



УДК 551.462

**В. Н. Еремеев**<sup>1</sup>, акад. НАН Украины, директор, **В. А. Иванов**<sup>2</sup>, член-корр. НАН Украины, директор,  
**Ю. П. Ильин**<sup>3</sup>, канд. физ.-мат. наук, директор

<sup>1</sup> Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,  
Севастополь, Украина

<sup>2</sup> Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины,  
Севастополь, Украина

<sup>3</sup> Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института,  
Севастополь, Украина

### ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

Изложены основные особенности океанографического режима Керченского пролива, в том числе ветрового волнения, колебаний уровня моря, системы течений и водообмена, ледового режима, гидрохимических условий, транспорта наносов. Выделены существующие и потенциальные экологические проблемы, связанные с зарегулированием водообмена через пролив. Это дает основу для предварительного качественного анализа возможных последствий антропогенного вмешательства в сложную морскую экосистему, в частности – строительства дамбы в Тузлинской промоине.

**Ключевые слова:** экосистема, Керченский пролив, ветровое волнение, уровень моря, течения, водообмен, ледовый режим, транспорт наносов, эвтрофикация

Керченский пролив играет важную роль в формировании океанографического режима Черного и Азовского морей, которые он соединяет. В условиях современных изменений климата и антропогенных воздействий на морские экосистемы пролив служит естественным передаточным звеном для этих воздействий. Кроме того, характеристики экосистемы самого Керченского пролива подвержены существенным изменениям, что не может не сказаться на характере его хозяйственного использования. Однако в последние 15 – 20 лет объем комплексных исследований в этом районе резко сократился, что не в последнюю очередь обусловлено экономическими и политическими трансформациями, прохождением

по Керченскому проливу государственной границы между Украиной и Россией. В то же время существуют двухсторонние планы активизации хозяйственной деятельности, прежде всего, строительство многофункционального транспортного перехода через пролив. Продолжается активное рыболовство с обеих сторон, наблюдается оживление транспортного и пассажирского судоходства в проливе. При этом имеют место также несогласованные односторонние планы и реальные действия по их осуществлению, ярким примером чему является строительство в октябре – ноябре 2003 г. дамбы с российской территории, перекрывающей пролив к востоку от о. Тузла. Экологические последствия такого строитель-

ства представляются малоизученными и вызывают повышенный интерес к современному состоянию морской экосистемы Керченского пролива.

Целью данной работы является рассмотрение состояния изученности Керченского пролива, обзор основных особенностей его океанографического режима, существующих и потенциальных экологических проблем, связанных с регулированием водообмена через пролив.

Географическая характеристика объекта. Длина Керченского пролива по прямой составляет около 43 км, по фарватеру – 48 км. Ширина пролива изменяется в широких пределах: от 3.7 до 42 км. Пролив мелководен: наибольшие глубины при входе в пролив со стороны Азовского моря не превышают 10.5 м, со стороны Черного – 18 м. При продвижении к середине пролива глубины постепенно уменьшаются и на большей площади составляют около 5.5 м. Общая площадь Керченского пролива приблизительно равна 805 км<sup>2</sup>, объем вод – 4.56 км<sup>3</sup>. Пролив играет существенную роль в формировании особенностей гидролого-гидрохимического режима Азово-Черноморского бассейна и является важнейшим промысловым районом и судоходной магистралью.

*Океанографические исследования в Керченском проливе.* Исследования гидрологии и динамики вод пролива начались в конце XIX – начале XX вв., а итоги многолетних наблюдений и результаты расчетов, полученные к концу 50-х годов, содержатся в справочнике [4]. Более полные исследования динамики вод Керченского пролива были развернуты в 60-х – 80-х годах, прежде всего ГОИНОм и его Севастопольским отделением (с 1992 г. – Морское отделение УкрНИГМИ), под руководством Э. Н. Альтмана. Результаты этих исследований изложены в ряде работ и обобщены в монографии [7], где приведена также об-

ширная библиография по данной проблеме. В настоящее время регулярные океанографические наблюдения проводятся только в северной узости пролива, на разрезе порт Крым – порт Кавказ, силами морской гидрометстанции (МГ) Опасное.

Гидрохимический режим и состояние загрязнения вод Керченского пролива регулярно исследовались с конца 70-х годов. Гидрохимический режим прикерченского района Азовского моря за период до середины 80-х годов достаточно полно описан в монографии [3]. Однако обобщенное исследование режима, а также состояния загрязнения пролива как отдельного географического объекта к настоящему времени не выполнено. Некоторые сведения о состоянии загрязнения вод и выносе загрязняющих веществ (ЗВ) из Азовского моря в Черное на основании данных 90-х годов для северной узости Керченского пролива приведены в [6, 8].

В МО УкрНИГМИ содержится обширный архив данных наблюдений в Керченском проливе, который включает следующие виды информации.

а) Наблюдения на береговой сети морских гидрометеорологических станций и постов в Керченском проливе и предпроливных районах Черного и Азовского морей (Опасное, Керчь, Заветное, Мысовое, Тамань, Феодосия) – метеорологические элементы, температура и соленость воды, уровень моря, волнение, ледовые условия.

