

УДК 574.632(262.5)

Н.А. Берлинский,

доктор геогр. наук, ст. научн. сотр.

Украинский НЦЭМ Минэкологии Украины,

Французский бульвар, 89, Одесса-9, 65009, Украина

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ДУНАЯ

Рассматриваются процессы трансформации и переноса взвешенных наносов в устьевой области Дуная. Показана целесообразность сопоставления данных фактических съемок и результатов численного моделирования, что позволяет отобразить совокупное влияние на морскую среду за счет наносов речного генезиса и производства гидротехнических работ, а также выделить антропогенную составляющую в балансе наносов, формирующихся в результате дампинга грунтов дноуглубления.

Ключевые слова: Дунай, дельта, взвесь, распределение, черпание, течения, антропогенные факторы.

Введение

Устьевые области рек занимают особое место на земной поверхности. В последнее время во всем мире повысился интерес к изучению этих специфических природных объектов. Расширяется хозяйственное использование богатых земельных, водных и биологических ресурсов устьев рек. Помимо этого, в последнее время очень остро встала проблема охраны устьевых областей рек от истощения, загрязнения и общего нарушения географической структуры. Особенности устьев рек как объектов, пограничных между реками и морями, их большая уязвимость, необходимость рационального и комплексного использования и охраны требуют, чтобы не только при освоении этих объектов, но и при любых крупных водохозяйственных мероприятиях в речных бассейнах обязательно учитывались возможные экологические последствия для устьев рек [1]. Следовательно, тема работы является *актуальной*.

Взвешенные наносы относятся к основным факторам, характеризующим состояние экосистемы устьевой области. Устьевые области рек выполняют роль седиментологических, морфологических, геохимических и гидробиологических природных «барьеров» между реками и морями. Здесь отлагается большая часть приносимых рекой наносов; задерживаются и накапливаются растворенные в воде вещества, в том числе загрязняющие. По этой причине изучается закономерности распределения и трансформации наносов, выносимых рекой в море в результате естественных процессов и дополнительное антропогенное воздействие, в результате гидротехнических работ. В итоге работа имеет важное научное значение. В устьевой области Дуная антропогенное воздействие рассматривается как техногенная нагрузка при производстве дноу-

глубления на устьевом взморье и складирования грунта на морской подводный отвал. Полученные результаты помогают решать задачи навигации и сохранения благоприятной среды обитания промысловых организмов. Это значит, что работа важна с практической точки зрения. Основной целью статьи является анализ материалов и результатов, полученных методами гидрологической съемки акватории устьевого области Дуная. Проводится сопоставление с результатами численного моделирования процесса распределения наносов при дампинге грунтов дноуглубления на морской отвал. Объектом исследований является устьевая область Дуная. Предмет исследований – установление закономерности формирования полей взвешенных наносов в устье крупной реки.

Материалы и методы исследований

Для решения поставленных целей и задач использовались следующие методы и подходы: экспедиционный метод, аналитические методы исследований и результаты математического моделирования. Исходными материалами для исследований послужили данные прямых наблюдений 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 $0,1 \text{ м}^2$. Пробы воды для определения содержания взвешенного вещества (ВВ) замораживались. Определения проводили стандартными методами в соответствии с разработками [2-7] и после размораживания и фильтрации проб через мембранные фильтры с размером пор $0,45 \text{ мкм}$. При моделировании использовалась трехмерная лагранжева модель [8], которая описывает размыв и осадки многофракционных связных и несвязных иловых отложений, а также их смеси.

Обсуждение результатов

Распределение взвешенных наносов в летний период, по данным фактических наблюдений на поверхности моря представлено на рис. 1 (а) и в придонном слое на рис. 1 (б).

Распределение валовой взвеси обусловлено двумя процессами: влиянием наносов Дуная и влиянием дноуглубительных работ. Влияние сброса грунта на морскую свалку, которая расположена в 8 км от устья, практически не прослеживается. Во время проведения исследований выполнялись работы по дноуглублению непосредственно в устье реки (рукав Быстрый). В районе производства дноуглубительных работ выполнен отбор проб в толще воды на поверхности и у дна. Исследованиями установлено, что основная нагрузка на морскую среду в виде значительного увеличения концентраций взвешенного вещества сосредоточена в придонном слое и достигает предельных значений – свыше 280 мг/л (рис. 1, б).

