

А.Е.Букатов, Е.А.Павленко

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
В УСТЬЕВЫХ ЗОНАХ АЗОВСКОГО МОРЯ**

На основе данных гидрохимических наблюдений за период 1992 – 2012 гг. проведено исследование изменчивости концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах Азовского моря. Получены оценки статистических связей изменчивости гидрометеорологических условий в районе Азовского моря и уровня загрязненности устьевых зон рек Дон и Кубань.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Азовское море, р.Дон, р.Кубань, устьевые зоны, загрязняющие вещества, гидрометеорологические условия.*

Оценка экологического состояния экосистемы Азовского моря в условиях возрастающей антропогенной нагрузки и современного изменения климата становится все более актуальной. Особого внимания требует мониторинг гидрохимических условий устьевых областей рек, переходных зон, которые представляет собой естественный биогеохимический барьер между речными и морскими водами, и отличаются наиболее высокой биологической продуктивностью. Вследствие хозяйственной деятельности человека устьевые зоны испытывают наибольшую антропогенную нагрузку, а специфика устьевых процессов приводит к созданию условий для накопления загрязнения.

Уровень загрязнения вод устьевых областей р. Дон, Кубань зависит от промышленно-бытовых стоков, деятельности водного транспорта, каналов оросительных систем, переноса загрязняющих веществ с вышележащих участков рек и др. Источниками загрязнения служат также ливневые сточные воды, атмосферные осадки и эоловые выпадения. Следует отметить, что основная доля загрязняющих веществ поступает в устьевые области с речным стоком и во многом определяется гидрометеорологическими условиями района. Исследования, посвященные состоянию экосистемы Азовского моря и влиянию гидрометеорологических параметров, проводились и ранее. Характеристика загрязнения прибрежных вод украинской зоны Азовского моря за период 2001 – 2005 гг. приведена в [1]. Оценка выноса биогенных элементов реками Дон и Кубань за период 1981 – 2000 гг. представлена в [2]. Пространственный анализ распределения концентраций поллютантов в водах Керченского пролива проведен в [3]. В [4 – 6] рассматривается взаимосвязь изменчивости биогенных веществ в акватории Азовского моря и Таганрогского залива с гидрометеорологическими условиями региона. Целью данной работы является характеристика современных гидрохимических показателей устьевых зон рек Дон и Кубань, оценка влияния гидрометеорологических условий на изменчивость концентраций загрязняющих веществ в исследуемых районах.

Характеристика материалов исследования. В работе использованы

данные гидрохимических наблюдений в устьевых областях рек Дон и Кубань за период 1992 – 2012 гг., приведенные в [7 – 9]. Пробы воды отбирались Донской и Кубанской устьевыми станциями из поверхностного (0,5 м) и придонного горизонтов, химический анализ проводился в соответствии с методами, изложенными в [10, 11]. На рис.1, а показана схема отбора проб в рукавах Мёртвый Донец, Переволока и в рукаве Песчаный. Схема станций на устьевом взморье рукавов Кубань и Протока, использованных в исследовании, показана на рис.2, а. Для исследования выбраны среднегодовые концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и концентрации биогенных веществ (азот аммонийный, фосфор общий, силикаты).

Сток загрязняющих веществ рассчитывался по формуле:

$$W_{\text{зв}} = WC,$$

где W – объем водного стока ($\text{км}^3/\text{год}$), C – концентрация загрязняющего вещества (мг/л , мкг/л).

Для исследования корреляционных зависимостей между гидрометеорологическими условиями и изменчивостью концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах рек Дон и Кубань использованы данные по температуре воздуха (T , $^{\circ}\text{C}$), количеству осадков (Q , мм) и скорости ветра (V , м/с) на метеостанциях Ростов-на-Дону и Краснодар, а также данные по среднемесячным расходам воды на гидрологических постах станция Раздорская и хутор Тиховский. Для расчетов использовался параметрический коэффициент парной линейной корреляции (R).

Анализ результатов. Среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Дон за 1992 – 2012 гг. составило: НУ 2,0 тыс. т, СПАВ 0,7 тыс. т, азот аммонийный 3,0 тыс. т, фосфор общий 3,7 тыс. т, силикаты 33 тыс. т (рис.1, б). Максимальная среднегодовая концентрация НУ отмечена в 2005 г. 0,27 мг/л , и составила 5,4 предельно допустимой концентрации (ПДК) данного загрязнителя (рис.3).

