

Б.Н.Панов*, Д.Б.Панов**, Е.О.Спиридонова*

**Керченский государственный морской технологический университет, г.Керчь*

***Национальный университет кораблестроения им. адм. С.О.Макарова, г.Николаев*

ВЛИЯНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ КЕРЧЕНСКОЙ БУХТЫ СОЕДИНЕНИЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Исследование связи атмосферных переносов над Керченским проливом с загрязнением акватории Керченского морского торгового порта и других прибрежных участков акватории Керченской бухты соединениями тяжелых металлов и нефтепродуктов в 1993 – 2006 гг. позволили установить ключевую роль черноморского типа течений в проливе и локальной циркуляции вод в Керченской бухте в загрязнении исследуемых акваторий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Керченская бухта, атмосферные переносы, тяжелые металлы, нефтепродукты, циркуляция вод, донные отложения.*

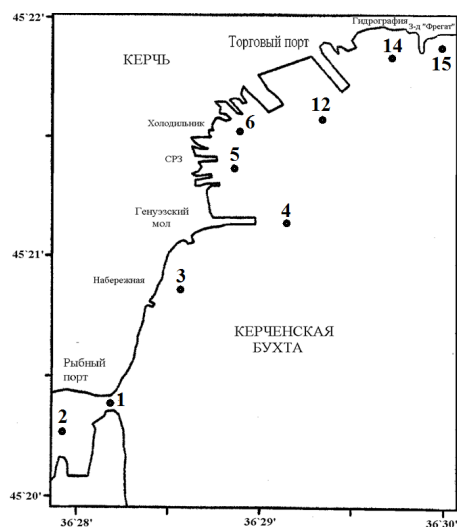
Традиционно и обоснованно причиной загрязнения прибрежных акваторий высоко урбанизированных регионов считаются техногенные факторы, однако такие природные процессы как циркуляция морских вод в значительной степени определяют распределение загрязняющих веществ между акваториями.

При изучении загрязнения прибрежных акваторий Керченской бухты соединениями тяжелых металлов и нефтепродуктов был выполнен анализ зависимости загрязнения от атмосферных переносов, влияние которых на циркуляцию вод в Керченском проливе исследовано достаточно хорошо как контактными наблюдениями [1 – 2], так и моделированием [3 – 4].

Атмосферные переносы над проливом рассчитывались по массиву фактических ежедневных карт приземной баррики по сетке значений, предложенной В.А.Брянцевым для Азово-Черноморского региона [5]. Для этого в зональном и меридиональном направлениях определялись изменения приземного атмосферного давления над акваторией пролива. Методика расчета используемых показателей атмосферных переносов (меридиональных M и зональных Z) изложена в [6] и неоднократно нами использовалась.

Показатели M и Z осреднялись за семь суток, предшествующих выполнению съемок в Керченском морском торговом порту (КМТП) и в прибрежной акватории Керченской бухты (рис.1). В съемках определялись концентрации соединений тяжелых металлов (9 показателей) и нефтепродуктов (3 показателя) в поверхностных и придонных водах, а также в верхнем слое донных отложений. В работе использованы данные 16 съемок, выполненных в КМТП в 1993 – 2006 гг., и 7 съемок прибрежной акватории бухты, выполненных в 2000 – 2006 гг.

Анализ проб воды и донных отложений выполнен в лаборатории охраны морских экосистем Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО), аккредитованной в системе Госстандарта Украины с применением метрологически аттестованных методик



Р и с . 1 . Расположение точек определения загрязнения участков прибрежной акватории Керченской бухты.

и аналитического оборудования, прошедшего метрологическую аттестацию.

Полученные ряды значений Z , M коррелировались с рядами средних по съемкам акватории КМТП значений показателей мониторинга (табл.1) и с рядами наблюдений на участках прибрежной акватории Керченской бухты (табл.2). Учитывая незначительную величину исследуемых рядов (в первом случае 16 значений, во втором – 7) порогом достоверности связи в первом случае принималась доверительная вероятность 95 %, во втором – 99 %.

Данные табл.1 наглядно свидетельствуют о том, что в водной среде акватории КМТП концентрации многих загрязнителей связаны с меридиональной составляющей атмосферных переносов, возрастая при усилении южных переносов. В воде придонного слоя при усилении южных переносов отмечается рост 8 показателей из 12 наблюдаемых, в поверхностном горизонте – 5 из 12, в донных отложениях – четырех. Связи изменений содержания хрома и суммарных нефтепродуктов характеризуются сравнительно высоким коэффициентом корреляции (0,63 – 0,73).