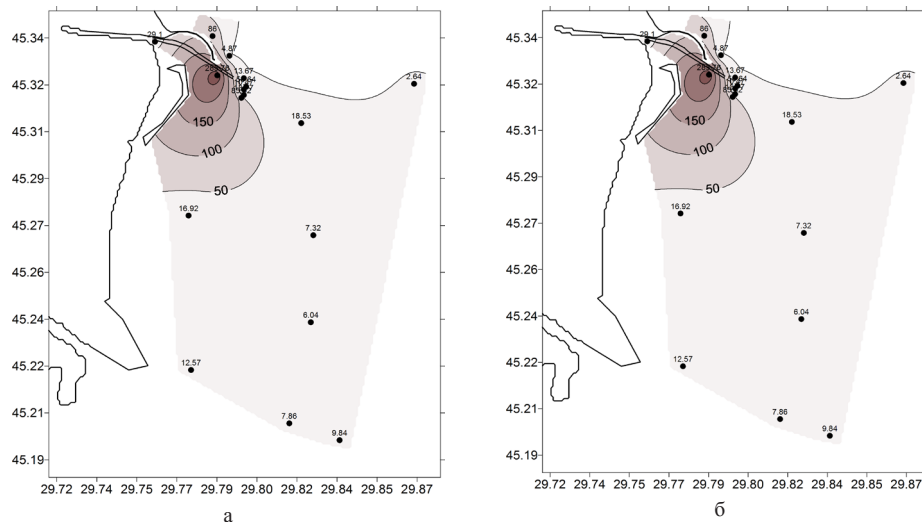


Рис. 1. Распределение взвешенных наносов (мг/л) на поверхности (а) моря и в придонном слое (б) устьевого взморья Дуная (июль, 2011 г.).

Диффузионное перемещение взвеси происходит в южном направлении с последовательным уменьшением концентраций, по мере удаления от источника и выпадения на дно гидравлически наиболее крупных частиц. Фоновых значений (< 10 мг/л) концентрации взвешенных веществ достигают на расстоянии 3–8 км от источника. Это объясняется действием сгонного ветра в момент отбора проб и мощным стоковым течением, достигающим 100 см/с в районе оголовка защитной дамбы в устье Быстрого. Это подтверждается совпадением конфигурации зоны влияния от производства дноуглубительных работ с зоной выноса наносов из рукава Быстрый (рис. 1, а). В поверхностном слое моря влияние дноуглубительных работ нивелируется выносом речных наносов. Доминирующий устойчивый ветер южного направления и апвеллинг обусловили формирование зоны повышенной концентрации взвешенных веществ к северу от защитной дамбы. Есть основания полагать, что данная зона повышенных концентраций сформирована мутьевым облаком в результате дноуглубления. Эта причина подтверждается величинами концентраций взвешенных веществ до 86 мг/л, в придонном слое и до 20 мг/л – на поверхности моря. Тогда как значения концентраций в устье рукава ограничены значениями 29 мг/л – в придонном слое и до 24 мг/л – на поверхности моря. В целом, на устьевом взморье Дуная четко выражены две зоны повышенных концентраций взвешенного вещества. Первая – это зона совместного влияния речных наносов и влияния дноуглубительных работ в особенности в придонном слое. Вторая зона сформирована выносом части наносов из рукава Старостамбульский (рис. 1). Концентрации в этих зонах достигают значений от 24 до 12 мг/л на поверхности

моря. При этом, ареал распространения наносов в зоне влияния Старостамбульского рукава выражен в большей мере за счет южного ветра. В зоне влияния рукава Быстрый изолиния со значениями взвешенного вещества 12 мг/л , разделена на две ветви: одна распространяется в виде довольно узкой вдольбереговой области, а вторая распространяется за пределы защитной дамбы с высокими значениями взвешенного вещества, 20 мг/л . Этот факт убедительно свидетельствует о способности распространения дунайских вод и переносе собственно речных наносов, так и взвешенного вещества, продуцируемого дноуглубительными работами в значительной степени, как в южном, так и в северном направлениях. В итоге формируется единая зона донных осадков устьевого взморья.

