

Н. А. Берлинский, кандидат географ. наук, старший научный сотрудник

Ю. М. Деньга, старший научный сотрудник

Ю. И. Попов, кандидат географ. наук, старший научный сотрудник

В. В. Украинский, кандидат географ. наук, старший научный сотрудник

Украинский научный центр экологии моря Минприроды Украины,
Французский бульвар, 89, Одесса, 65009, Украина

К ВОПРОСУ О ТРАНСГРАНИЧНОМ ВЛИЯНИИ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ДУНАЯ

В рамках Программы комплексного экологического мониторинга глубоководного судового хода (ГСХ) Дунай — Черное море Украинским научным центром экологии моря Минприроды на взморье Дуная выполнены две океанографические съемки (лето — осень, 2009 г.). Результаты показали отсутствие трансграничного влияния со стороны украинской акватории на акваторию Румынии в результате организации судоходства по рукаву Быстрый и наличие устойчивого трансграничного влияния со стороны румынской акватории на акваторию Украины. Статистический анализ ретроспективных данных, полученных за период с 1992 по 2004 гг., т.е. в период до начала восстановления украинского судоходства по рукаву Быстрый, подтвердил результаты фактических данных.

Ключевые слова: Быстрый, дельта, взморье Дуная, судового ход, мониторинг.

Введение

Проблема экономического и социального развития Украинского Придунавья тесно связана с состоянием судоходства по украинскому глубоководному судовому ходу (ГСХ) Дунай — Черное море по рукаву Быстрый. Подготовка проекта, организация ГСХ в морской и русловой части трассы, а также строительство морской защитной дамбы заняли практически десятилетие. Известно, что используемая в качестве судоходного хода трасса по Очаковской системе через рукав Прорва полностью исчерпала свой ресурс и требовала для поддержки требуемых для навигации глубин все больших средств. Выбор рукава Быстрый в качестве судоходного обусловлен многолетним увеличением водности этого рукава, в отличие от практически всех других рукавов украинской части дельты Дуная [10,11]. Вторым важным аргументом в пользу Быстрого служат достаточные для судоходства природные глубины русла, что не требует проведения дноуглубительных работ. Это особенно важно, поскольку рукав пересекает Дунайский биосферный заповедник.

Для реализации первой фазы проекта восстановления судоходства в сопряжении Дунай — Черное море в 2004 г. от устья рукава Быстрый через

устьевое мелководное взморье был прорыт 3-километровый морской подходной канал глубиной 5,5 м для прохода морских судов. Помимо природных сложностей, при организации судоходства были сложности иного порядка. Соседняя Румыния обвинила Украину в трансграничном воздействии, а точнее в проведении работ, не согласованных с Румынией, которые могут отразиться на акватории Румынии в результате проведения дноуглубления на взморье рукава Быстрый. В 2006 г. Экономическая Комиссия Эспоо ООН в результате обращения Румынии оценила влияние ГСХ Быстрое как вероятно негативное, что значительно осложнило для Украины продолжение работ по введению Проекта на полное развитие.

Для получения фактических данных, подтверждающих или не подтверждающих вероятностную оценку Комиссии Эспоо, на протяжении последних четырех лет велись исследования по Программе комплексного экологического мониторинга ГСХ Дунай — Черное море. В рамках Программы в 2009 г. Украинским научным центром экологии моря Минприроды на взморье Дуная выполнены сезонные комплексные океанографические съемки. Результаты съемок показали отсутствие трансграничного влияния со стороны украинской акватории на акваторию Румынии и наличие устойчивого трансграничного влияния со стороны румынской акватории на акваторию Украины. Статистический анализ ретроспективных данных, полученных за период с 1992 по 2004 гг., т.е. в период до начала восстановления украинского судоходства по рукаву Быстрый, подтвердил результаты фактических съемок 2009 г.