Концентрации ртути в поверхностных водах и кадмия в придонных возрастают при усилении западных атмосферных переносов (+ Z), которые также увеличивают вероятность появления в проливе черноморского типа течения и в целом ослабляют водообмен в проливе [7].

Южные атмосферные переносы (+ M) над проливом, как правило, формируют в проливе черноморский тип течений, при которых воды южной части

Т а б л и ц а 1 . Коэффициенты корреляции параметров мониторинга акватории КМТП, имеющих статистически значимую связь с показателями атмосферных переносов над Керченским проливом (пояснения в тексте).

	параметры мониторинга											НУ	Σ НП	
	Hg	As	Cu	Fe	Pb	Cd	Zn	Mn	Cr	$C_M + A_{сф}$				
<i>поверхностный слой</i>														
Z	0,50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
M	0,60	–	–	–	–	–	0,48	0,51	0,73	–	–	–	0,66	
<i>придонный слой</i>														
Z	–	–	–	–	–	0,48	–	–	–	–	–	–	–	
M	–	0,49	0,52	0,49	0,53	–	–	0,41	0,64	–	0,57	–	0,73	
<i>донные отложения</i>														
Z	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
M	–	0,47	–	–0,52	–	–	–	–	0,63	–	0,60	–	–	

пролива проникают далеко на север, причем более интенсивно – в придонном слое по судоходным каналам [7 – 8].

Поэтому можно предполагать, что дополнительным существенным источником загрязнения акватории порта является южная часть Керченского пролива, где наиболее активно осуществляется судоходство и перевалка грузов. Ранее нами уже указывалось на поступление нефтепродуктов в акваторию порта с водами Керченской бухты [9] и повышенное загрязнение вод Керченского пролива нефтепродуктами по сравнению с прилегающими акваториями Азовского и Черного морей [7].

Отмеченные закономерности влияния южных переносов нарушаются только в изменениях содержания железа в донных отложениях. Его концентрация возрастает при усилении северных атмосферных переносов.

Эту особенность можно объяснить, исследуя влияние атмосферных переносов на изменения показателей мониторинга на различных участках прибрежной акватории Керченской бухты (рис.1). Характер этих связей (табл.2) значительно отличается от вышеописанных зависимостей загрязнения акватории порта.

Прежде всего, следует отметить, что в поверхностном слое вод связь показателей загрязнения с атмосферными переносами наблюдается преимущественно в южной части исследуемой акватории (рыбный порт), в придонном слое вод – в северной. В донных отложениях статистически достоверные связи показателей атмосферных переносов и загрязнения присутствуют повсеместно, но в южной части акватории корреляция положитель-

Таблица 2. Параметры мониторинга на исследованных участках прибрежной акватории Керченской бухты, имеющие статистически значимую связь с показателями атмосферных переносов над Керченским проливом (пояснения в тексте).

показатели атм. переносов	участки прибрежной акватории								
	рыбный порт (вых.)	рыбный порт	набережная	Генуэзский мол	СРЗ	холодиль- ник	торговый порт (вых.)	гидро- графия	завод «Фрегат»
<i>поверхностный слой</i>									
Z	Cd	НУ							- Cd
M	∑НП	∑НП							
<i>придонный слой</i>									
Z						- As - Mn		Cd	
M					- ∑НП			- As Zn	
<i>донные отложения</i>									
Z	Fe, Pb		As	Pb, - Cd		- Hg, - Cd	- As		- C _M +A _{сф} - ∑НП
M	Fe		As		As Fe		- Fe		- As

Примечание: знак «-» перед обозначением параметра мониторинга означает, что связь имеет обратную зависимость

ная, а в северной – отрицательная. Это означает, что южные и западные атмосферные переносы способствуют накоплению в донных отложениях соединений тяжелых металлами и нефтепродуктов в южной части прибрежной зоны Керченской бухты. В северной части бухты наблюдается обратная зависимость – загрязнение возрастает при усилении северных и восточных атмосферных переносов.

Как уже отмечалось, усиление южных атмосферных переносов вызывает в проливе черноморское течение, при усилении восточных переносов в проливе преобладает азовское течение [7]. Из этого следует вывод, что северные прибрежные участки акватории бухты аккумулируют в донных отложениях тяжелые металлы и нефтепродукты, приносимые азовскими течениями, а южные участки акватории – загрязнения, приносимые черноморскими течениями.

Этот вывод полностью согласуется с ранее выполненной типизацией схем течений в Керченской бухте [8] и с результатами моделирования течений в проливе, согласно которым в Керченской бухте формируются два локальных круговорота вод [4].

