как значения концентраций в устье рукава ограничены значениями ВВ  $29 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$  – в придонном слое и до  $24 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$  – на поверхности моря. В целом, на устьевом взморье Дуная четко выражены две зоны повышенных концентраций ВВ. Первая – зона влияния твердого стока рукава Быстрый и влияния дноуглубительных работ в особенности в придонном слое. Вторая зона – сформирована выносом твердого стока рукава Старостамбульский (рис. 2). Значения концентраций в этих зонах достигают значений от 24 до  $12 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  на поверхности моря, при этом, ареал распространения взвеси в зоне Старостамбульского рукава выражен в большей мере, за счет южного ветра, а в зоне рукава Быстрый изолиния со значениями ВВ  $12 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ , разделена на две ветви, одна из которых в виде довольно узкой вдольбереговой зоны, а вторая, распространяется за пределы защитной дамбы с высокими значениями ВВ, достигающими  $20 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ . Этот факт убедительно свидетельствует о способности распространения дунайских вод и переносе как твердого стока реки, так и взвеси, продуцируемой дноуглубительными работами в значительной степени как в южном, так и в северном направлениях, формируя единую зону донных осадков устьевое взморья. В данном случае, экранирующий эффект защитной дамбы, судя по значениям ВВ к северу от дамбы, практически отсутствует.

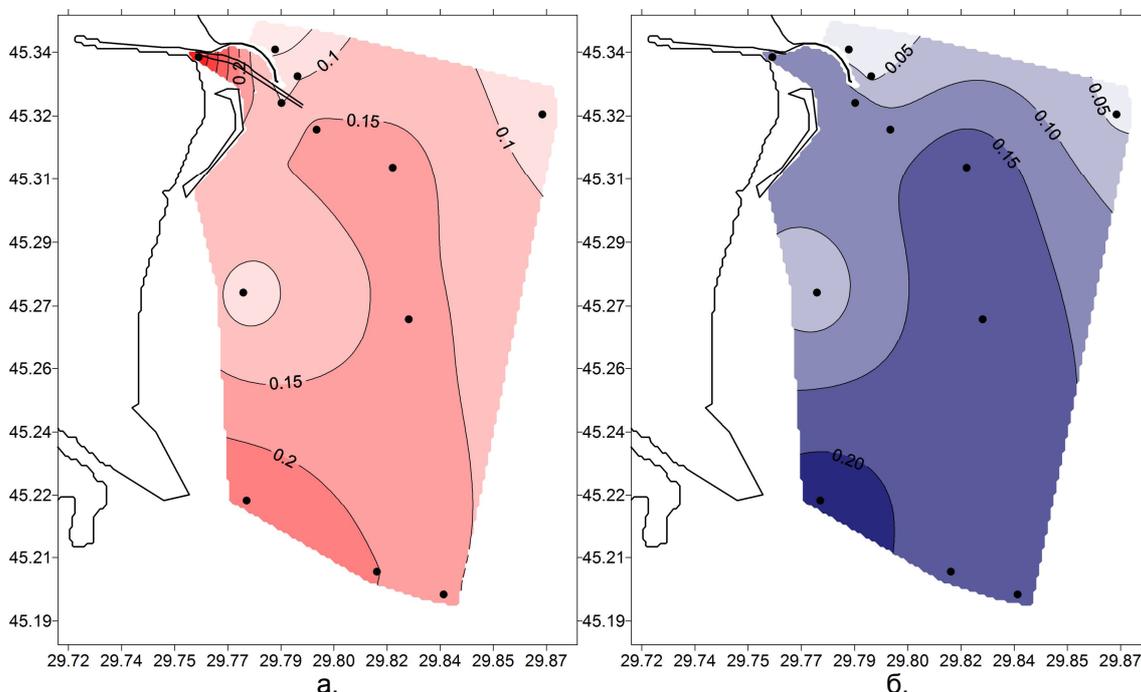
Вертикальное распределение ВВ районе дампинга грунта (рис. 3.а) наглядно демонстрирует незначительное влияние процесса складирования грунта на морскую среду. Как на поверхности, так и в придонном слое концентрации находятся в пределах фоновых значений ( $1\text{--}10 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ ).



