

ПРОБЛЕМЫ
ЭКОЛОГИИ

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ
В ЭКОСИСТЕМЕ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

© 2019 г. Д.Я. Фашчук^{1,*}, А.С. Терентьев^{2,**}, С.К. Ковальчук^{3,***}, Н.В. Кучерук⁴

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Южный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, Керчь, Россия

³ГКУ Республики Крым "Противооползневое управление", Ялта, Россия

⁴Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*E-mail: fashchuk@mail.ru; **E-mail: iskander65@bk.ru;

***E-mail: sergey.kovalchuk.1951@mail.ru

Поступила в редакцию 18.07.2018 г.

Поступила после доработки 18.09.2018 г.

Принята к публикации 30.10.2018 г.

На основе анализа литературных источников 1934 и 1955 гг., архивных данных полевых гидробиологических исследований Южного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО, Керчь) 1986 и 1989 гг., результатов совместной российско-украинской бентосной съёмки Керченского пролива (47 станций), выполненной Институтом географии РАН и ЮгНИРО летом 2010 г., исследованы распределение, структура и динамика донных сообществ макрозообентоса Керченского пролива. Выявлено, что за последние 75 лет в экосистеме пролива деградировали популяции двустворчатых моллюсков фильтраторов – сестонофагов – и получили развитие популяции полихет – собирателей детритофагов, предпочитающих илистые грунты. Выделены виды донных животных и районы пролива, в которых произошли максимальные изменения. После анализа динамики структуры донных осадков пролива по архивным данным ЮгНИРО и результатам водолазной съёмки Института географии РАН 2008 г. (49 погружений) доказано, что одной из причин установленных трансформаций стало заиление значительной части дна пролива в результате предыдущей (захоронение грунтов дноуглубления, 1960–1990 гг.) и современной (строительство Тузлинской дамбы, 2003 г.) хозяйственной деятельности. Поскольку характер зафиксированных трансформаций не позволяет полагать указанные причины единственными, авторы рассматривают разные гипотезы, объясняющие механизм этих изменений. Делается вывод о необходимости дальнейшего исследования геоэкологической динамики экосистемы Керченского пролива, особенно сегодня – после строительства Крымского моста.

Ключевые слова: Чёрное море, Керченский пролив, макрозообентос, ареал, популяция, деградация, фильтраторы-сестонофаги, собиратели-детритофаги, осадки, заиление.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873892166-171>

Первые исследования структуры и состояния популяций макрозообентоса Керченского пролива начались в середине 1930-х годов и позволили выделить в проливе 9 бентосных сообществ [1]. В 1955 г. при исследовании донных со-

обществ пролива было установлено, что площадь биоценоза мидий *Mytilus* – *Mytilaster* – *Balanus improvisus* значительно сократилась за счёт интенсивного развития биоценоза *Cerastoderma (Cardium)* – *Ampelisca* – *Corophium*. Исчез биоценоз *Mytilus* – *Asciidiella* и большая часть биоценоза *Cardium edule* – *Policheta*, на их месте возник биоценоз *Nephtys* – *Oligocheta*. В работе К.Н. Несиса причиной зафиксированных изменений называлось осолонение Азовского моря в результате зарегулирования стока реки Дон [2].

Гидробиологические работы в Керченском проливе были продолжены только в 1986 г., и тогда

ФАЩУК Дмитрий Яковлевич – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ИГ РАН. ТЕРЕНТЬЕВ Александр Сергеевич – старший научный сотрудник ЮгНИРО. КОВАЛЬЧУК Сергей Константинович – ведущий геолог ГКУ "Противооползневое управление". КУЧЕРУК Никита Виленович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ИО РАН.

сотрудники Южного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО) обнаружили в донном сообществе пролива 71 вид бентосных животных. Средняя биомасса бентосных организмов составляла 431 г/м², а численность – 386 экз/м². В течение последующих 25 лет крупномасштабных гидробиологических исследований в Керченском проливе не проводилось. Только в отдельные годы сотрудники ЮгНИРО эпизодически отбирали бентосные пробы (по одной пробе ручным дночерпателем) на локальных (8–10 станций) полигонах пролива, подверженных интенсивному антропогенному воздействию (Керченская бухта, южное устье) [3].