Материалы и методы исследований

Отбор проб воды, донных отложений и гидробиологических проб проводили на морском подходном канале (МПК) (ст. 1, 3, 5, 6), в месте производства дноуглубительных работ (ст. 12), вблизи дамбы (ст. 2, 3, 4), на мелководье к северу от дамбы (ст. 7, 15, 16), в районе дампинга грунта (ст. 9, 11), на фоновой станции по отношению к району дампинга (ст.10), а также на разрезах: рукав Восточный — 20 м изобата (ст. 17, 20), рукав Старостамбульский — 15 м изобата (ст. 18, 19). Схема станций представлена на рис. 1.

Содержание в грунтах загрязняющих веществ (ЗВ) определяли: Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, As методом непламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии [7] на ААС «Spectr AA-8000» (Австралия), суммы нефтепродуктов (НП) методом ИКС на спектрофотометре «UR-20» (ГДР) [8], фенолы спектрофотометрическим методом [2]. В июне выполнены измерения на 21 морской станции, в ноябре — на 15 станциях.

Анализ и обсуждение данных

Летняя съемка выполнялась при температуре воздуха 25–26 °С, ветре северных румбов со скоростью до 7 м/с. Термохалинный режим взморья характеризовался высокими значениями температуры воды на поверхнос-

ти (24,8 до 26,4 °С) (рис. 2). Резкий термоклин при перепаде значений от 24,2 до 10,2 °С был расположен в пределах глубин 17–19,5 м, т.е. градиент температуры составлял до 6 градусов на 1 м. Вертикальный перепад солености составлял на относительном глубоководье (при Н = 20 м) около 1 ‰ на 1 м — с 14,6 ‰ до 16,7 ‰. В значительно большей мере градиент солености был выражен по горизонтали (рис. 3). Так, на станции 13б, на расстоянии 80 метров на поверхности моря перепад составил 9 ‰, т.е. градиент практически равен промилле на 10 метров. Такое контрастное расположение водных масс достаточно редкий случай даже для устьевой области такой мощной реки как Дунай.

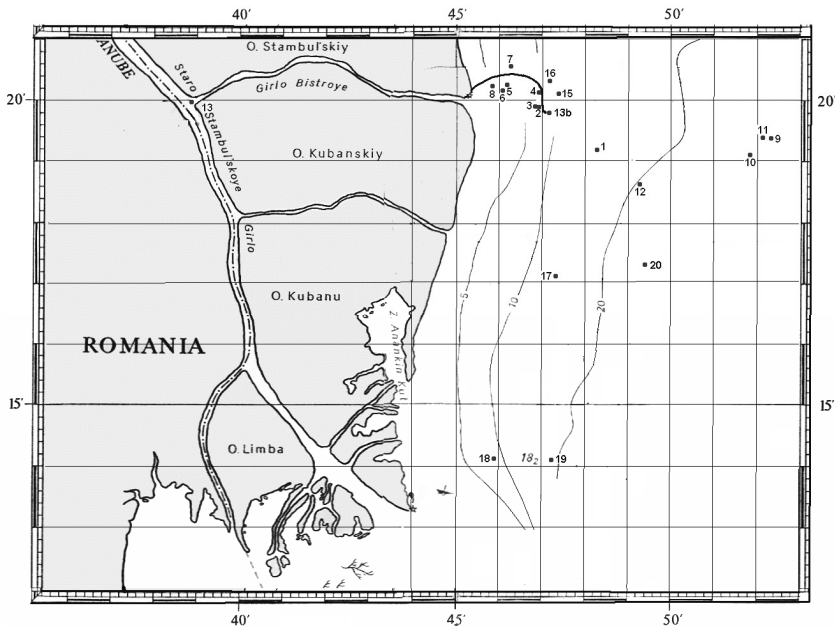


Рис. 1. Схема станций на взморье Дуная (ст. 9 и 11 — район дампинга грунта)

Осенняя съемка выполнялась в маловетреную погоду — от штилевых условий до скорости ветра 3 м/с северных и северо-восточных румбов. Распределение температуры воды на поверхности моря (рис. 4) отражает пульсационный характер распространения речных вод на взморье, хотя распределение солености на поверхности моря было достаточно однородным. Горизонтальный перепад значений температуры поверхностного горизонта взморья составлял от 9 до 12 °С.