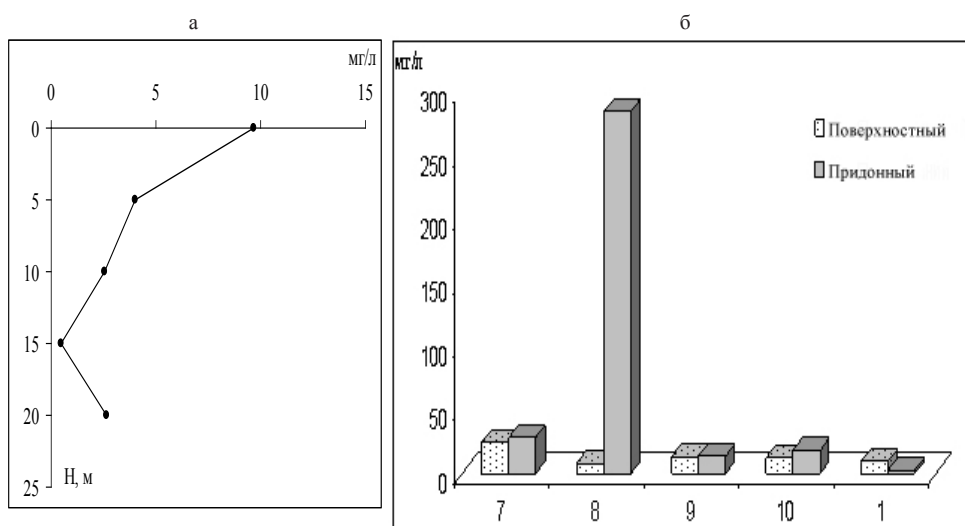


Рис. 2. Вертикальное натурное распределение взвешенного вещества (мг/л) в районе дампинга грунта (а) и на гидрологическом разрезе «Быстрый–Море» (б – 1–10 номера станций). Станция № 1 – участок дампинга, № 8 – участок производства дноуглубления.

Вертикальное распределение взвешенного вещества в районе дампинга грунта (рис. 2, а) демонстрирует незначительное влияние процесса складирования грунта на морскую среду. На поверхности и в придонном слое значения концентраций находятся в пределах фоновых значений ($1\text{--}10 \text{ мг/л}$). Повышение значений концентраций взвешенного вещества до $7,80\text{--}7,32 \text{ мг/л}$ зафиксировано во время сброса на морскую свалку. На разрезе, выполненном по направлению «устье Быстрого–Море» (рис. 2, б) четко проявляется влияние взвешенных наносов на морскую среду при проведении дноуглубительных работ на устьевом взморье в придонном слое. При этом значения концентраций

взвешенных веществ достигают максимальных значений – 285 мг/л. Вынос речных наносов ограничен значениями концентраций 29 мг/л.

На рис. 3 отражено техногенное воздействие на устьевом взморье при проведении дноуглубительных работ и дампинга грунта в октябре 2013 г.

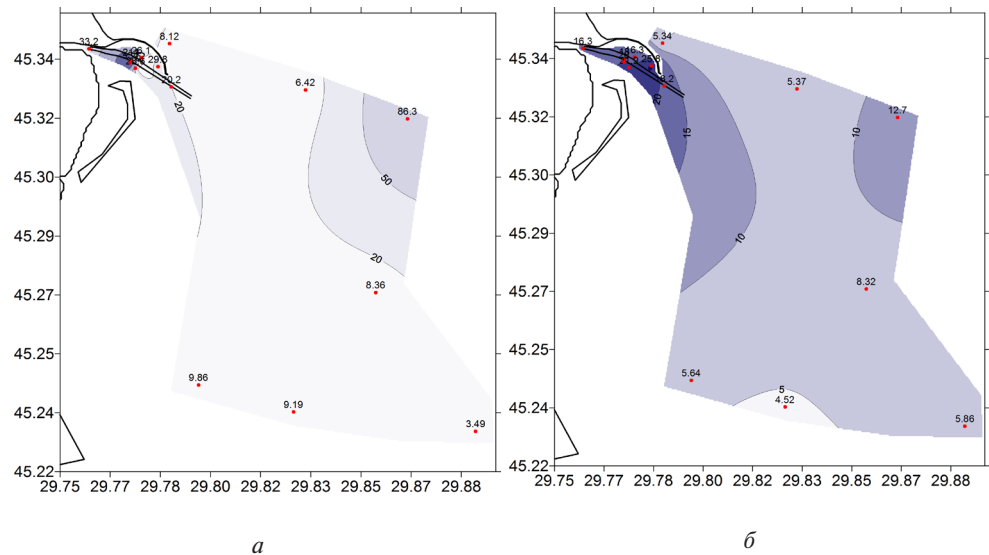


Рис. 3. Схемы распределения взвешенного вещества (мг/л) на поверхности моря (а) и в придонном слое воды (б) на взморье дельты Дуная (октябрь 2013).

В придонном горизонте были зафиксированы повышенные значения взвешенного вещества до 214 и 334 мг/л при фоновых значениях от 5 до 30 мг/л. Важно отметить, что повышенные концентрации взвешенного вещества в придонном слое занимают локальную зону, ограниченную дистанцией, не превышающей 300 м. В поверхностном слое его распределение значительней, за счет интенсивного течения юго-восточной составляющей. Максимальные значения в поверхностном слое также отмечены в области проведения дноуглубительных работ. Величины фоновых значений отмечены на расстоянии 9 км от техногенного источника. Это же относится к зоне дампинга грунта, где влияние сброса грунта ограничено дистанцией 3 км.