В ноябре 2007 г. произошла катастрофа танкера "Волгонефть-139", приведшая к разливу около 1500 т мазута в Керченском проливе. Полевые исследования, проведённые Институтом географии (ИГ) РАН и Институтом океанологии (ИО) РАН в 2008–2009 гг. [4–6], а также анализ литературных данных аналогичных экспедиций более чем 10 ведомств России и Украины [7] позволили заключить, что уже к августу 2008 г. пролив полностью очистился от вызванных аварией загрязнений. Однако во время полевых работ ИО РАН были обнаружены признаки наличия в исследуемом районе постоянного, не связанного с разливом мазута техногенного загрязнения донных осадков [8]. Этот факт стал основанием для проведения ИГ РАН летом 2008 и 2010 г. полевых работ на акватории пролива с целью оценки современного состояния и возможных трансформаций биоценозов бентосных организмов под влиянием проанализированных ранее антропогенных факторов [9].

В июне–июле 2010 г. ИГ РАН совместно с ЮгНИРО и при методическом участии ИО РАН провёл бентосную съёмку (47 станций) пролива по схеме 1986 г. (рис. 1). На каждой станции ручным дночерпателем Петерсена (площадь 0,025 м²) отбиралось по 4 пробы грунта для сопоставимости с данными 1986 г. Проба промывалась через сито с газом № 23. Камеральная обработка выполнялась по общепринятым методикам. Для исследования причин трансформации донных сообществ анализировались ретроспективные литературные данные по геологии Керченского пролива [10]. Кроме того, изучались материалы, полученные в ходе уже упоминавшихся геологических съёмок пролива сотрудниками ЮгНИРО в 1986 и 1990 гг., а также при водолазном обследовании (49 погружений через 1 милю) дна Керченского пролива после катастрофы танкера "Волгонефть-139", которое ИГ РАН провёл совместно с Государственным казённым учреждением Республики Крым "Противопожарное управление" в августе 2008 г. Гранулометрический состав проб грунта, отобранных в 2008 г., определялся

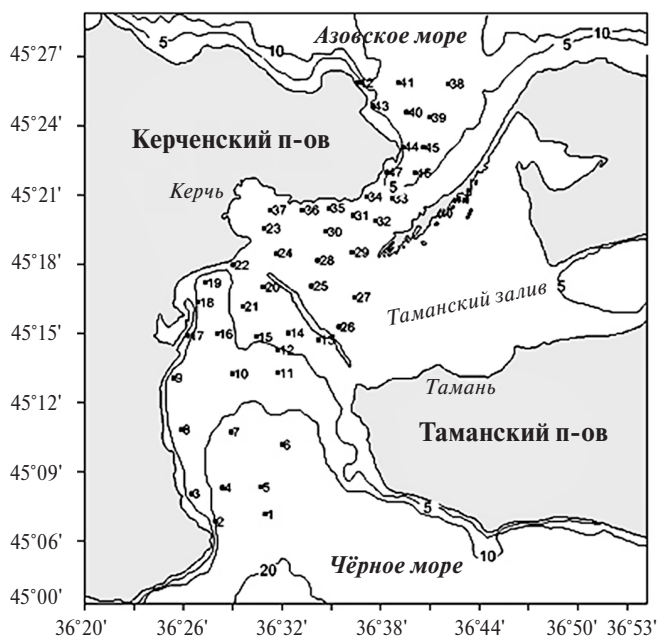


Рис. 1. Схема 47 станций совместной российско-украинской бентосной съёмки Керченского пролива, лето 2010 г.

в аналитической лаборатории ИО РАН сотрудниками минералого-петрографической группы А.Н. Рудяковой и В.П. Казаковой.

Число видов гидробионтов, обнаруженных в 2010 г. в донном сообществе Керченского пролива, составило 73, тогда как в 1986 г. удалось выявить 71 вид. Средняя биомасса организмов составила 197,6 г/м², численность – 613,7 экз/м². В видовом составе донных организмов за 25 лет сократилась доля двустворчатых моллюсков с 32 до 21%, а доля брюхоногих моллюсков и ракообразных, наоборот, возросла с 7 до 16% и с 18 до 24% соответственно. Вклад остальных видов практически не изменился.