Такая же зависимость от атмосферных переносов, а, следовательно, и от особенностей циркуляции вод проявляется (но менее наглядно) и в загрязнении прибрежных вод Керченской бухты. В южной части района (рыбный порт) загрязнение усиливается южными и западными атмосферными переносами (черноморскими течениями), в северной (от СРЗ) – восточными и северными переносами (азовскими течениями).

В результате можно выделить значительные различия в механизме влияния циркуляции вод на загрязнение акватории КМТП и прибрежных участков Керченской бухты. Загрязнение порта однозначно увеличивается при усилении южных атмосферных переносов (черноморский тип течений в проливе), в то время как загрязнение других участков прибрежной акватории зависят от локальных особенностей циркуляции вод в Керченской бухте. Наиболее вероятно, что, находясь в зоне влияния преобладающих в Керченской бухте азовских течений, акватория порта в значительной степени зависит от поступления вод из южной части Керченского пролива по углублению подходного канала при черноморских течениях в проливе.

Выводы. Рост загрязнения вод акватории Керченского морского торгового порта соединениями тяжелых металлов и нефтепродуктов (42 % рассмотренных показателей в поверхностном слое, 67 % – в придонном) связан с усилением южных атмосферных переносов.

Акватория КМТП, находясь в зоне влияния преобладающих в Керченской бухте азовских течений, тем ни менее в значительной степени зависит от поступления вод из южной части Керченского пролива по углублению подходного канала при черноморских течениях в проливе, вызываемых южными и западными атмосферными переносами.

Изменения показателей загрязнения донных отложений прибрежной акватории Керченской бухты зависят от локальных особенностей циркуляции вод в бухте.

Установленные связи позволяют на качественном уровне прогнозировать рост или уменьшение степени загрязнения прибрежных участков акватории Керченской бухты.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО за участие в мониторинге загрязнения акватории Керченской бухты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альтман Э.Н.* Динамика вод Керченского пролива // Гидрометеорология и гидрология морей СССР. Т.4. Черное море.– СПб, 1991.– С.291-328.
2. *Ломакин П.Д., Боровская Р.В.* Характеристика современного состояния системы течений в Керченском проливе на базе спутниковых и контактных наблюдений // Исследования Земли из Космоса.– 2006.– 6.– С.65-71.
3. *Иванов В.А., Шатино Н.Б.* Моделирование течений в Керченском проливе // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2004.– вып.10.– С.207-232.
4. *Фомин В.В., Иванов В.А.* Совместное моделирование течений и ветрового волнения в Керченском проливе // Морской гидрофизический журнал.– 2007.– 5.– С.3-13.
5. *Брянцев В.А.* Методические рекомендации по гидрометеорологическому прогнозированию для основных объектов промысла в Черном море.– Керчь: Аз-ЧерНИРО, 1987.– 12 с.
6. *Панов Д.Б., Спиридонова Е.О.* Особенности гидрометеорологических условий Керченского региона и их длиннопериодная изменчивость // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь, 2007.– С.193-198.
7. *Спиридонова Е.О., Панов Д.Б.* Особенности водообмена через Керченский пролив и возможные последствия его изменений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– вып.17.– С.265-274.
8. *Ломакин П.Д., Панов Д.Б., Спиридонова Е.О.* Изменения важнейших составляющих экосистемы Керченского пролива после сооружения Тузлинской дамбы / Препринт.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008.– 73 с.
9. *Панов Б.Н., Панов Д.Б.* Исследования загрязнения нефтепродуктами вод и донных отложений акватории Керченского морского торгового порта // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– вып.15.– С.159-168.

Материал поступил в редакцию 07.10.2012 г.

АНОТАЦІЯ. Дослідження зв'язку атмосферних перенесень над Керченською протокою із забрудненням акваторії Керченського морського торгового порту і інших прибережних ділянок акваторії Керченської бухти сполуками важких металів і нафтопродуктів в 1993 – 2006 рр. дозволили встановити ключову роль чорноморського типу течій в протоці і локальної циркуляції вод в Керченській бухті в забрудненні досліджуваних акваторій.

ABSTRACT. Research of connection of atmospheric transport over the Kerch Strait and water area pollution of Kerch Trading Sea Port and other coastal areas of the of the Kerch bay by heavy metals and petroleum products in 1993 – 2006, have established the key role the Black Sea type currents in the strait and the local water circulation in the Bay of Kerch in the pollution study waters.