б) Экспедиционные наблюдения и океанографические работы по различным программам, проведенные за период 1962 – 2002 гг. Данные материалы содержат гидрохимический и гидрологический комплексы наблюдений, в том числе измерения течений и расходов воды, ледовые наблюдения. В базе данных МО УкрНИГМИ содержатся 285 реализаций непрерывных измерений течений на АБС продолжительностью наблюдений от 12 ч до 10

сут с дискретностью от 5 до 30 мин. Особенно значителен массив данных специальных измерений течений и расходов воды с помощью морских вертушек ВММ в различных частях пролива, в частности в его северной узости (более 700 измерений расходов воды, тепла и солей, выполненных в 1957 – 2003 гг.).

в) Первичные и обобщенные данные по сезонным и многолетним характеристикам качества вод прикерченского района Азовского моря (для вод северной узости Керченского пролива, разрез п. Крым – п. Кавказ, – за весь период проводившихся наблюдений, до 2002 г. включительно) по следующим показателям: содержанию растворенного кислорода, водородному показателю, щелочности, фосфатам, общему фосфору, кремнию, нитритам, нитратам, аммонийному и общему азоту, сероводороду, нефтепродуктам, фенолам, синтетическим поверхностно-активным веществам, хлороорганическим пестицидам.

К сожалению, начиная с 1999 г., регулярные исследования в северной узости пролива проводятся только в украинской зоне на 4-х из 6-ти станций стандартного разреза. Проблемы экономического и технического характера привели к тому, что с начала 90-х годов прекратились регулярные мониторинговые исследования в других районах Керченского пролива (Керченская, Камыш-Бурунская бухты, южная часть пролива) и предпроливных зонах Азовского и Черного морей.

### Океанографические условия

Ветровое волнение. Наблюдения за волнением в проливе проводятся на МГ Опасное 3 раза в сутки, в зимнее время – 2 раза в сутки, с помощью волномера-перспектрометра. В табл. 1 – 2 приведены среднемноголетние месячные и годовые значения повторяемости волнения по направлениям и грациям высот волн по наблюдениям МГ Опасное за период 1954 – 2002 гг.

Таблица 1. Средняя многолетняя месячная повторяемость по грациям высот волн (м) (число случаев (ч/с) и проценты) за период 1954 – 2002 гг., МГ Опасное  
Table 1. Average monthly repeatability of wave heights (m) (the case number and percent) during 1954 – 2002, Opasnoye station

Месяцы Градации		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
≤ 0,2	ч/с	1166	426	1272	2178	2428	2416	2450	2228	1819	1490	1355	1392	20620
	%	49.9	49.2	48.6	54.4	53.8	55.2	54.2	49.3	48.0	47.7	47.3	48.7	50.9
0,3 – 0,7	ч/с	969	381	1148	1767	1951	1916	1932	2124	1743	1399	1255	1217	17802
	%	41.5	44	5.8	44.2	43.2	43.8	42.7	47.0	46.0	44.8	43.8	42.5	44.0
0,8 – 1,2	ч/с	167	59	151	115	114	45	137	161	211	219	208	196	1783
	%	7.2	6.8	5.8	2.9	2.5	1.0	3.0	3.6	5.6	7.0	7.3	6.9	4.4
1,3 – 1,9	ч/с	33	0	45	33	21	0	0	9	14	15	48	56	274
	%	1.4	0.0	1.7	0.8	0.5	0.0	0.0	0.2	0.4	0.5	1.7	2.0	0.7
2,0 – 3,0	ч/с	0	0	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	9
	%	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

В табл. 2 приведена суммарная обеспеченность и повторяемость высот волн. Как видно из этой таблицы, в районе северной узости пролива преобладает волнение северных, северо-восточных и юго-западных румбов. Максимальные наблюдавшиеся высоты волн

сведены в табл. 3. Из материалов наблюдений следует, что значительные высоты волн (1.8 – 2 м) в северной узости пролива наблюдаются достаточно редко, в основном, при волнении северного и северо-восточного направлений, которые и являются наиболее волноопасными.

Таблица 2. Годовая средняя многолетняя повторяемость градаций высот волн (м) по направлениям (число случаев (ч/с) и проценты) за период 1954 – 2002 гг., МГ Опасное. Суммарная повторяемость и режимная обеспеченность высот волн

Table 2. Annual average repeatability of wave heights (m) according to directions (the case number and percent) during 1954 – 2002, Opasnoye station

Направления Градации		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Повто- ряемость	Обеспе- ченность
Штиль	ч/с									1950	100
	%									4.8	
≤ 0,2	ч/с	2980	2393	932	614	2583	3169	3037	2962	18760	95.2
	%	7.4	5.9	2.3	1.5	6.4	7.8	7.5	7.3	46.1	
0,3 – 0,7	ч/с	3019	6641	1597	387	2447	1706	883	1122	17802	49.1
	%	7.5	16.4	3.9	1.0	6.0	4.2	2.2	2.8	44.0	
0,8 – 1,2	ч/с	77	1228	352	10	74	15	10	17	1783	5.1
	%	0.2	3.0	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	4.4	
1,3 – 1,9	ч/с	6	210	50	1	7	0	0	0	274	0.7
	%	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	
2,0 – 3,0	ч/с	2	4	3	0	0	0	0	0	9	0.0
	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Сумма	ч/с	6084	10476	2934	1012	5111	4890	3930	4101	40488	
	%	15.0	25.9	7.2	2.5	12.6	12.1	9.7	10.1	100.0	

Таблица 3. Максимальные значения высот волн (м) за 1954 – 2002 гг. по данным наблюдений на МГ Опасное  
Table 3. Maximum values of wave height (m) during 1954 – 2002 according to observations on Opasnoye station

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Максималь- ная высота волн	1.6	1.6	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0	1.3	1.3	1.8	1.4	1.6	2.0
Направление	С, СВ	СВ	СВ	СВ	В, СВ	СВ	С	СВ	СВ	В, СВ	С	СВ	СВ, С

Колебания уровня моря в Керченском проливе имеют разную природу, наиболее значимы по величине – сгонно-нагонные колебания, существенно меньшую амплитуду имеют колебания уровня сезонного и климатического масштабов.