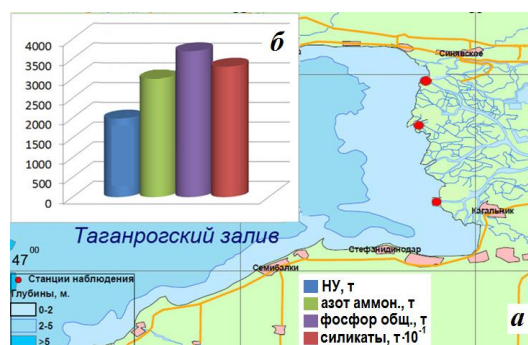


Рис. 1. Станции отбора проб в устьевой области р.Дон (а), среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Дон за период 1992 – 2012 гг. (б).

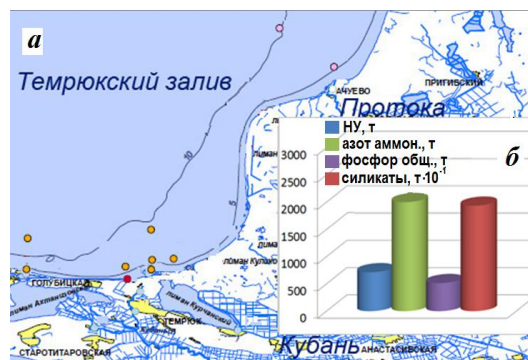


Рис. 2. Станции отбора проб на устьевом взморье р.Кубань (●), р.Протока (○) и порт Темрюк (●) (а), среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Кубань за период 1992 – 2012 гг. (б).