**Рис. 3.** Вертикальное распределение ВВ ( $\text{мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ ) в районе дампинга грунта (а.); распределение ВВ ( $\text{мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ ) на разрезе Быстрый – море – поверхность, – дно (б.); станция 8 – место производства дноуглубительных работ, станция 1 – дампинг грунта

Повышение значений ВВ до  $7,80\text{--}7,32 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$  зафиксированное во время сброса грунта. На разрезе, выполненном по направлению устье Быстрого – море (рис. 3.б) четко проявляется влияние ВВ на морскую среду при проведении дноуглубительных работ (ст. 8) в придонном слое, при этом значения концентраций ВВ достигают максимальных значений –  $285 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ . Вынос ВВ рукавом Быстрый ограничен значениями  $29 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$ .

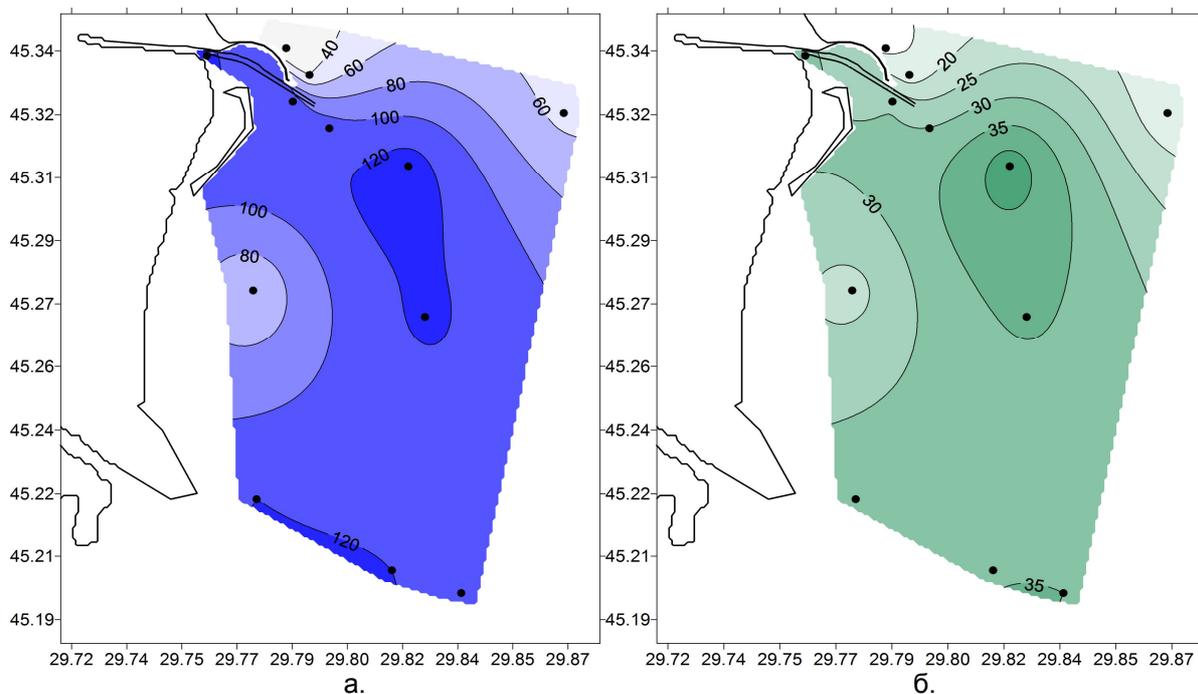
Величины концентраций кадмия (рис. 4.а) и ртути (рис. 4.б) соответствуют классам качества грунтов в диапазоне А – II, т.е. безопасны для складирования на морском отвале. Распределение ртути и кадмия на устьевом взморье во многом идентично и указывает на наличие в основном двух источников загрязнения со стороны основных рукавов взморья Быстрого и Старостамбульского. При этом воздействие рукава Старостамбульский в небольшой степени выше для обоих показателей.



**Рис.4.** Распределение кадмия (а.) и ртути (б.) ( $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ) в донных отложениях устьевое взморья Дуная (Июль, 2011 г.)

Идентичность расположения области пониженных значений концентраций между указанными основными рукава свидетельствует об ограниченном и локальном влиянии загрязнения со стороны устья Быстрого вне зависимости от наличия здесь источника антропогенного воздействия.