Внутригодовой ход уровня моря в Керченском проливе имеет хорошо выраженную сезонную изменчивость с максимумом в июне и минимумом в октябре. Размах сезонных колебаний достигает приблизительно 25 см. Наибольшие изменения уровня в течение года в северной части пролива отмечаются в январе – феврале, а в южной части – в феврале – марте и обусловлены значительной штормовой деятельностью ветра в указанных районах в

эти периоды года. Наименьшие колебания уровня моря в Керченском проливе приходятся на август – сентябрь.

Многолетняя изменчивость уровня моря, связанная, главным образом, с изменчивостью речного стока Азово-Черноморского бассейна, значительно больше сезонной и достигает 35 – 40 см. В целом, межгодовые изменения уровня Азовско-Черноморского бассейна имеют устойчивую тенденцию к повышению (1.4 – 1.7 мм/год).

Главной причиной мезомасштабных колебаний уровня моря в Керченском проливе является ветер. Вызванные им сгонно-нагонные колебания накладываются на плавные сезонные колебания уровня и, в среднем,

в 5 – 6 раз превосходят их по амплитуде, а при очень сильных штормах – в 8 – 10 раз. Наиболее часто сгонно-нагонные явления проявляются в северной части пролива при северо-восточном ветре, отличающемся наибольшей повторяемостью, силой и продолжительностью. Наиболее опасные условия для возникновения катастрофических подъемов уровня моря в проливе создаются при такой синоптической ситуации, когда у северного побережья Азовского моря наблюдаются северные ветры, у северо-западного побережья – северо-западные ветры, а на юге моря – западные. Границей распространения возмущений уровня, обусловленных сгонно-нагонными явлениями в Азовском море, является северная узость Керченского пролива. Часть пролива, находящаяся южнее, находится под влиянием колебаний уровня в Черном море.

Следует отметить, что при экстремальных нагонах уровня (примерно раз в 50 лет) возможно затопление большей части косы Тузла. Известно, что энергия волнения на высоких отметках уровня при нагонах играет важную роль в абразии аккумулятивных форм Керченского пролива.

Температура и соленость воды. На рис. 1 представлены графики сезонных изменений температуры и солености, построенные путем осреднения всех данных гидрологических измерений по акватории Керченского пролива для поверхностного и придонного слоев морской воды. Минимальная средняя температура поверхностных вод наблюдается в январе, а придонных – в марте. В марте начинается прогрев воды и формирование сезонного термоклина, который наиболее развит в июне. В августе, когда наблюдается максимум температуры воды, вертикальные различия ослабевают и до декабря воды пролива в среднем однородны по глубине. В целом, сезонный ход температуры воды характерен для мелководных районов морей умеренных широт.

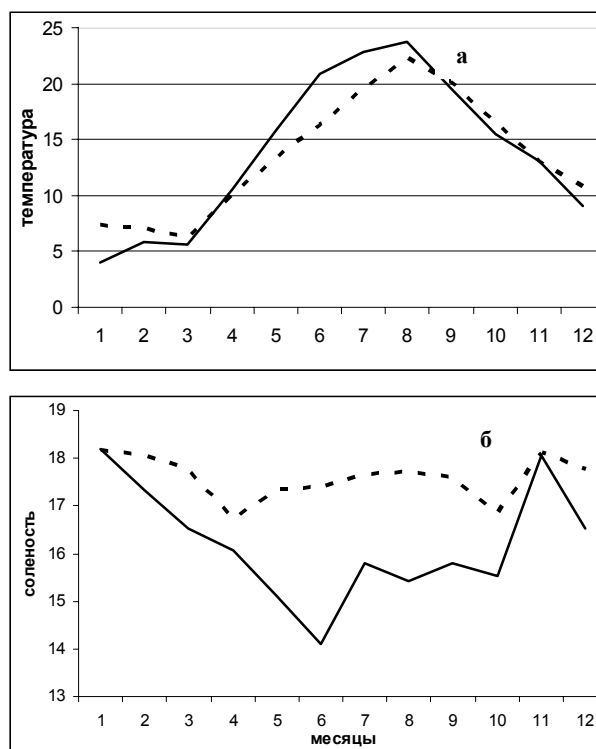


Рис. 1. Сезонный ход температуры (°C) (а) и солености (‰) (б) воды, осредненных по акватории Керченского пролива, на поверхности (сплошная) и в придонном слое (пунктир)

Fig. 1. Seasonal changes of water temperature (°C) (a) and salinity (‰) (б), averaged over the Kerch Strait, near surface (solid line) and near bottom (dashed line)

Сезонный ход солености воды в Керченском проливе определяется колебаниями компонент пресного баланса и адвекцией вод. При этом он в большей степени зависит от годового хода солености Азовского моря, поскольку в течение года в проливе преобладает азовский поток. Максимумы солености поверхностных вод наблюдаются в среднем в январе и ноябре, когда азовоморский поток ослабевает. Минимальная средняя соленость на поверхности пролива отмечается в июне, а в придонном слое – в апреле и октябре.