В сообществах макрозообентоса пролива с 1986 по 2010 г. произошло существенное перераспределение видов (таблица, рис. 2) [11]. Десять видов донных организмов, встречаемость которых в 1986 г. достигала 30–54%, в 2010 г. в проливе вообще не были обнаружены. Это 6 видов двустворчатых моллюсков, 2 вида полихет, 1 вид кишечнополостных, 1 вид ракообразных. Ареалы 12 видов макрозообентоса – 6 видов двустворчатых моллюсков, 3 видов брюхоногих моллюсков, одного вида ракообразных, одного вида полихет и одного вида асцидий – сократились, их встречаемость снизилась с 20–70 до 2–4% и с 40–80 до 20–40% (см. табл.). Ареалы 8 видов бентосных организмов, наоборот, расширились: встречаемость 4 видов двустворчатых моллюсков, 2 видов полихет и одного вида ракообразных увеличилась с 1–9% до 10–47%.

Встречаемость (%) и биомасса (г/м²) отдельных представителей макрозообентоса (д – двустворчатые моллюски, б – брюхоногие моллюски, п – полихеты, к – кишечнополостные, р – ракообразные) Керченского пролива в 1986 и 2010 гг.

Вид	1986		2010	
	%	г/м ²	%	г/м ²
Не обнаружены в 2010 г.				
<i>Modiolus adriaticus</i> (д)	47	45,0	—	—
<i>Polittapes aurea</i> (д)	53	18,4	—	—
<i>Gouldia minima</i> (д)	29	1,17	—	—
<i>Flexopecten ponticus</i> (д)	20	9,4	—	—
<i>Gastrana fragilis</i> (д)	22	4,3	—	—
<i>Acanthocardia paucicostata</i> (д)	17	1,23	—	—
<i>Pectinaria koreni</i> (п)	34	0,65	—	—
<i>Terebellides stroemi</i> (п)	26	1,85	—	—
<i>Actinia equina</i> (к)	30	0,75	—	—
<i>Callianassa pestai</i> (р)	17	2,8	—	—
Деградировали за 25 лет				
<i>Chamelea gallina</i> (д)	80	65,7	19,6	0,36
<i>Cerastoderma glaucum</i> (д)	50	75,0	37,0	9,0
<i>Pitar rudis</i> (д)	58	16,8	13,0	0,11
<i>Abra nitida</i> (д)	48	0,96	4,4	0,04
<i>Mytilaster lineatus</i> (д)	43	7,7	23,9	20,95
<i>Spisula subtruncata</i> (д)	17	0,72	2,2	0,02
<i>Tritia reticulata</i> (б)	70	7,2	4,3	0,23
<i>Calyptraea chinensis</i> (б)	47	0,62	4,4	0,01
<i>Nana donovani</i> (б)	22	0,67	2,2	0,02
<i>Nephtys hombergii</i> (п)	60	0,65	43,5	1,0
<i>Diogenes pugilator</i> (р)	28	0,31	6,5	0,35
<i>Ctenicella appendiculata</i> (а)	17	12,5	4,4	0,13
Прогрессировали за 25 лет				
<i>Mellina palmata</i> (п)	55	13,3	65,2	3,1
<i>Balanus improvisus</i> (р)	2	0,1	47,8	3,2
<i>Nereis succinea</i> (п)	6	0,17	43,5	0,43
<i>Abra ovata</i> (д)	5	0,67	23,9	1,35
<i>Cunearca cornea</i> (д)	9	3,7	21,8	23,72
<i>Nereis diversicolor</i> (п)	1	0,005	17,4	0,27
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (д)	5	85	13,0	131,5
<i>Parvicardium exiguum</i> (д)	1	0,15	10,9	0,10
Появились в 2010 г.				
<i>Nana neritea</i> (б)	-	-	19,6	0,55
<i>Hydrobia acuta</i> (б)	-	-	13,0	0,01
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> (р)	-	-	17,4	0,004

В южной части пролива из 4 биоценозов, включавших в 1986 г. 6 сообществ макрозообентоса, в 2010 г. был обнаружен только один – биоценоз полихеты *Mellina palmata* (рис. 2 а). Её встречаемость по сравнению с 1986 г. увеличилась с 55 до 65,2%. При этом средняя биомасса сократилась в 4,5 раза – с 13,3 до 3,1 г/м². Биомасса и встречаемость основных биоценозобразующих видов двустворчатых моллюсков *Cerastoderma glaucum* и *Chamelea gallina* к 2010 г. сократились с 75 до 9 г/м² и с 50 до 37% для первого вида и с 65,7 до 0,36 г/м² и с 80 до 19,7% – для второго (рис. 2 б, в), а биоценоз двустворчатого моллюска *Modiolus adriaticus*, как и сам моллюск, полностью исчез из пролива (рис. 2 з).