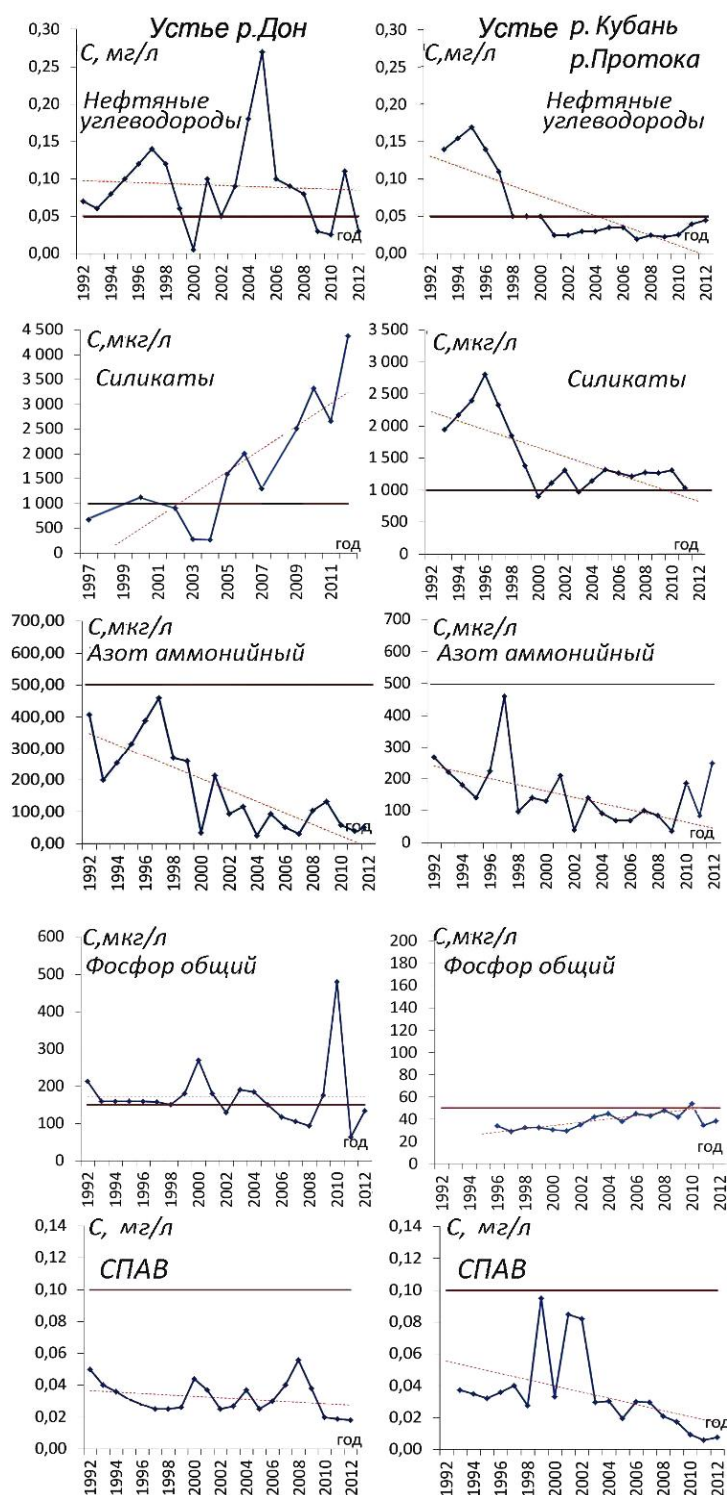


Рис. 3. Межгодовая изменчивость концентраций загрязняющих веществ в устьевых областях рек Дон, Кубань за 1992 – 2012 гг.; (—) ПДК, (---) линейный тренд.

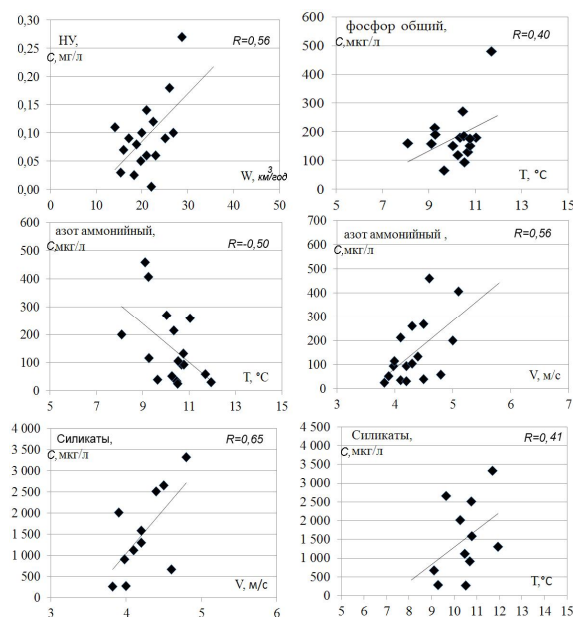
Содержание НУ в поверхностном слое рукава Мертвый Донец в июле достигло 8 ПДК. Среднегодовые концентрации СПАВ за период наблюдений не превышают уровень ПДК. Максимум среднегодовой концентрации СПАВ составил 0,056 мг/л (0,6 ПДК) в 2008 г.

Концентрации аммонийного азота за весь период наблюдений не превышают уровня ПДК, максимум составил 460 мкг/л (0,9 ПДК) в 1997 г. Максимум общего фосфора 480 мкг/л отмечен в 2010 г. Содержание силикатов за период исследования увеличилось. Их максимум, зарегистрированный в этом же году, достиг величины 3325 мкг/л и превысил ПДК в 3,3 раза.

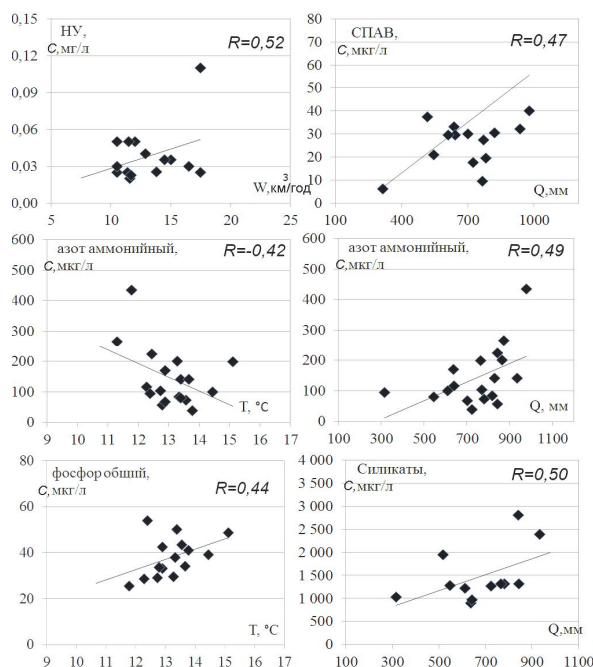
Как видно из рис.2, б среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Кубань за период 1992 – 2012 гг. составило: НУ 0,5 тыс. т, СПАВ 0,5 тыс. т, азот аммонийный 2,0 тыс. т, фосфор общий 0,5 тыс. т, силикаты 19 тыс. т. В течение периода 1992 – 2012 гг. отмечена заметная тенденция снижения загрязненности вод устьевой области р. Кубань нефтепродуктами (рис.3). Среднегодовой максимум содержания НУ за период 1992 – 2012 гг. составил 0,17 мг/л (3,4 ПДК) в рукаве Протока в 1995 г. В 2004 г. произошли 2 аварийных сброса нефти: 29 мая в р.Адагум, впадающую в реку Кубань, и 2 июля в р.Аушедз, которая через Варнавинское водохранилище связана с р.Адагум. У г.Темрюк и в точке впадения р.Адагум в р.Кубань были зафиксированы повышенные концентрации нефтепродуктов. Они составили более 7 ПДК [7]. В связи с аварией 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе танкера «Волгонефть-139» в ноябре – декабре в порту Темрюк дополнительно было отобрано и проанализировано 9 проб воды на содержание нефтяных углеводородов. Содержание НУ 16 ноября 2007 г. в придонном слое составило 0,2 мг/л (4 ПДК). В 2008 г. содержание НУ в устьевых областях рек Дон и Кубань не превышало уровня ПДК. Загрязнения детергентами за исследуемый период не наблюдалось, концентрации СПАВ не превышают уровень ПДК. Максимум СПАВ составил 0,095 мг/л (0,95 ПДК) в 1999 г. Содержание азота аммонийного меньше уровня ПДК в течение всего периода наблюдений. Максимум составил 435 мкг/л (0,9 ПДК) в 1997 г. Наибольший уровень загрязнения силикатами наблюдался в середине 90-х гг. Максимум 2806 мкг/л (2,8 ПДК) отмечен в 1996 г. Содержание общего фосфора за период 1992 – 2012 гг. увеличилось, максимальная среднегодовая концентрация 55 мкг/л отмечена в 2010 г.