Распределение солености на поверхности моря (рис. 4) характерно для значений среднего стока Дуная. Так, в устьевой области рукава Быстрый изохалина 6 ‰, характеризующая геохимическую границу река-море, где происходит основная разгрузка твердого стока и переход взвешенного материала в донные отложения, практически совпадает с окончательностью остроенного оголовка дамбы. Это важный результат наблюдений, кото-

рый подтверждает дистанционное ограничение естественных процессов распространения трансформированных дунайских вод морским подходным каналом. Распределение солёности (рис. 4) в придонном горизонте также свидетельствует об определенном гидродинамическом эффекте нового гидротехнического сооружения. Внешняя граница второй зоны распространения трансформированных пресных вод, ограничена изохалиной 16 ‰, которая одновременно является границей пелагического экотона, расположена на 10 м изобате вблизи устья рукава Старостамбульский. Несмотря на то, что сток рукава Старостамбульский значительно превышает сток из рукава Быстрый, изохалина 16 ‰ расположена здесь значительно ближе к морскому краю дельты, чем на приустьевом взморье рукава Быстрый.

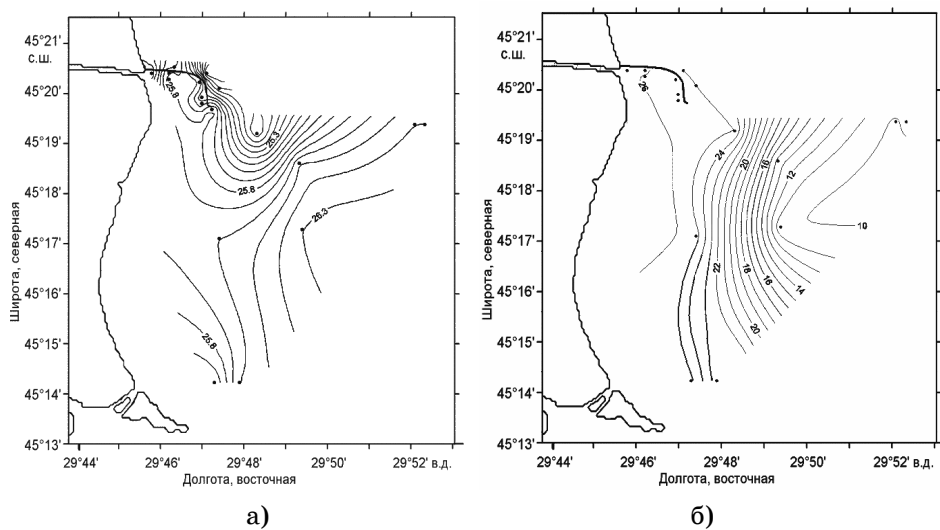


Рис. 2. Распределение температуры воды (°C) на взморье Дуная. Горизонт 0 м (а) и в придонном горизонте (б)

Основной вероятной причиной трансграничного влияния со стороны украинской акватории на акваторию соседней Румынии является перенос взвешенного вещества (ВВ) в результате проведения дноуглубительных работ и дампинга грунта в районе устьевом взморье рукава Быстрый. В связи с этим особое внимание уделялось процессам пространственно-временной изменчивости концентраций ВВ. Установлено, что распределение ВВ на взморье Дуная прежде всего было обусловлено его выносом с речным стоком и переходом в донные отложения на приустьевом участке рукава Быстрый (рис. 5). На акватории участка морского подходного канала, ограниченного дамбой, где происходила подчистка глубин, отмечали высокие значения ВВ во всей водной толще. Максимальные значения ВВ были зафиксированы в придонном горизонте в устье рукава Быстрый — $147,4 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$. За пределами новой дамбы, в зоне ярко выраженного гидрфронта река-море (ст. 13б) 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 мг·дм⁻³, а в водах морского генезиса снижалось до 9,0 мг·дм⁻³. В зоне производства дноуглубительных работ на МПК (ст. 6) через 10 минут после дноуглубления не отмечали увеличения содержания ВВ в водной толще. Здесь концентрация ВВ в поверхностном горизонте составляла 11,6 мг·дм⁻³, в придонном 65,8 мг·дм⁻³, что несколько ниже значений в устье рукава (ст. 8) — 17,7 и 147,7 мг·дм⁻³ соответственно (рис. 5).