Течения и водообмен в проливе. Течения на акватории Керченского пролива зависят от трех основных факторов: ветровое воздействие, разница уровня моря на концах пролива, морфометрические характеристики пролива и его районов.

Основная роль в формировании течений Керченского пролива принадлежит полю ветра. Кроме ветра, циркуляция вод в проливе зависит также от разности уровней моря на концах пролива, обусловленной сгонно-нагонными колебаниями уровня и различиями в пресном балансе Черного и Азовского морей.

Вертикальная эпора течений является однонаправленной в узких частях пролива и характеризуется значительной изменчивостью в широких его частях. Например, при северо-западных и юго-восточных ветрах, когда влияние перекаса уровня моря на границах пролива за счет сгонно-нагонных колебаний в бассейнах Черного и Азовского морей минимально, следует ожидать образования в широких частях пролива двунаправленной по вертикали структуры течений, как это обычно имеет место в приглубых прибрежных областях моря. Двунаправленная по вертикали структура течений может образоваться и при быстрой смене направления ветра над проливом. Расчеты показывают, что максимальные скорости течений наблюдаются в районе северной узости. При ветре силой 7 м/с, когда

перекас уровня между границами канала наибольший, течения здесь достигают величины 60 – 70 см/с. Менее значимые максимумы скорости течений отмечаются также в районах Павловской узости и Тузлинской промоины (до 35 и 25 см/с соответственно).

Минимальные скорости течений (до 10 см/с) наблюдаются в Таманском заливе и в южной части Керченского пролива, обладающей более значительными глубинами и шириной. По направлению отчетливо выделяются три типа течений: а) азовское; б) черноморское; в) смешанное. Циркуляция вод в проливе имеет значительную межгодовую и сезонную изменчивость.

Преобладающим является перенос вод в проливе из Азовского моря в Черное. Такой перенос возникает при ветрах северных направлений. Это направление совпадает с направлением стокового течения, обусловленного преобладающим уклоном уровня поверхности от Азовского моря к Черному. По мере продвижения от входа в пролив со стороны Азовского моря до северной узости наблюдается постепенное увеличение скоростей азовского течения от 10 до 40 см/с (рис. 2 а).



Рис. 2. Схемы течений Керченского пролива (см/с) [5]: (а) азовское течение (ветер северных румбов); (б) черноморское течение (ветер южных румбов)  
 Fig. 2. Current patterns in the Kerch Strait (cm/s) [5]: (a) Azov current (wind of north directions); (б) Black Sea current (wind of south directions)

В районе северной узости отмечается значительное возрастание скорости течения (средние из наибольших скоростей – 70 – 80 см/с). При выходе из нее происходит уменьшение скорости течения. Большая часть потока направляется к Павловской узости, другая движется в район Керченской бухты и Тузлинской промоины. Вторая ветвь дает начало циклоническому движению вод в Таманском заливе. В Павловской узости и Тузлинской промоине снова происходит увеличение скоростей течений до 40 см/с. Затем, при выходе из них, скорость течений уменьшается (до 10 см/с) и вода широким потоком устремляется в Черное море.

При южном ветре развивается, главным образом, черноморский тип течений (рис. 2 б). По мере движения от южного входа пролива на север, к центральной его части, скорость черноморского течения возрастает от 10 до 40 см/с. У о. Тузла течение разветвляется на два потока, один из которых, более мощный, направляется в Павловскую узость, а, второй, более слабый, – к Тузлинской промоине. В этих районах скорости течений значительно возрастают. Пройдя Павловскую узость и Тузлинскую промоину, черноморские воды заполняют центральную часть пролива. Затем основная ветвь течения движется на север, с заходом части ее в Керченскую бухту. Поток, прошедший Тузлинскую промоину, формирует довольно сложную циркуляцию вод в Таманском заливе. Часть этого потока из Таман-

ского залива распространяется далее на север. При входе в северную узость два потока (из Павловской узости и Таманского залива) соединяются, образуя сильный поток трансформированных в проливе черноморских вод. Пройдя северную узость, черноморское течение теряет свою интенсивность и выходит в Азовское море.

Смешанный тип циркуляции вод (15 – 40 % от общего числа наблюдений) обычно наблюдается либо при смене поля ветра, либо при малоградиентном поле атмосферного давления.

Наиболее устойчивы в проливе азовские течения: отмечены случаи действия непрерывных азовских течений продолжительностью до 300 ч, черноморских же – только до 200 ч.

Среднегодовой расход воды черноморского течения по данным измерений в северной узости Керченского пролива составляет около 3900 м<sup>3</sup>/с, что несколько больше расхода азовского потока (3500 м<sup>3</sup>/с). С учетом среднегодовых повторяемостей потоков, результирующий поток все же направлен из Азовского в Черное море и составляет около 12 км<sup>3</sup> в год. Оценка результирующего потока, полученная из уравнения водного баланса Азовского моря для периода после зарегулирования рек, несколько выше (около 14 км<sup>3</sup>/год), при этом ее изменение зависит, главным образом, от уменьшения величины расхода рек Дона и Кубани (табл. 4).