На рис.4, 5 представлены результаты корреляционного анализа зависимости изменчивости концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах р.Дон и Кубань от гидрометеорологических условий района. Видно, что повышенные концентрации СПАВ и НУ в прибрежных водах Азовского моря наблюдаются при увеличении количества выпадающих осадков и объемов стока рек. Это связано с интенсивным вымыванием загрязнения нефтепродуктами из почвы территории водосбора. Коэффициенты корреляции концентраций НУ с объемами стока составили $R_{Дон} = 0,56$ и $R_{Кубань} = 0,52$, с количеством годовых осадков $R_{Дон} = 0,40$ и $R_{Кубань} = 0,37$. Также найдены значимые положительные зависимости между количеством выпадающих осадков и содержанием детергентов в водах устьевой зоны р.Кубань ($R_{Кубань} = 0,47$).

Выявлены положительные корреляционные связи между содержанием аммонийного азота в устьевых областях р.Дон, Кубань и годовым количест-



Р и с . 4. Корреляционные зависимости между гидрометеорологическими условиями и изменчивостью концентраций загрязняющих веществ в устьевой зоне р. Дон; (—) линия регрессии.



Р и с . 5. Корреляционные зависимости между гидрометеорологическими условиями и изменчивостью концентраций загрязняющих веществ в устьевой зоне р.Кубань; (—) линия регрессии.

вом атмосферных осадков ($R_{Дон} = 0,37$ и $R_{Кубань} = 0,49$). Они обусловлены загрязнением, переносимым ливневыми сточными водами и вымыванием из почвы сельскохозяйственной минеральных удобрений. Также найдены значимые отрицательные корреляционные связи азота с температурой воздуха ($R_{Дон} = -0,50$ и $R_{Кубань} = -0,42$), которые вероятно отражают изменение скорости нитрификации. В мелководной устьевой области р. Дон поступление азота растет за счет взмучивания донных отложений. Для данного района получены значимые положительные коэффициенты корреляции ($R_{Дон} = 0,56$) между концентрациями азота и среднегодовыми скоростями ветра.

Увеличению содержания общего фосфора в устьевых областях рек Дон и Кубань способствует повышение температурного фона. Это вероятно связано с усилением процесса минерализации органического вещества в придонных слоях моря, что также обуславливает накопление фосфатов [12]. Коэффициенты между концентрациями общего фосфора и среднегодовой температурой воздуха положительны и статистически значимы ($R_{Дон} = 0,40$; $R_{Кубань} = 0,44$).

На содержание силикатов в мелководной устьевой зоне р.Дон наибольшее влияние оказывает температура и ветровой режим. Концен-

трации кремния растут на фоне повышения температуры ($R_{\text{Дон}} = 0,41$) и увеличении скорости ветра ($R_{\text{Дон}} = 0,65$). Концентрации кремния в водах устьевой области р.Кубань зависят в основном от объемов поверхностного стока. Найдены значимые положительные коэффициенты корреляции между концентрациями силикатов и количеством осадков ($R_{\text{Кубань}} = 0,50$).