Из рис. 4 видно, что наибольшая концентрация наносов на поверхности моря на границе украинского участка устьевое взморья составляет 2 мг/л. В то же время видно, что в придонном слое концентрации выше и достигают 3 мг/л [9]. Максимальные концентрации в месте сброса составляют около 20 мг/л и монотонно убывают по мере удаления от источника, при этом порядок величин, полученный в результате моделирования, соответствует данным фактических наблюдений (рис. 1–3). Однако, существенные отличия отмечаются на южной границе исследуемой акватории, т.е. в районе устья рукава Старостамбульский.



Рис. 4. Результаты числового моделювання розподілення концентрацій взвешенних наносів (мг/л) в поверхневому (а) і придонному (б) слоях при неперервному сбросе грунтовой массы на отвал (по данным [9]).

Здесь расчетные результаты и фактические данные наблюдений отличаются на два порядка. Это объясняется влиянием взвешенных наносов со стороны устья рукава Старостамбульский и гидрометеорологическими условиями во время выполнения съемок. При моделировании этот комплекс факторов учесть достаточно сложно. Так, съемка в летний период (рис. 1), выполнялась при устойчивом южном ветре и апвеллинге, что обусловило порядок величин взвешенных наносов речного генезиса при явном выделении двух изолированных областей повышенных концентраций, сформированных наносами рукавов Быстрый и Старостамбульский. В результате, фоновые значения концентраций в море были достаточно высокими (около 10 мг/л). Съемка в осенний период (рис. 3) выполнялась при близких условиях юго-восточного ветра, однако четкого выделения изолированных областей наносов речного генезиса от различных рукавов не прослеживается. При этом, порядок величин на удалении от морского отвала в районе влияния наносов рукава Старостамбульский, сохранился (около 10 мг/л). В значительной мере, в осенний период в большей мере проявляется техногенный фактор влияния производства дноуглубительных работ, формирующий интенсивный перенос взвешенного вещества (рис. 3). Следовательно, в обоих случаях отмечается процесс доминирования наносов речного генезиса, по мере удаления от места дампинга грунта и нивелирование влияния наносов антропогенного генезиса. Следует отметить, что данные фактических наблюдений отображают совокупное поле наносов и, как правило, не позволяют дифференцировать крупномасштабное воздействие наносов на всей исследуемой акватории от различных источников. В свою очередь метод математического моделирования позволяет про-

известить количественную и качественную оценку трансформации и переноса наносов от отдельного источника.

Важным дополнением служат следующее замечание. Поскольку отвал грунта не может производиться в отсутствие дноуглубительных работ, а влияние дноуглубления и дампинга примерно одного порядка то при верификации модельных расчетов, следует учитывать оба процесса.

Выводы

Сопоставление данных реальных, натуральных съемок гидрофизических полей и результатов численного моделирования взаимодополнимы. Они позволяют получить комплексную характеристику исследуемой акватории, поскольку фактические данные наблюдений всегда отражают совокупную нагрузку на водную среду. В то же время при моделировании возможно выделение антропогенной составляющей воздействия на качественном и количественном уровне.

Список использованной литературы

1. Михайлов В. Н. Гидрологические процессы в устьях рек / В. Н. Михайлов. – М.: ГЕОС, 1997. – 176 с.
2. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 725 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 532 с.
4. Руководство по химическому анализу морских вод: РД 52.10.243-92. – СПб: Гидрометеиздат, 1993. – 263 с.
5. Международные океанологические таблицы: Вып. 1. – Москва: Гидрометеиздат, 1969. – 107 с.
6. Методы гидрохимических исследований океана. – Москва: Наука, 1978. – 261 с.
7. Рекомендации по снижению влияния дноуглубительных работ и дампинга на качество водной среды (РД). – Одесса: Минтранс Украины, 1996. – 43 с.
8. Бровченко И.А., Мадерич В.С. Трехмерная Лагранжева модель переноса многофракционных наносов и ее применение к описанию гравитационных течений // Прикладная гидромеханика. – 2008. – Т. 10 (82). – № 1. – С. 37 – 48.
9. Математичне моделювання впливів споруд ГСХ «Дунай – Чорне море» на гідрологічні та морфодинамічні параметри у транскордонному контексті // *Наук. керівник М.А. Берлінський: Договір № 777 від 2009 р.* – Одеса: УкрНЦЕМ, 2009. – 139 с.