Таблица 4. Компоненты пресного баланса Азовского моря и результирующий поток через Керченский пролив [7]

Table 4. Components of fresh water balance for the Sea of Azov and net water flux through the Kerch Strait [7]

Период осреднения, годы	1923 – 1998 гг.	1923 – 1950 гг.	1951 – 1998 гг.	Изменение
Сток рек, км <sup>3</sup>	36.5	40.5	34.7	– 5.8
Осадки, км <sup>3</sup>	15.2	15.0	15.3	+ 0.3
Испарение, км <sup>3</sup>	33.0	33.3	32.9	– 0.4
Результ. поток через Керченский пролив, км <sup>3</sup>	16.2	20.5	14.2	– 6.3

Ледовый режим. Лед в Керченском проливе появляется ежегодно, но значительно позже и менее мощный, чем в Азовском море, что объясняется непосредственной близостью Черного моря, из которого в пролив регулярно проникают относительно теплые черноморские воды.

При анализе основных ледовых явлений в проливе применяется общепринятая практика деления зим на типы (мягкие, уме-

ренные и суровые) в зависимости от суммы среднесуточных отрицательных температур воздуха над морем за ледовый сезон. Основные характеристики ледовых явлений, характерные даты и продолжительность ледовых явлений для северной части пролива по типам зим сведены в табл. 5.

Таблица 5. Средние даты и вероятность (P, %) характерных ледовых явлений в районе МГ Опасное (1944 – 2003 гг.) в различные типы зим

Table 5. Average dates and probability (P, %) of typical ice phenomena near Opasnoye station (1944 – 2003) during winters of different types

Ледовые явления	Даты							
	Типы зим						Весь период	
	Суровая		Умеренная		Мягкая			
	P (%)	Ср. дата	P (%)	Ср. дата	P (%)	Ср. дата	P (%)	Ср. дата
Первое ледообразование	100	1.01	100	3.01	57	30.01	80	11.01
Устойчивое ледообразование	100	12.01	65	13.01	18	23.01	49	14.01
Начало образования устойчивого припая	82	15.01	40	9.01	11	17.01	34	12.01
Первое полное замерзание	91	13.01	80	20.01	14	27.01	51	18.01
Окончательное замерзание	27	20.01	5	–	0	–	7	28.01
Начало взлома или первая подвижка припая	73	25.02	35	6.02	7	2.02	29	14.02
Окончательное разрушение припая	100	10.03	95	24.02	29	18.02	64	27.02
Окончательное очищение ото льда	100	29.03	100	7.03	57	23.02	80	8.03

Наиболее ледовитыми являются северная часть пролива до о. Тузла и Таманский залив. Мощность льда и площадь его распространения зависят от суровости зимы. Толщина припая в Керченской бухте в суровые зимы может достигать 10 см.

Сплошной ледяной покров устанавливается лишь в северной части пролива до о. Тузла (только в умеренные и суровые зимы), не ранее января, за счет смерзания плавучих льдов, выносимых из Азовского моря. Местный лед образуется здесь крайне редко.

Ледяной покров отличается наибольшей устойчивостью в Таманском заливе. Лед здесь, главным образом, местного происхождения. Он появляется в середине-конце декабря и уже в первую декаду января образует не-

подвижный сплошной устойчивый покров толщиной до 30 см (в суровые зимы до 65 см). В мягкие зимы полного замерзания Таманского залива не происходит.

Иногда в течение зимы бывают повторные вскрытия и замерзания пролива. Например, при установлении северо-восточных ветров и сильных морозов пролив начинает покрываться довольно прочным льдом, а при южных ветрах пролив быстро освобождается от сплошного льда.

Сильные северные и северо-восточные ветры создают у северного входа в пролив большие скопления сплоченных и торосистых льдов (до 3 – 4 баллов по 5-ти бальной шкале), которые затрудняют плавание судов. Из-за возможных подвижек льда наиболее опасным



для плавания в проливе является поворот от Чушкинских створов на Камыш-Бурунские, район Церковной банки и северо-восточная оконечность о. Тузла.

Окончательное очищение пролива ото льда в умеренные зимы происходит к концу февраля.

Транспорт наносов и эволюция о. Тузла. Основные потоки наносов в Керченском проливе приведены на рис. 3. Следует выделить два потока, которыми были сформированы и которые питают аккумулятивные тела в проливе (поток наносов на севере у косы Чушка и южный поток у о. Тузла).