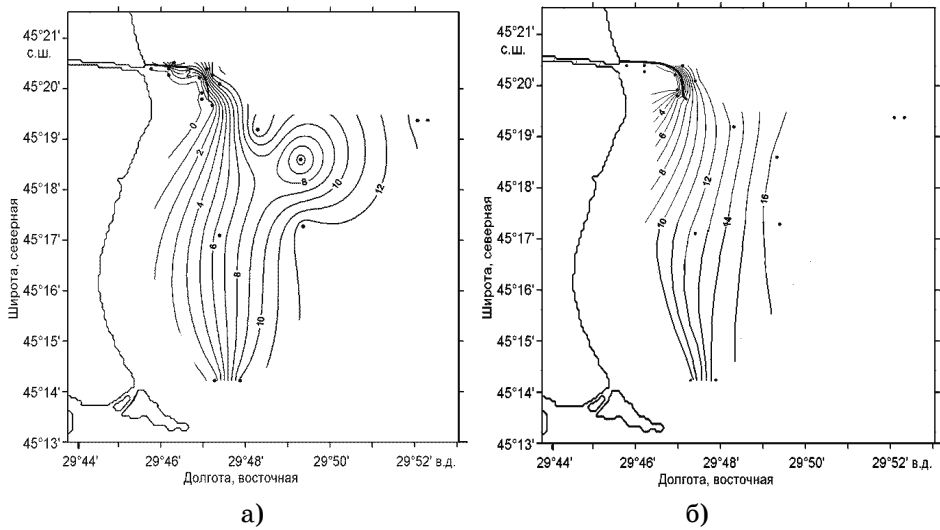


Рис. 3. Распределение солёности воды (‰) на взморье Дуная. Горизонт 0 м (а) и в придонном горизонте (б)

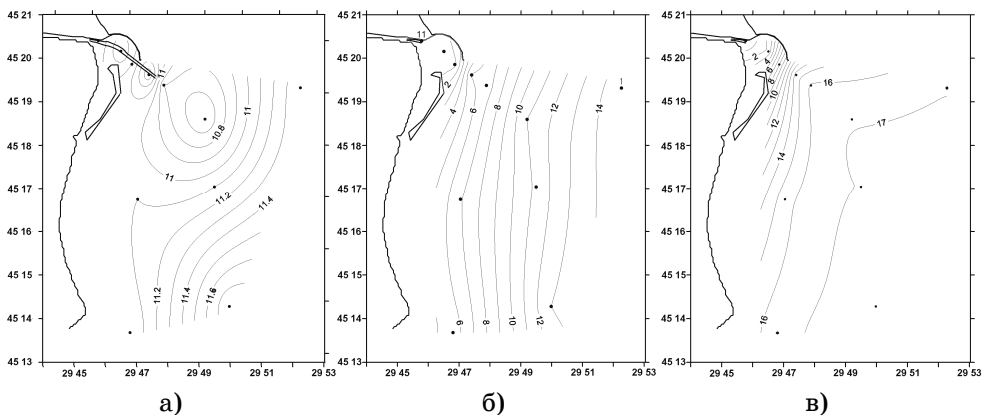


Рис. 4. Распределение температуры воды (°C), горизонт 0 м (а), распределение солёности воды (‰), горизонт 0 м (б), распределение солёности (‰) в придонном горизонте на взморье Дуная в ноябре 2009 г. (в)