По суммарным показателям, за последние 25 лет произошло 20-кратное снижение средней биомассы макрозообентоса (с 260 до 13 г/м²), при этом численность донных организмов возросла в 2 раза (с 430 до 880 экз/м²), а значит, средний вес особи уменьшился в 41 раз, её линейный размер – в 3,5 раза. В то же время число видов зообентоса на единицу площади дна пролива (α -разнообразие) и скорость прироста видов при увеличении площади (β -разнообразие) существенно возросли в 2010 г. по сравнению с 1986 г. (рис. 3).

Таким образом, практически на всей территории дна южной части пролива произошла деградация популяций (сокращение ареалов) бентосных организмов. При этом в зависимости от вида (особенностей экологии) районы максимальной деградации меняются. Это свидетельствует о существенной неоднозначности, а также пространственной неоднородности и изменчивости возможных механизмов отмеченных гидробиологических трансформаций.

Анализ современной динамики типов донных осадков Керченского пролива и их гранулометрического состава за последние 30 лет [12] позволил убедиться в том, что:

- за исследуемый период площади ракуши в южной части пролива сократились в 2–3 раза, а обширные участки дна вдоль крымского берега (от посёлка Аршинцево до м. Такиль), занятые в 1970-е годы песком, к 1986 г. практически исчезли, и к 2008 г. эта часть пролива уже была занята алевроитоглинистыми илами;

- в осадках западного побережья пролива доля пелита увеличилась с 10–30 до 30–50% с локальными максимумами в северном устье (95%), Керченской бухте (до 98%), посёлке Аршинцево (87%), посёлке Героевское (66%) (рис. 4).