Заключение. На основе данных гидрохимических наблюдений за период 1992 – 2011 гг. проведено исследование изменчивости концентраций загрязняющих веществ в устьевых зонах Азовского моря. Среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Дон за период 1992 – 2012 гг. составило: НУ 2,0 тыс. т, СПАВ 0,7 тыс. т, азот аммонийный 3,1 тыс. т, фосфор общий 3,8 тыс. т, силикаты 30 тыс. т. Среднегодовое поступление загрязняющих веществ со стоком р.Кубань за период 1992 – 2012 гг. составило: НУ 0,5 тыс. т, СПАВ 0,5 тыс. т, азот аммонийный 2,0 тыс. т, фосфор общий 0,5 тыс. т, силикаты 19 тыс. т.

Повышенные концентрации НУ, СПАВ и аммонийного азота наблюдаются при увеличении количества выпадающих осадков и объемов стока. В мелководной устьевой области р.Дон поступление азота растет также за счет взмучивания донных отложений. Увеличению содержания общего фосфора в устьевых областях рек Дон и Кубань способствует повышение температурного фона. Для мелководной устьевой зоны р.Дон выявлены положительные корреляционные связи между ростом концентраций кремния и повышением температуры воздуха, а также увеличением скорости ветра. В водах устьевой области р.Кубань содержание кремния зависит в основном от объемов поверхностного стока и количества выпадающих осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Ю.П., Рябинин А.И., Шibaева С.А., Клименко Н.П., Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Салтыкова Л.В. Результаты мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения Азовского и Черного морей в 2001 – 2005 гг. // Наук. праці УкрНДГМІ.– 2006.– вып.255.– С.152-165.
2. Никаноров А.М., Смирнов М.П., Клименко О.А. Многолетние тенденции общего и антропогенного выноса органических и биогенных веществ реками России в Балтийское, Черное, Азовское, Каспийское моря и озеро Байкал // Водные ресурсы.– 2010.– т.37, № 2.
3. Совга Е.Е., Баширицева Е.В., Степаняк Ю.Д. Состояние акватории Керченского пролива до катастрофических событий ноября 2007 г. // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу.– Севастополь, 2009.– вып.17.– С.184-193.
4. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря.– М.: Пищевая промышленность, 1979.– 288 с.
5. Матишов Г.Г., Гаргона Ю.М., Бердников С.В., Дженьюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море.– М.: Наука, 2006.– 304 с.
6. Александрова З.В., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Влияние климатических факторов на изменение химических основ биопродуктивности Азовского моря в 2006 – 2007 гг. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (2006–2007 гг.).– Ростов-на-Дону: ООО “Диапазон”, 2008.– С.82-91.

7. *Ежегодники. Качество морских вод по гидрохимическим показателям* / Под ред. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Кирьянов В.С., Крутов А.Н., Кочетков В.В.– Обнинск: «Артифекс», 1995-2011.
8. *Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2011 год*. Под ред.: Ю.А. Израэль, Г.М. Черногаева, Шпакова, Ю.В. Пешков, М.Г. Котлякова, Т.А. Красильникова. Москва. Росгидромет, 2012. 256 с.
9. *Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2012 год* / Под ред. Ю.А.Израэль, Г.М.Черногаева, В.А.Шпакова, Ю.В.Пешков, М.Г.Котлякова, Т.А.Красильникова.– М.: Росгидромет, 2013.– 178 с.
10. *Руководство по химическому анализу морских вод.*– СПб: Гидрометеоиздат, 1993.– 264 с.
11. *Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси.*– М.: Гидрометеоиздат, 1996.– 50 с.
12. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.V. Азовское море.*– СПб: Гидрометеоиздат, 1991.– 236 с.

Материал поступил в редакцию 29.07.2013 г.

АНОТАЦІЯ На основі даних гідрохімічних спостережень за період 1992 – 2012 рр. проведено дослідження мінливості концентрацій забруднюючих речовин в гирлових зонах Азовського моря. Отримано оцінки статистичних зв'язків мінливості гідрометеорологічних умов в районі Азовського моря і рівня забруднення гирлових зон річок Дон і Кубань.

ABSTRACT Using data of chemical observations in 1992 – 2012, the study of variability of pollutant concentration in the mouth of the Sea of Azov are conducted. The statistical relationships of hydrometeorological conditions variability in the area of the Sea of Azov and the contaminated level of estuarine areas of the Don and Kuban rivers are estimated.