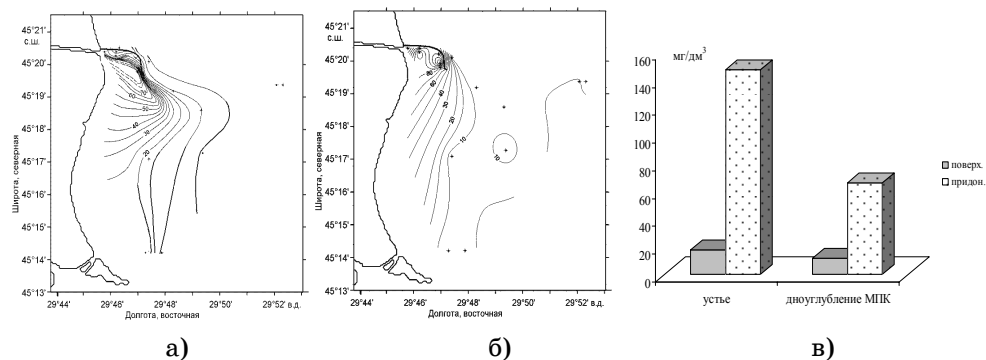


Рис. 5. Распределение ВВ ($\text{мг}\cdot\text{дм}^{-3}$) в поверхностном (а) и придонном горизонте (б) на взморье Дуная в июле 2009 г. Распределение ВВ ($\text{мг}\cdot\text{дм}^{-3}$) в устье рукава Быстрый (ст. 8) и в районе дноуглубления МПК (ст. 6) через 10 минут после окончания работ дноуглубительных работ в июле 2009 г. (в)

Таким образом, установлено, что влияние ВВ от дноуглубления и дампинга грунта, производимых на украинской акватории, достаточно ограничено как во времени, так и по пространству. Из примеров распределения концентраций ВВ видно, что на траверсе Старостамбульского рукава концентрации ВВ достигают фоновых значений и не отражаются на румынской акватории.

В летний период отмечено, что грунты исследуемого участка взморья Дуная по концентрациям всех исследуемых ЗВ соответствовали классам А-IV в соответствии с классификацией грунтов дноуглубления [4], интегральный показатель I класс — условно чистый грунт. Высокие концентрации ЗВ в донных отложениях отмечали для следующих ингредиентов: мышьяк — ст. 8, 12, 17, 19, 20 (IV класс); фенолы — ст. 1, 3, 4, 5, 8, 17 (III класс), ст. 19 (IV класс); НП — ст. 12, 17, 18, 19, 20 (III класс). Максимально загрязненным был грунт в южной части взморья, станция 19 — интегральный показатель соответствовал III классу. Здесь отмечали высокие концентрации цинка (151,0 мг/кг), мышьяка (17,6 мг/кг), фенола (3,07 мг/кг) и НП (505 мг/кг). Обнаруженные здесь концентрации НП, мышьяка, свинца, ртути, меди, цинка была максимальными для исследуемого участка взморья. Грунт станции 6, где проводили дноуглубление на морском подходном канале, соответствовал классу А — природно-чистый грунт. В центре района дампинга грунта (ст. 9) грунты соответствовали по интегральному показателю I класса. Концентрации всех исследуемых ЗВ, кроме фенолов (II класс), составляли А-I класс. Значительные концентрации фенолов (1,70 мг/кг) на этой станции связаны с разложением накопившегося органического вещества в условиях дефицита кислорода — на этой станции отмечали придонную гипоксию (насыщение воды кислородом придонного горизонта составляло 24 %). При этом обращают на себя внимание высокие концентрации некоторых видов загрязняющих веществ в районе смежной с Румынией акватории (рис. 6).

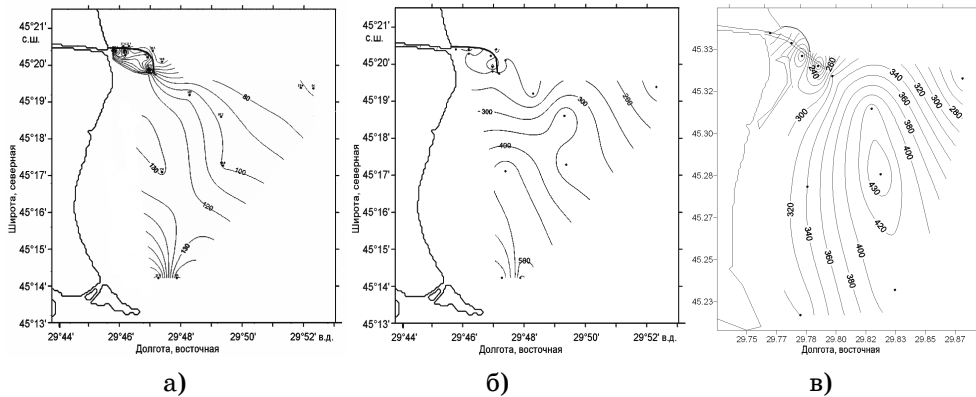


Рис. 6. Распределение цинка (а) и нефтепродуктов (НП), (б) (мг/кг сухого грунта) в донных отложениях взморья Дуная (июль, 2009 г.). Распределение НП (мг/кг сухого грунта) в донных отложениях взморья Дуная в ноябре 2009 г. (в)