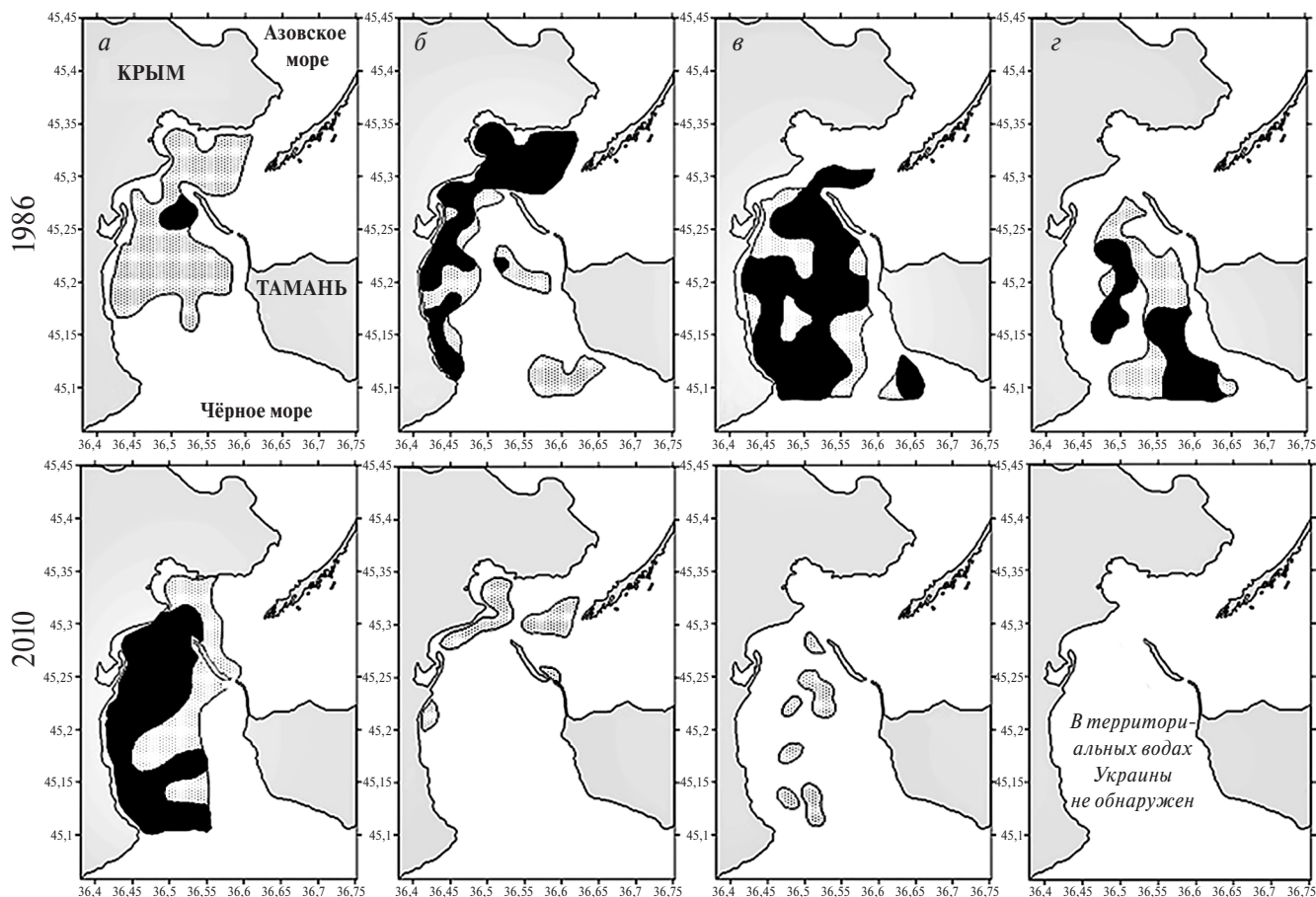


Рис. 2. География биоценозов (чёрный цвет) и ареалов обитания (штриховка) видов макрозообентоса, образующих биоценозы в Керченском проливе, 1986 и 2010 г.

а – *Mellina palmata*, б – *Cerastoderma glaucum*, в – *Chamelea gallina*, г – *Modiolus adriaticus*

Пространственная неоднородность максимальной динамики деградации популяций бентосных организмов (смена биоценозов, сокращение или развитие их ареалов) указывает на то, что геологический фактор может оказаться не единственной причиной отмеченных гидробиологических трансформаций, а значит, они нуждаются в дальнейшем изучении.

Продолжая исследования, мы оценили по литературным данным [13–15] экологические особенности массовых видов зообентоса, деградировавших в Керченском проливе к 2010 г., а также характер воздействия и диапазоны токсических (снижение биологических показателей на 50% за 2–4 суток) и пороговых (снижение биологических

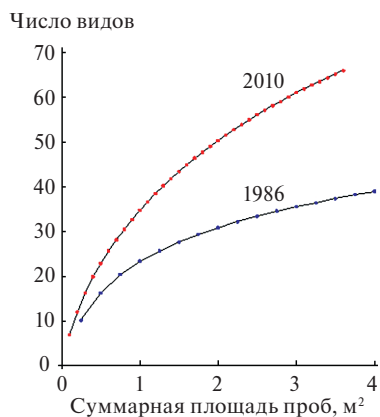


Рис. 3. Изменения в α - и β -разнообразии макрозообентоса Керченского пролива, 1986–2010 гг.

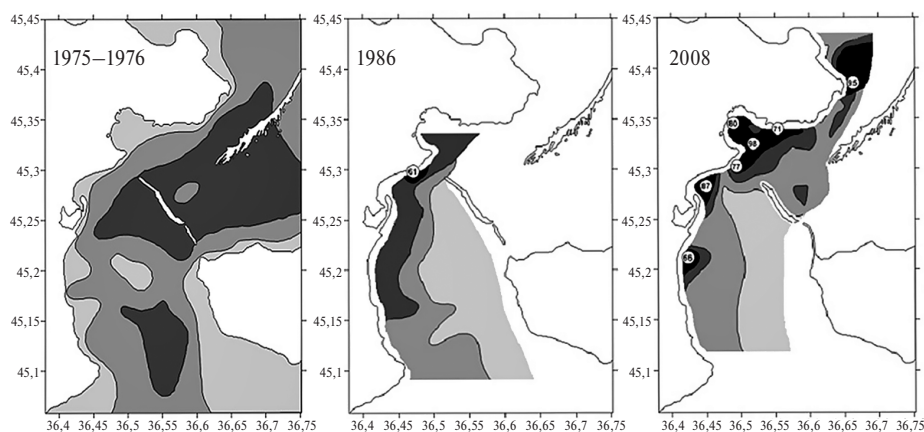


Рис. 4. Динамика распределения пелитовой фракции осадков Керченского пролива, % Светло-серый фон – <10, серый фон – 10–30, темно-серый фон – 30–50, чёрный фон – >50