References

- [1] Mihajlov V. N. 1997. *Gidrologicheskie processy v ustyah rek*. M.: GEOS.
- [2] *Rukovodstvo po gidrologicheskim robotam v okeanah i moryah*. 1977. Leningrad: Gidrometeoizdat.
- [3] *Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi*. 1977. Leningrad: Gidrometeoizdat.
- [4] *Rukovodstvo po himicheskomu analizu morskij vod*: RD 52.10.243-92. 1993. SPb: Gidrometeoizdat.
- [5] *Mezhdunarodnye okeanologicheskie tablicy: Vyp. 1*. 1969. Moskva: Gidrometeoizdat.
- [6] *Metody gidrohimicheskijh issledovanij okeana*. 1978. Moskva: Nauka.
- [7] *Rekomendacii po snizheniyu vliyaniya dnouglubitelnyh robot i dampinga na kachestvo vodnoj sredy (RD)*. 1996. Odessa: Mintrans Ukrainy.
- [8] Brovchenko I.A., Maderich V.S. 2008. *Trehmernaya Lagranzheva model perenosa mnogofrakcionnyh nanosov i ee primenenie k opisaniyu gravitacionnyh techenij*. *Prikladnaya gidromekhanika*. 10 (82) 1: 37 – 48.
- [9] *Matematichne modelyuvannya vpliviv sporud GSH «Dunaj – Chorne more na gidrologichni ta morfodinamichni parametri u transkordonnomu konteksti*. *Nauk. kerivnik M.A. Berlinskij: Dogovir № 777 vid 2009 r.* 2009. Odessa: UkrNCEM.

Поступила 5.03.2014 г.

М.А. Берлінський,

Український Науковий центр
екології моря Мінекології та природних ресурсів,
Французький бульвар, 89, Одеса-9, 65009, Україна

ДЕЯКІ ЗАКОНОМАРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЛІВ ЗВАЖЕНИХ НАНОСІВ У ГИРЛОВІЙ ОБЛАСТІ ДУНАЮ

Резюме

Розглядаються процеси трансформації і переносу зависних наносів в гирловій області Дунаю. Вихідними матеріалами для досліджень становили дані прямих безпосередніх спостережень багаторічного моніторингу отриманих при різних гідрометеорологічних умовах, у різні сезони року. Протягом моделювання використовувалась тривимірна Лагранжева модель, яка описує розмив багатofракційних мулистих відкладень, а також їх суміші. Відмічається процес домінування наносів річкового генезису, по мірі віддалення від місця проведення днопоглиблювальних робіт і дампінга ґрунту, тобто – нівелювання впливу наносів антропогенного генезису. Дані фактичних спостережень відображають сукупне поле наносів і не дозволяють диференціювати великомасштабний вплив наносів на всій досліджуваній акваторії від різних джерел. У свою чергу, метод математичного моделювання дозволяє виконати кількісну і якісну оцінку трансформації і переносу наносів від окремого фіксованого джерела.

Дослідженнями показана доцільність зіставлення даних фактичних зйомок і результатів чисельного моделювання. Це дозволяє відобразити сукупний вплив природних та штучних факторів на морське середовище за рахунок наносів річкового генезису і виконання гідротехнічних робіт. Відкривається можливість виділити антропогенну складову в балансі наносів, що формуються в результаті дампінга ґрунтів днопоглиблення.

Ключові слова: Дунай, дельта, завись, розподіл, вичерпування, течії, антропогенні фактори.

N.A. Berlinsky,

Ukrainian Scientific Center of Sea-Ecology,
of Ecology Ministry of Ukraine, 89, Frantsuzsky bl-vd., Odessa-9, 65009, Ukraine

SOME REGULARITIES OF SUSPENDED MATTER'S FIELDS FORMATION IN DANUBE MOUTH AREA

Abstract

The processes of transformation and transport of suspended matter in the mouth area of the Danube is discussing. Data in situ as a result of long-term monitoring was using in a period of different hydrometeorological conditions in a different seasons. Numerical Lagrange model was used as an approximation of natural process of suspended distribution. The process of domination of substances of riverine genesis was marked removing from the dredging area and dumping. Thus, there is leveling of anthropogenic genesis substances. Data in situ shows the total field of suspended matter but at the same time it is not possible to differ large scale

influence of substances from anthropogenic and natural sources to the aquatic system. In turn, numerical modeling enables to have quantity and quality evaluation of transformation and substance advection for separately.

Appropriateness of comparing data of survey and numerical simulation had been done. This makes it possible to estimate total influence to marine ecosystem from riverine sediments input and input of hydro- technical dragging and damping.

Key words: Danube, delta, suspension, distribution, dredging, flows, sediments, natural and anthropogenic factors.