Судя по конфигурации изолиний равных концентраций источник загрязняющих веществ (ЗВ) (в качестве примера приведено распределение НП) расположен к югу, при этом на станции 18, расположенной ближе к устью рукава Старостамбульский, концентрации ниже, чем на ст. 19, расположенной мористее. Следовательно, твердый сток Дуная также не является причиной формирования зон повышенных концентраций ЗВ. Следует обратить внимание, что речь идет о концентрациях ЗВ в грунте, наиболее консервативных показателей состояния морской экосистемы, сохраняющихся в течение достаточно длительного периода времени. Для контроля выполненных измерений и исключения элемента случайности, в ноябре 2009 г. в этом районе были повторно отобраны пробы грунта.

В осенний период отмечено, что грунты исследуемого участка взморья Дуная по концентрациям всех исследуемых ЗВ соответствовали классам А-IV в соответствии с классификацией грунтов дноуглубления [4], интегральный показатель изменялся от А до II класса. В грунтах некоторых станций содержание ЗВ было высоким и соответствовало классам III — сильно загрязненный грунт и IV классу — токсичный грунт [4]. В центре района дампинга грунта (ст. 1) грунты соответствовали по интегральному показателю А классу. Следует отметить достаточно высокие концентрации НУ 420–440 мг·кг⁻¹ (рис. 6) на станциях, расположенных на 20 м изобате напротив рукавов Старостамбульский и Восточный (ст. 8 и 9). Аналогичные концентрации отмечали на этих станциях и в июле 2009 г. В связи с этим можно говорить о хроническом загрязнении грунтов этого участка взморья НУ.

Для проверки гипотезы об источнике загрязнения со стороны румынской акватории был выполнен статистический анализ ретроспективных данных УкрНЦЭМ за период с 1992 по 2004 гг., т.е. до начала организации судового хода по рукаву Быстрый. На рис. 7 представлено распределение концентраций НП в донных отложениях, на рис. 8 — широтное (по на-

правлению: рукав Быстрый — море, рукав Старостамбульский — море) и меридиональное распределение НП (траверс рукава Быстрый — юг). В устьевых экосистемах основное загрязнение поступает с речным стоком. На рис. 8 (а) представлен линейный тренд монотонно убывающих концентраций ЗВ в грунте (мг/кг сухого грунта), в данном случае нефтепродуктов, по мере удаления от источника, т.е. от рукава Быстрый по направлению в море. Тренд рассчитан по усредненным ретроспективным данным с 1992 по 2004 гг. Такого рода распределение является классическим и легко объяснимо — загрязненное нефтепродуктами взвешенное вещество, твердый сток, осаждается при выносе в море и формирует морские донные отложения с повышенными концентрациями ЗВ.