и физиолого-биохимических показателей на 50% за период онтогенеза) концентраций различных токсикантов (нефтепродуктов, фенолов, тяжёлых металлов) для основных видов морских бентосных организмов, обнаруженных нами в проливе [16]. В результате проведённого анализа мы сформулировали несколько рабочих гипотез относительно причин сокращения ареалов и деградации популяций исследуемых видов зообентосных организмов в Керченском проливе. Трансформации могут быть вызваны:

- естественной цикличностью колебаний численности и биомассы в результате смены поколений, которая определяется продолжительностью жизни особей каждого вида (до 14 лет);
- уничтожением зообентосных организмов хищными желтелыми и рыбами на ранних стадиях развития — в период планктонного (личиночная форма) образа жизни;
- гибелью зообентосных организмов на ранних (личиночных) стадиях развития в результате химического загрязнения вод и разливов (плёнки) нефтепродуктов;
- уничтожением взрослых особей хищниками — брюхоногим моллюском *Rapana*;
- нарушением естественного процесса осадко-накопления в результате хозяйственной деятельности (дноуглубление и свалка грунтов, изменение водообмена через пролив и скорости размыва берегов), которое приводит к изменению гранулометрического состава грунтов (заиление дна или, наоборот, образование песчаных отмелей), а следовательно, и их пригодности для обитания зообентоса, а также способности накапливать токсичные загрязняющие вещества;
- изменением динамики вод пролива в результате строительства Тузлинской дамбы, образованием на его акватории застойных зон и, как следствие, снижением прозрачности вод, освещённости дна, ухудшением аэрации придонного слоя, а также аккумуляцией на локальных участках дна токсичных загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих пределы толерантности бентосных организмов.

Отсутствие многолетних регулярных наблюдений за состоянием биоценозов зообентоса в Керченском проливе не позволяет исследовать первую из предложенных гипотез — установить наличие цикличности в динамике их структуры, численности и биомассы организмов. Остальные отмеченные возможные причины геоэкологических трансформаций в Керченском проливе сегодня, после строительства Крымского моста, также ждут своих исследователей.

Таким образом, реализованные сотрудниками ИГ РАН, ИО РАН, ЮгНИРО и ГКУ "Противопожарное управление" исследования Керчен-

ского пролива позволили установить изменение видового состава его экосистемы. Как было показано, биоценозы моллюсков-фильтраторов (сестронофагов) заменяются биоценозами собирателей полихет (детритофагов), ареалы биоценозов моллюсков существенно сокращаются (вплоть до полного исчезновения), уменьшаются размер и вес отдельной особи и в результате — суммарная биомасса. Параллельно развивается процесс заиления дна пролива. Тем не менее зафиксированные геоэкологические трансформации однозначно не указывают на геологический фактор и хроническое загрязнение донных осадков как на единственные причины изменения компонент биотической части экосистемы пролива.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках Государственного заказа № 0148-2019-0007 "Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования".

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв В.П. Гидробиологический очерк Керченского пролива. Керчь: АзЧерНИРО, 1934.
2. Несис К.Н. Донные биоценозы Керченского пролива // Сборник работ студенческого научного общества Мосрыбвтуза, секция ихтиологии. 1957. Вып. 1. С. 3—11.
3. Литвиненко Н.М., Евченко О.В. Состояние донного сообщества в Керченском проливе за период 2005—2009 гг. // Труды ЮгНИРО. 2010. № 48. С. 9—15.
4. Фащук Д.Я. Эколого-географические последствия катастрофы танкера в Керченском проливе 11 ноября 2007 г. // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 1. С. 105—117.
5. Колучкина Г.А., Спиридонов В.А., Симакова У.В. и др. Изучение долговременных последствий катастрофического разлива мазута в Керченском проливе // Океанология. 2009. № 5. С. 798—800.
6. Петренко О.А., Авдеева Т.М., Себах Л.К. и др. Влияние техногенной катастрофы 11 ноября 2007 г. на состояние морской экосистемы Керченского пролива // Труды ЮгНИРО. 2009. № 47. С. 59—69.
7. Фащук Д.Я., Флинт М.В., Иванов А.А., Ткаченко Ю.Ю. Нефтяное загрязнение среды в Керченском проливе по результатам исследований 2007—2009 гг. // Известия РАН. Сер. географическая. 2010. № 4. С. 86—97.
8. Belyaev N.A., Kolyuchkina G.A., Shapovalova E.S., Sitakova U.V. Investigations of long-term effects of November 2007 Kerch straitblack oil spill // Proceedings of the ninth international conference on the Mediterranean coastal environment. 2009. V. 2. P. 1107—1112.