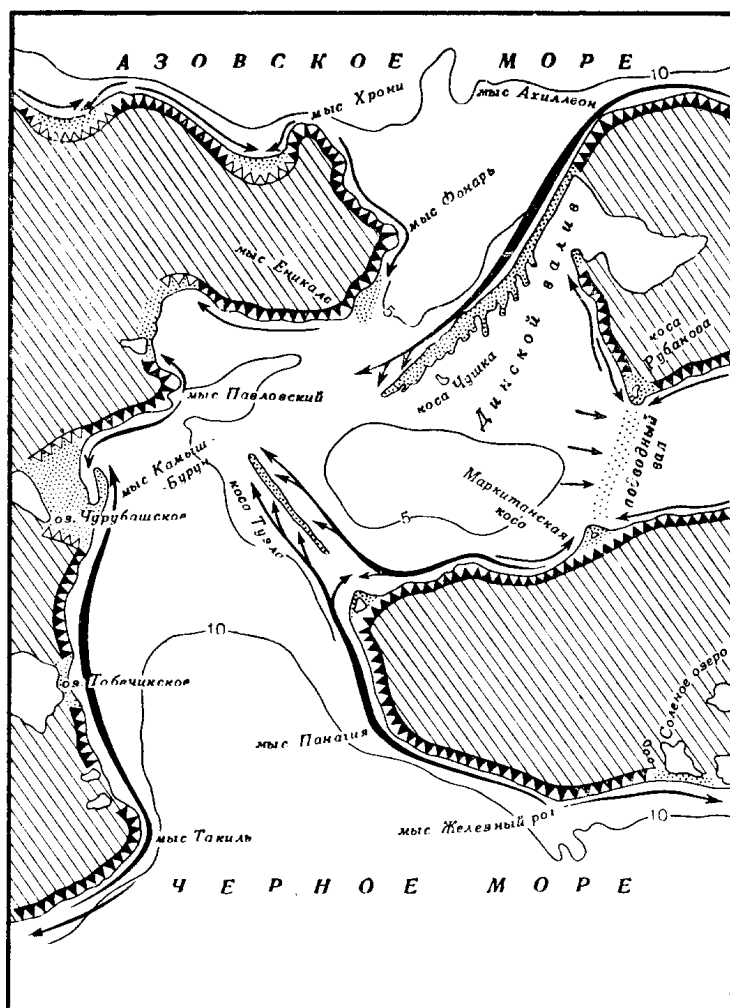


Рис. 3. Основные потоки наносов в Керченском проливе [2]. Большая толщина линии соответствует большей мощности потока

Fig. 3. Main sediment transport fluxes in the Kerch Strait [2]. The heavier line the more intense flux

Процесс размыва косы Тузла и превращения ее в остров длителен и начался около 300 лет назад. Вначале процесс абразии захватил прикорневую часть косы, что привело к ее утоньшению, а затем и полному прорыву при сильном черноморском шторме 29 ноября 1925 г. Материал размыва косы перемещался в направлении ее дистального конца, вызывая рост и вытягивание косы в длину. После обра-

зования промоины этот материал был распределен по дну моря по обе стороны от косы и промоины, а также частично перенесен в направлении дистального конца. Сразу же после прорыва ширина Тузлинской промоины составляла 300 м, к 1950 г. она увеличилась до 3 км, а в конце 70-х годов достигла почти 4 км [1].

По мере увеличения ширины промоины и соответствующего уменьшения в ней скорости течений, а также вследствие уменьшения глубин по обе стороны от косы в результате отложения материала размыва, темп размыва косы резко снизился. В то время, когда проводились исследования, размыв происходил на юго-восточной островной оконечности косы и прикорневой части с южной стороны. Благодаря отмелому профилю, по обе стороны от промоины образовалась система изменчивых песчаных банок. Вследствие дефицита наносов, естественного закрытия промоины не ожидалось, то есть естественные процессы способствовали превращению косы в остров.

Гидрохимические условия. Согласно недавним исследованиям (ЮгНИРО, данные 2002 г.), состояние морской среды Керченского пролива характеризуется следующими показателями: соленость 11 – 17 ‰, содержание взвешенного вещества от 0.5 до 5.0 мг/л, средние концентрации органического азота – на уровне 0.8 мг/л, аммония солевого, азота нитратного и нитритного 0.04, 0.01 и 0.006 мг/л соответственно. Концентрации веществ азотной группы испытывают сезонные колебания.

Отношения валового содержания органического фосфора к минеральному характерны для Черного моря, их концентрации испытывают сезонные колебания в пределах 0.008 – 0.02 и 0.01 – 0.02 мг/л соответственно.

Содержание нефтепродуктов (НП) в толще воды колеблется в пределах 0.02 – 0.12 мг/л, составляя в донных отложениях в среднем 0.398 мг/г сухого веса. Концентрации железа общего, СПАВ и фенолов в морской воде находятся на уровне ниже ПДК. Концентрации тяжелых металлов в водной толще морской воды Керченского пролива, по данным 2000 г., в среднем не превышают ПДК для рыбохозяйственных водоемов по мышьяку, хрому и кадмию. Однако концентрации

ртути и свинца в морской воде кое-где превышают ПДК. Содержание в донных отложениях тяжелых металлов (мышьяка, свинца и кадмия) превышает геохимический фон для Азово-Черноморского бассейна.

По данным наблюдений МГ Опасное, в северной узости Керченского пролива за июль – сентябрь 1998 – 2002 гг. средняя концентрация НП в первые четыре года периода снижалась, а в 2002 г. выросла и составила 2 ПДК. Средние концентрации НП и СПАВ в 2002 г. соответствовали среднему уровню за пятилетний период. Максимальная концентрация НП в 2002 г. составила 0.29 мг/л (5.8 ПДК) и зафиксирована, как и в 2001 г., в центральной части пролива. Фенолы в водах этого района в летне-осенний период чаще обнаруживаются в придонных водах, чем в поверхностных. Если в 2001 г. среднемесячные концентрации фенолов не достигали нижнего предела определения, т.е. 3 мкг/л, то в 2002 г. они достигли нижнего предела определения в поверхностных водах в августе, а в придонных – в июне, августе и сентябре.

Содержание биогенных веществ в водах северной узости Керченского пролива по средним концентрациям не превышало предельно-допустимых концентраций (ПДК) для нормируемых показателей (неорганические формы азота) и условно установленных уровней для общего азота и фосфора. В 2002 г., по сравнению с 2001 г., содержание аммонийного азота увеличилось в 1.5 раза, содержание остальных контролируемых веществ биогенной природы осталось неизменным.