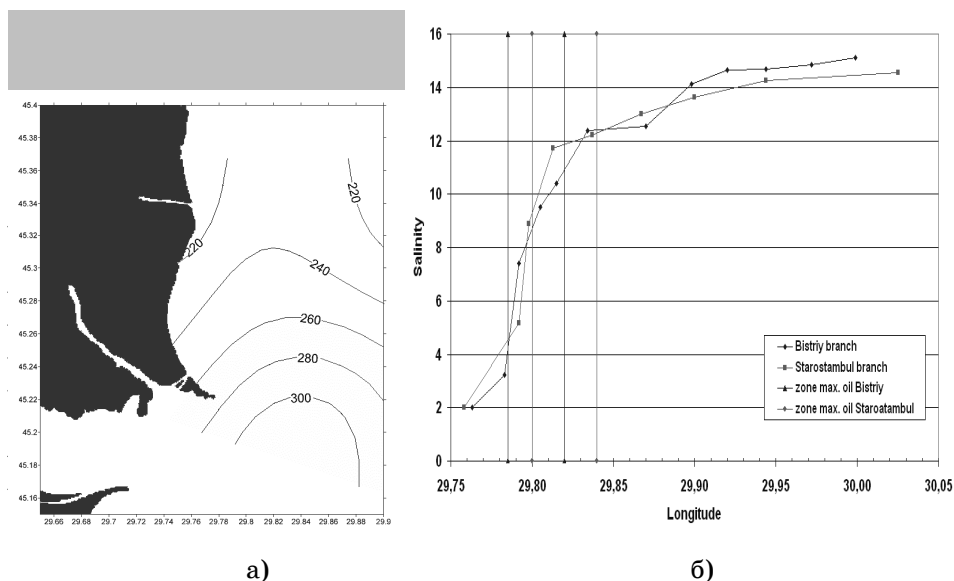


Рис. 7. Распределение концентраций нефтепродуктов (мг/кг сухого грунта) в донных отложениях (а), зоны максимального осадконакопления в зависимости от интервала солености (‰) (б). (Осредненные данные с 1992 по 2004 гг.)

Согласно теории [10], область максимального выпадения взвеси происходит в диапазоне солености 3–10 ‰. В этом отношении зоны максимального выпадения взвеси как в устье рукава Быстрый, так и в устье рукава Старостамбульский идентичны (рис. 7). Однако при этом направленность процессов загрязнения в грунтах устья рукава Старостамбульский противоположна направленности процессов на взморье рукава Быстрый и не соответствует постулату об основном поступлении ЗВ со стороны реки. В устьевой области рукава Старостамбульский линейный тренд отражает устойчивое повышение концентраций ЗВ в грунтах по мере удаления от источника — устья дунайского рукава (рис. 8, б). Это свидетельствует о том, что существует иной, более существенный источник загрязнений. На рис. 8 (в) представлен линейный тренд увеличения концентраций ЗВ на

разреже рукав Быстрый — рукав Старостамбульский. Увеличение концентраций, по мере удаления от рукава Быстрый, свидетельствует прежде всего о том, что рукав Быстрый не является источником повышенных концентраций в устьевой области рукава Старостамбульский. Это очень важный результат, касающийся возможного трансграничного влияния со стороны украинской акватории на смежную акваторию Румынии. В данном случае показано не только его отсутствие, но наличие прямо противоположного трансграничного влияния, т.е. негативного воздействия со стороны румынской акватории на украинские территориальные воды. Действительно, конфигурация изолиний ЗВ в грунтах соответствует динамике поступлений ЗВ от источника перманентного загрязнения, каким в данном случае может быть единственно рейд румынского судового хода Сулина. Отмечено загрязнение грунтов не только нефтепродуктами, но практически по всему спектру исследуемых ЗВ: ртуть, цинк, кадмий, свинец, медь и мышьяк.

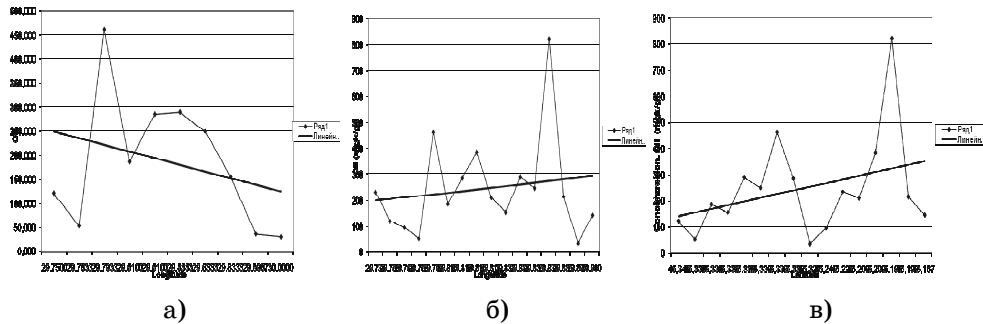


Рис. 8. Широтный разрез рукав Быстрый — море (ретроспективные данные с 1992–2004 гг., НП (мг/кг сухого грунта) в донных отложениях) (а). Широтный разрез рукав Старостамбульский — море (ретроспективные данные — НП в донных отложениях) (б). Разрез по долготе от рукава Быстрый до Старостамбульского рукава (ретроспективные данные — НП в донных отложениях) (в).