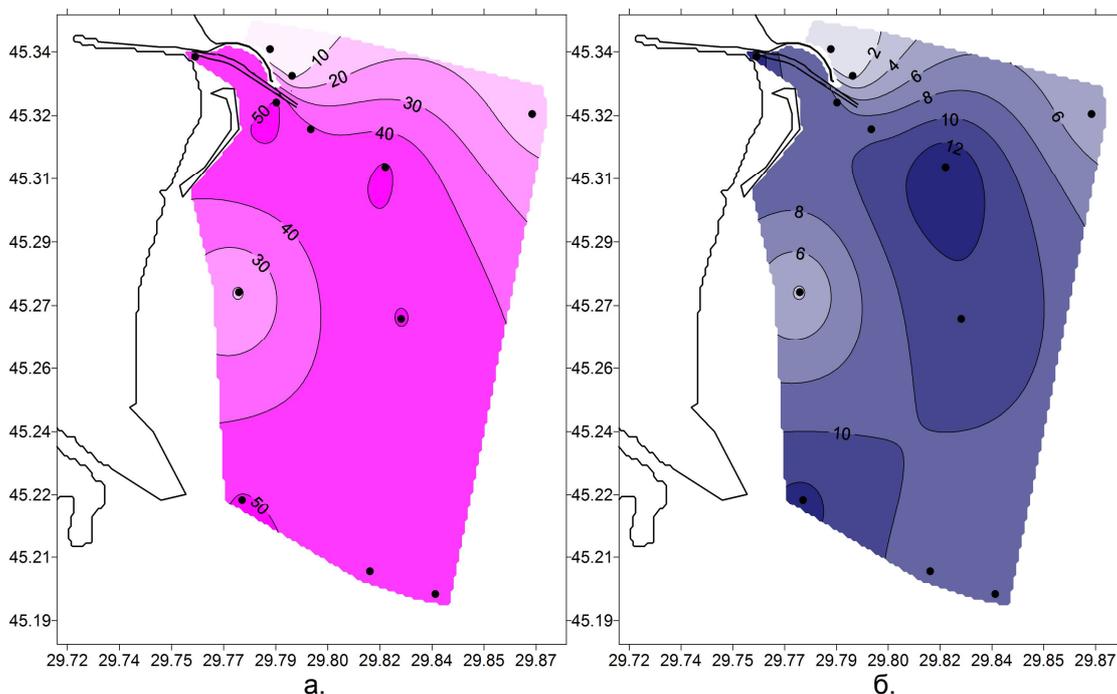
Диапазон колебаний концентраций цинка и свинца (рис. 5 а, б) находится в пределах классов качества грунтов А – II и безопасен для складирования грунтов дноуглубления на морском отвале грунта.



**Рис.5.** Распределение цинка (а) и свинца (б) ( $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ) в донных отложениях устьевой взморья Дуная (Июль, 2011г.)

При этом, из конфигурации изолиний значений концентраций, также как и в случае распределения кадмия и ртути видно в определенной мере, превышение влияния со стороны рукава Старостамбульский по отношению устьевой области рукава Быстрый. Отмечается зона пониженных концентраций в зоне прибрежного мелководья между указанными рукавами, что свидетельствует об ограниченности вдольберегового потока влекомых наносов со стороны устьевой области рукава Быстрый.

На рис.6. представлено распределение меди и мышьяка в донных отложениях устьевой взморья Дуная. Согласно классификации качества грунтов концентрации меди характеризуются значениями классов А – II, а концентрации мышьяка отличаются повышенными значениями и находятся в пределах колебаний А – IV со средним значением – III класса.



**Рис. 6.** Распределение меди (а) и мышьяка (б) ( $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ) в донных отложениях устьевой взморья Дуная (Июль, 2011г.).

При распределении обеих характеристик отмечены локальные максимумы накопления ЗВ центральной части устьевого взморья на траверзе рукава Восточный, что, скорее всего, обусловлено выносом ЗВ стоком рукава Быстрый и, возможно, влиянием производства гидротехнических работ чему способствует генеральный перенос стоковых течений в авандельте. Тем не менее, судя по идентичным значениям концентраций меди в районе устья рукава Быстрый и рукава Старостамбульский, ЗВ в грунтах соответствуют фоновым значениям.