Согласно величине индекса загрязненности вод (ИЗВ), в 2001 г. воды Керченского пролива в его северной узости классифицировались как чистые (ИЗВ = 0.36, II класс качества). В 2002 г. качество вод ухудшилось и они перешли в разряд умеренно загрязненных (ИЗВ увеличился до 0.84, что соответствует III классу качества воды).

**Экологические проблемы, связанные с перекрытием Тузлинской промоины.**

Керченский пролив является исторически сформированным экологическим коридором для Азово-Черноморских фаунистических и флористических биоценозов, представители которых свободно проникают через пролив. Так, через Керченский пролив из Азовского моря в Черное мигрирует значительное количество промысловых рыб, для которых миграция имеет существенное значение в их жизненном цикле. К ним относятся азовская хамса, сельдь, барабуля, пиленгас, кефали, сельди, осетровые. Кроме того, мелководная зона в восточной части Керченского пролива и прилегающего к ней Таманского залива являются нагульными угодьями для пиленгаса и аборигенных кефалей. До начала 50-х годов 20-го столетия, когда началось зарегулирование стока рек Дона и Кубани, экосистемы Азовского моря и Керченского пролива были приспособлены к естественному водообмену с Черным морем и к распределению глубин в Керченском проливе, что обеспечивало высокую рыбохозяйственную продуктивность этих вод.

После зарегулирования стока Дона и Кубани за счет создания каскада водохранилищ и развития оросительного земледелия в их бассейнах, гидробиологическое состояние Азовского моря значительно ухудшилось вследствие увеличения его солености (в среднем на 1 – 2 ‰), изменения внутригодового распределения речного стока и соотношения различных форм соединений азота и фосфора, поступающих с реками в Азовское море.

В 60-х – 70-х годах обсуждались проекты решения этой проблемы путем частичного перекрытия Керченского пролива с тем, чтобы ограничить отток азовоморских и приток черноморских вод и таким образом компенсировать дефицит речного стока в балансе солей и биогенных веществ Азовского моря. Для этого предусматривалось перекрытие Туз-

линской промоины дамбой, в результате чего прогнозировалось существенное изменение характера циркуляции вод в Керченском проливе и ограничение водообмена через него [1]. Таманский залив при этом должен был превратиться в практически застойный водоем, что в то время рассматривалось как положительный фактор с точки зрения его роли для нереста и нагула рыб.

В последние десятилетия усилились процессы эвтрофикации Азово-Черноморского бассейна, в особенности его мелководных акваторий, подверженных влиянию речного стока: Азовского моря и северо-западной части Черного моря. Эвтрофикация моря определяется неспособностью его экосистемы полностью ассимилировать приток биогенных веществ, что наглядно подтверждается результатами съемок из космоса в видимом диапазоне спектра. На изображениях, полученных с ИСЗ в весенне-летний период, отчетливо прослеживается быстрое развитие цветения фитопланктона, которое начинается с Таганрогского залива (эстуария р. Дон) и затем охватывает все Азовское море и Керченский пролив. Быстрый рост и чрезмерное количество водорослей влечет за собой их отмирание и разложение с повышенным потреблением кислорода и выделением токсических веществ в водную среду, что отрицательно влияет на условия репродукции, миграции и развития рыб.

После строительства дамбы в Тузлинской промоине следует уже в ближайшее время ожидать определенных трансформаций в состоянии экосистемы Керченского пролива и самого о. Тузла.

К наиболее важным характеристикам океанографического режима, которые будут трансформироваться, можно отнести: водообмен, структуру течений, уровень моря, потоки наносов, морфометрические характеристики берегов, дна пролива и самого острова Тузла.

Сооружение дамбы обусловит увеличение амплитуды сонно-нагонных колебаний, что усложнит условия судоходства в Керченском проливе и потребует проведения дноуглубительных работ.

Изменится и ветро-волновой режим. При сильных ветрах южного и юго-восточного направлений значительно возрастет высота волн, будет наблюдаться значительная их дифракция в районе дамбы. Все это усилит разрушение береговой зоны Керченского пролива. Наиболее опасное влияние дамбы будет испытывать о. Тузла. Скорость течений возрастет как с западной, так и с восточной стороны острова, что будет способствовать его размыванию, переносу взвешенных веществ к основному руслу Керченского пролива и его заиливанию.

Существование дамбы существенно повлияет на ледовый и термический режимы. Уменьшение поступления теплых черноморских вод в осенне-зимний сезон года приведет к понижению температуры воды Керченского пролива и Таманского залива, что, в свою очередь, может повлиять на формирование более суровых условий ледового режима. В то же время, уменьшение водообмена Таманского залива приведет к застою вод и повышению их летних температур.

Другим отрицательным последствием строительства может стать заиливание мелководной зоны в восточной части Керченского пролива и прилегающего к ней Таманского залива, что также уменьшит водообмен в последнем.

Наличие дамбы приведет к изменению гидрохимических показателей в Керченском проливе. Поступление черноморских вод в Таманский залив существенно сократится, и его гидрохимическая характеристика будет преимущественно определяться менее солеными азовскими водами, содержащими большее количество органических и минеральных

биогенных веществ, чем черноморские воды. При этом в воде залива следует ожидать повышения концентраций нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, аммонийного азота и фосфатов.