Выводы и рекомендации

Результаты натурных наблюдений сезонов 2010 г. показали наличие существенного трансграничного воздействия со стороны румынского судового хода Сулина.

Статистический анализ ретроспективных данных, полученных за период с 1992 по 2004 гг., т.е. в период до начала восстановления украинского судоходства по рукаву Быстрый, подтвердил результаты фактических данных.

В качестве рекомендаций следует отметить необходимость проведения совместных украино-румынских исследований в сопряженной устьевой области Дуная для получения детальной картины распределения ЗВ в грунтах как наиболее консервативных характеристиках современных условий морской экосистемы. Результаты исследований позволят снять необосно-

ванние претензии румынской стороны в адрес Украины и принять необходимые меры для предотвращения дальнейшего негативного воздействия на морскую среду.

Литература

1. *Методы гидрохимических исследований океана*. — М.: Наука, 1978. — 261 с.
2. *Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях № 43*. — М.: Гидрометеоздат, 1979. — С. 40.
3. *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.
4. *Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях*. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 725 с.
5. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши*. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 532 с.
6. *Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92*. — Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1993. — 263 с.
7. *Manual for geochemical analyses of marine sediments and suspended matter*. — Reference Methods for Marine Pollution Studies, № 63. — IAEA: NEP/FAO/IOC, 1995. — P. 18-42.
8. *Гидрология дельты Дуная*. — М.: ГЕОС. — 2004. — С. 449с.
9. Берлинский Н. А. Оценка вариантов расположения ГСХ в сопряжение Черное море — р. Дунай // Людина і довкілля. Збірник наукових праць Харківського нац. університету Вип. 7, — 2005. — С. 4-10.
10. Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии. — М.: Наука, 1983. — 159 с.

М. А. Берлінський, Ю. М. Деньга, Ю. І. Попов, В. В. Український
Український науковий центр
екології моря Мінприроди України,
Французький бульвар, 89, Одеса-9, 65009, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ТРАНСКОРДОННИЙ ВПЛИВ У ГИРЛОВІЙ ОБЛАСТІ ДУНАЮ

Резюме

У рамках Програми комплексного екологічного моніторингу глибоководного суднового ходу (ГСХ) Дунай-Чорне море Українським науковим центром екології моря Мінприроди на узмор'ї Дунаю виконано дві океанографічні зйомки (літо-осінь, 2009 р.). Результати показали відсутність транскордонного впливу з боку української акваторії на акваторію Румунії в результаті відновлення українського судноплавства по рукаву Бистрий і наявність стійкого транскордонного впливу з боку румунської акваторії на акваторію України. Статистичний аналіз ретроспективних даних, отриманих за період з 1992 по 2004 рр., тобто в період до початку відновлення українського судноплавства по рукаву Бистрий, підтвердив результати фактичних даних.

Ключові слова: гирло, Бистрий, дельта, узмор'я Дунаю, судновий хід, моніторинг.

N. Berlinsky, Yu. Denjga, Yu. Popov, V. Ukrainsky,
Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea
89 Frantsuzsky bl.-vd., Odessa, 65009, Ukraine

**AS FOR QUESTION CONCERNING THE TRANSBOUNDARY
INFLUENCE ON THE DANUBE MOUTH AREA**

Summary

In frame of the Program of complexes ecological monitoring of the deep water shipping way Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea, Ministry of Nature two oceanographic surveys had been done (summer and autumn, 2009). It was established that transboundary influence from Ukrainian side as a result of restoration shipping way is absent and there is transboundary influence from Romanian side to Ukrainian area. Statistical analysis of historical data (1992–2004) i.e. that is data before restoration period of shipping way through Bistry arm confirmed the results of field observation.

Key words: Bistry arm, delta, Danube mouth, shipping way, monitoring.