Исследования проведенные в годы средней водности (на примере съемки, выполненной в 2009 г., когда сток Дуная составил  $210,9 \text{ км}^3$ , что близко к среднемноголетнему значению) показали, что в зоне ярко выраженного гидрофронта «река – море» содержание ВВ в водной толще снижалось. В этой зоне, где на расстоянии 80 м соленость в поверхностном горизонте изменялась от 0,4 до 9 ‰, содержание ВВ в речных водах составляло  $55,7 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ , а в водах морского генезиса снижалось до  $9,0 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ . В зоне выполнения дноуглубительных работ через 10 минут после дноуглубления не отмечали увеличения содержания ВВ в водной толще, т.к. оно нивелировалось твердым стоком Дуная.

Здесь концентрация ВВ в поверхностном горизонте составляла 11,6, а в придонном  $65,8 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ , что несколько ниже значений в устье рукава Быстрый – соответственно 17,7 и  $147,7 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ . На удалении 8 км от береговой черты, в центре района дампинга грунта, содержание ВВ было минимальным:  $4,2 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$  в поверхностном и  $7,0 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$  в придонном горизонтах. Через 35 минут после складирования грунта в месте сброса содержание ВВ не отличалось от фоновых значений и составляло  $4,4 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$  в поверхностном и  $4,5 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$  в придонном (21,0 м) горизонтах.

В годы высокого стока Дуная (на примере 2010г, когда сток составил  $298 \text{ км}^3$ ) выходящие потоки рукавов Килийской дельты практически не выделялись в виде отдельных струй. Распределение солености на взморье было нехарактерным для середины июля – периода межени на Дунае. Свыше месяца в Дунае отмечали высокий уровень, зачастую превышающий критический и расход воды был соизмерим с максимальными величинами периода половодья. В связи с этим распресненные воды с соленостью менее 1,5–2,0 ‰ занимали весь поверхностный горизонт района исследований. На удалении 8 км от береговой черты соленость в поверхностном горизонте составляла 8,4 ‰, а в придонном 17,7 ‰ – максимум для района исследований.

Таким образом, в маловодные годы формирование геохимического режима взморья Дуная, а следовательно процесс седиментации ВВ и аккумуляция ЗВ в донных отложениях, происходит под воздействием трансформированных паводковых дунайских вод, которые в поверхностном слое занимают значительную часть морской акватории. В годы среднего и повышенного стока Дуная отмеченные закономерности доминирования природной составляющей воздействия на аквальные ландшафты устьевой области проявляются в еще большей степени.

### Литература

1. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 725с.
2. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 532 с.
3. Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 263 с.
4. Международные океанологические таблицы. – М.: Гидрометеиздат, 1969. – Вып. 1. – 107 с.
5. Методы гидрохимических исследований океана. – М.: Наука, 1978. – 261с.
6. Рекомендации по снижению влияния дноуглубительных работ и дампинга на качество водной среды. – Министерство транспорта Украины, Государственный департамент морского и речного транспорта. – Одесса, 1996. – 43 с.

**Abstract.** *N.A. Berlinsky Features of the bottom sediments quality formation in aquatic landscapes of the Danube estuary area. The features of formation the level of contamination in the bottom sediments in aquatic landscapes of the Danube estuary area in modern period had been observed. The main regularities of geochemical processes and sedimentation of suspended matters depends on annual water discharge. In dry years domination of natural component was established in wet years this effect enhanced.*

**Keywords:** *the Danube estuary area, contamination, bottom sediments, suspended matter*

**Анотація.** *В. Н. Воловик Регіональні етнокультурні ландшафти. Розглядаються особливості формування рівня забруднюючих речовин в донних відкладеннях аквальних ландшафтів в гирловій області Дунаю на сучасному етапі. Основні закономірності розвитку геохімічних процесів і седиментації зваженої речовини в більшій мірі залежать від річного об'єму річкового стоку. На прикладі маловодних років показано домінування природної складової впливу при цьому у роки високого і середнього стоку Дунаю цей вплив проявляється в ще більшому ступені.*

**Ключові слова:** *гирлова область Дунаю, забруднюючі речовини, донні відкладення, зважена речовина.*

Поступила в редакцію 17.01.2014 г.