Поступление обогащенных взвешенными веществами азовских вод в северную часть Керченско-Таманского шельфа при ограниченном водообмене в этом районе приведет к повышению накопления в донных отложениях НП, фенолов, СПАВ, металлов. Создадутся условия, способствующие дефициту кислорода в придонных слоях воды и ускорению десорбции из донных отложений биогенных веществ.

Одним из последствий строительства дамбы следует признать возможность изменения условий функционирования биоценозов в этом районе, что, в свою очередь, может привести к определенным структурным изменениям экосистем проливной зоны.

Возведение дамбы может повлечь усиление эвтрофикации вод, поскольку поток биогенных веществ из Азовского моря в Черное превышает аналогичное поступление из Черного моря в Азовское (соединений азота – в 5 раз, фосфора – в 4.5 раза). Эвтрофикации будет способствовать также повышение весенне-летней температуры воды в Таманском заливе. Возможным следствием этих процессов может стать интенсивное цветение вод Таманского залива, при котором не исключено возникновение ситуаций, благоприятствующих в штилевую погоду развитию заморных явлений на значительных по площади акваториях.

В то же время дамба не сможет существенно повлиять на особенности миграции рыб из Черного моря в Азовское и обратно, так как ее возведение не приведет к нарушению традиционных миграционных путей основных промысловых видов рыб.

**Заключение.** Изложенные в данной работе основные особенности океанографического режима Керченского пролива и некоторые результаты исследований последних лет дают возможность выполнить предварительный качественный анализ возможных последствий антропогенного вмешательства в столь сложную и чувствительную морскую экосистему.

Один из главных выводов проведенного анализа: для оценки количественных показателей возможных экологических последствий, связанных со строительством дамбы в Тузлинской промоине, необходимо срочно провести комплексные геолого-геофизические, гидрологические, гидрохимические и гидробиологические натурные исследования на всей акватории Керченского пролива. Такие исследования должны иметь межведомственный и международный характер, с привлечением за-

интересованных компетентных мореведческих учреждений Украины и России, использованием современных технологий контактных измерений и дистанционного зондирования, методов химического и биологического анализа. Работы должны охватывать, по крайней мере, один полный годовой цикл измерений, сопровождаться постоянными гидрометеорологическими наблюдениями на береговых станциях и постах. Параллельно с натурными исследованиями необходимо выполнить всесторонние расчеты в рамках новейших численных моделей ветрового волнения, циркуляции и уровня воды, транспорта наносов, переноса ЗВ, эволюции экосистемы. Эти расчеты должны основываться как на архивных и вновь полученных данных натурных исследований, так и на реальных и гипотетических сценариях естественных внешних воздействий и антропогенного вмешательства в морскую экосистему.

1. *Альтман Э. Н., Агарков А. К.* Оценка возможных изменений гидрологического режима Керченского пролива при осуществлении его частичного перекрытия (засыпке прорана Тузлинской промоины) // Труды ГОИН. – 1980. – **153**. – С. 3 - 13.
2. *Болдырев В. Л.* Процессы отмирания аккумулятивных береговых форм на примере Керченского пролива // Труды ИО АН СССР. – 1958. – **8**. – С. 85 - 92.
3. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 3. Азовское море. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 217 с.
4. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. – Л.: Гидрометиздат, 1962. – 856 с.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 430 с.
6. *Ильин Ю. П., Клименко Н. П., Рябинин А. И.* и др. Техногенное загрязнение вод прибрежных

районов Черного и Азовского морей в период 1990 – 1999 гг. // Труды УкрНИГМИ. – 2000. – **248**. – С. 182 - 189.

7. *Ильин Ю. П., Липченко М. М., Дьяков Н. Н.* Водный баланс Азовского моря и потоки водообмена через Керченский пролив / Ломоносовские чтения» 2003 г. и Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2003»: мат. научн. конф. - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 22.

*Поступила 10 октября 2003 г.*

**Oceanographic conditions and ecological problems in the Kerch Strait. V. N. Eremeev, V. A. Ivanov, Yu. P. Ilyin.** Main features of the Kerch Strait oceanographical conditions are described, including wind waves, sea level fluctuations, currents system and water exchange, ice regime, chemical conditions, sediments transport. Present and probable ecological problems, related to the regulation of water exchange through the strait, are marked out. It gives a base for the preliminary qualitative analysis of possible consequences of anthropogenic impact in the complex marine ecosystem, specifically ecological consequences of dam construction near the Tuzla Island.

**Keywords:** ecosystem, the Kerch Strait, wind disturbance, sea level, currents, water exchange, ice, alluviums transport, eutrophication

**Океанографічні умови та екологічні проблеми Керченської протоки. В. М. Єремєєв, В. О. Іванов, Ю. П. Ільїн.** Викладені основні особливості океанографічного режиму Керченської протоки, у тому числі вітрового хвилювання, коливань рівня моря, системи течій та водообміну, льодового режиму, гідрохімічних умов, транспорту наносів. Виділені існуючі та потенційні екологічні проблеми, пов'язані із зарегулюванням водообміну через протоку. Це дає основу для попереднього якісного аналізу можливих наслідків антропогенного втручання у складну морську екосистему, зокрема – будівництва дамби у Тузлінській промоїні.

**Ключові слова:** екосистема, Керченська протока, вітрове хвилювання, рівень моря, течії, водообмін, льодовий режим, транспорт наносів, евтрофікація