9. Фащук Д.Я., Петренко О.А. Керченский пролив – важнейшая транспортная артерия и рыбопромысловый район Азово-Черноморского бассейна // Юг России: экология, развитие. 2008. № 1. С. 15–22.
10. Шнюков Е.Ф., Алёнкин В.М., Путь А.Л. и др. Геология шельфа Украины. Керченский пролив. Киев: Наукова думка, 1981.
11. Фащук Д.Я., Флинт М.В., Кучерук Н.В. и др. География макрозообентоса Керченского пролива: динамика распределения, структуры и показателей развития // Известия РАН. Сер. географическая. 2012. № 3. С. 94–108.
12. Фащук Д.Я., Ковальчук С.К., Терентьев А.С. и др. Динамика прибрежной зоны Чёрного моря в Керченском проливе и её экологические последствия // Известия РАН. Сер. географическая. 2013. № 5. С. 125–138.
13. Воробьёв В.П. Бентос Азовского моря. Симферополь: Крымиздат, 1949.
14. Справочник по экологии морских двустворок. М.: Наука, 1966.
15. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1984.
16. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001.

PRESENT GEOECOLOGICAL TRANSFORMATIONS IN THE KERCH STRAIT ECOSYSTEM

© 2019 D.Ya. Fashchuk^{1,4,*}, A.S. Terentyev^{2,**}, S.K. Kovalchuk^{3,***}, N.V. Kucheruk⁴

¹*Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia*

²*Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Kerch, Russia*

³*Anti-Landslide management of Crimea, Yalta, Russia*

⁴*Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia*

**E-mail: fashchuk@mail.ru*

***E-mail: iskander65@bk.ru*

****E-mail: sergey.kovalchuk.1951@mail.ru*

Received: 18.07.2018

Revised version received: 18.09.2018

Accepted: 30.10.2018

This study examined the distribution, structure, and dynamics of bottom communities of macrozoobenthos in the Kerch Strait based on an analysis of literature sources from 1934 and 1955, archival data documenting hydrobiological field investigations of the Southern Research Institute of Marine Fishery and Oceanography (YugNIRO, Kerch) in 1986 and 1989, and results of the joint Russian-Ukrainian benthic survey of the Kerch Strait (47 stations) conducted by the Institute of Geography of RAS and YugNIRO in the summer of 2010. It was found that populations of filter-feeding bivalves in the strait ecosystem have degraded over the past 75 years, whereas populations of detritus-feeding polychaetes preferring muddy bottoms have become much more abundant. Researchers identified species of bottom animals and strait areas exhibiting maximum changes. An analysis of the dynamics of bottom sediment structure in the strait based on YugNIRO archival data and the results of a 2008 diving survey conducted by the Institute of Geography of RAS (49 divers) demonstrated that the observed transformations are associated with silting of a considerable part of the strait bottom as a result of both earlier and more recent economic activities, particularly the disposal of dredging grounds from 1960 to 1990 and the construction of the Tuzla Dam in 2003, respectively. However, the character of the fixed transformations does not enable us to identify the specified reasons as the sole causes of the changes; therefore, the authors also consider hypotheses explaining other mechanisms. The authors conclude that further research on geoeological dynamics of the Kerch Strait ecosystem is needed, particularly after the construction of the Crimean Bridge.

Keywords: Black Sea, Kerch Strait, macrozoobenthos, area, degradation populations filter-feeding, increase detritus feeding, sediment, silting.