

В.А.Иванов, Е.Е.Совга, Т.В.Хмара, В.В.Зима

*Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь*

## **ТЕРМОХАЛИННЫЙ РЕЖИМ АКВАТОРИИ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

На основе анализа базы данных Морского гидрофизического института за 70 лет по сезонной изменчивости термохалинного режима Каркинитского залива, а также современных экспедиционных данных, несмотря на ограниченное количество станций, показано соответствие наблюдаемой современной сезонной изменчивости, ситуациям ее формирования по многолетним данным.

Дана оценка экологических последствий природопользования в Каркинитском заливе путем сравнения уровней поступления загрязняющих веществ с северного и южного побережий залива, для которых оценены уровни загрязнений пестицидами и хлорорганическими соединениями водного слоя и донных отложений. Рассматриваются современные экологические проблемы, связанные с изменением системы природопользования южного побережья залива в связи с прекращением подачи днепровской воды на Крымский п-ов. Анализируются возможные динамические ситуации выноса загрязняющих веществ из акватории Каркинитского залива и пути их дальнейшего распространения по акватории Черного моря.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *термохалинный режим, экологические проблемы, уровни загрязнения, пути выноса загрязняющих веществ, Каркинитский залив*

doi: 10.22449/2413-5577-2018-3-22-33

Каркинитский залив – район возрастающего антропогенного воздействия, акватория которого используется для сброса сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных на берегах залива, что существенно влияет на его экологическое состояние. Здесь находится самое крупное из освоенных месторождение газа на шельфе Черного моря – Голицынское, ведется добыча песка из Каланчакского месторождения в промышленных объемах. При этом он является уникальным природным водоемом, служащим основным местом обитания осетровых рыб в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). В акватории залива расположены охраняемые зоны: орнитологический филиал Крымского природного заповедника «Лебяжьи острова» и ландшафтно-рекреационный парк регионального значения, включающий Бакальскую косу, озеро Бакал и прибрежный аквальный комплекс, где сосредоточены ценнейшие бальнеологические ресурсы.

Протяженность Каркинитского залива с севера на юг, от Тендровской косы до м.Тарханкут, составляет 130 км, а с запада на восток – 140 км, глубина достигает 45 м. Северные берега Каркинитского залива проходят по Тендровской косе, о-ву Джарылгач и доходят до вершины залива, называемого Перекопским, южные берега занимают северо-западное побережье Крыма восточнее м.Тарханкут. Исходя из геоморфологической структуры, Каркинитский залив можно разделить на две части условной линией,

© В.А.Иванов, Е.Е.Совга, Т.В.Хмара, В.В.Зима, 2018

*Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. вып.3. С.22-33.*

ходящей по о-ву Джарылгач, мелководной Бакальской банке (глубина до 3 м) и Бакальской косе; западнее этой линии располагается основная часть залива, а восточнее – мелководная, которая имеет размеры с севера на юг – 44 км, с запада на восток – 83 км, глубина ее достигает 9 м.

Современное состояние акватории Каркинитского залива, его термохалинный режим определяются сезонной изменчивостью поступления в залив вод прилегающих областей моря. Условия поступления в Каркинитский залив распресненных вод северо-западного шельфа и соленых вод открытой части моря в существенной мере определяет динамика вод зоны залива, сопряженной с прилегающей областью открытой части моря. Динамика вод, в свою очередь, зависит от изменчивости поля ветра, положения и размеров антициклонических круговоротов в северо-западной части моря, влияющих на гидрологический режим днепровских и дунайских вод [1 – 5].

Влияние распресненных материковых вод распространяется на восток тем дальше, чем крупнее, интенсивнее антициклонические круговороты и чем дальше они расположены от западного берега СЗЧМ. Согласно [2], в большинстве случаев они почти полностью охватывали акваторию СЗЧМ и лишь в редкие годы не достигали Каркинитского залива. Масштабными или полными распреснениями морских вод залива считаются такие, которые охватывают не менее  $2/3$  площади основной части залива, локальными или частичными – более  $1/3$  площади, в виде пятен – области, имеющие размеры от одного до 40 км. Распресненные воды, поступающие с северо-запада или запада, перемещаются вдоль северных берегов на восток и достигают северо-западного побережья Крыма, где меняют свое направление на юго-западное. Достигая м.Тарханкут, эти воды, в зависимости от гидрометеорологических условий, могут полностью или частично захватываться Основным черноморским течением (ОЧТ) и уноситься на запад или, если в это время существует в заливе антициклоническая циркуляция, могут возвращаться снова в залив. Проникновение распресненных морских вод южнее м.Тарханкут происходит в определенные сезоны и месяцы [6]. Считается, что морские воды являются существенно распресненными, если их соленость  $S$  меньше 17 ‰, слабо распресненными при  $17 < S < 18$  ‰ и солеными (нераспресненными) при  $S > 18$  ‰.

По многолетним данным сотрудниками Морского гидрофизического института (МГИ) исследовалась сезонная и внутрисезонная изменчивость поступлений распресненных и соленых морских вод в Каркинитский залив. Обобщенные сведения о сезонных поступлениях распресненных и соленых морских вод в Каркинитский залив представлены в табл.1 [6].

При регистрации значительного распреснения вод залива наблюдалось и локальное поступление вод повышенной солености в придонный слой в юго-западной части залива, что резко усиливало стратификацию вод и фронтогенез в его западном и юго-западном районах. В зимний сезон обнаруживалось частое поступление в залив морских соленых вод ( $> 18$  ‰), которые осуществляют адвекцию тепла в западную, юго-западную и центральную части залива и поддерживают стратификацию температуры и солености вод в зимний период в большей части акватории залива.

Для оценок естественной вентиляции и самоочищения Каркинитского за-

Таблица 1. Сезонные распределения распресненных морских вод верхнего слоя (0 – 5 м) по занимаемым ими площадям на акватории Каркинитского залива [6].

распреснение морских вод	S, ‰	гидрологические сезоны			
		весна	лето	осень	зима
число и % масштабных (полных) распреснений	< 17	7 (12,7 %)	9 (18 %)	4 (7 %)	1 (3 %)
	< 18	8 (14,5 %)	11 (22 %)	6 (10,5 %)	5 (14,7 %)
число и % локальных (частичных) распреснений	< 17	4 (7,3 %)	8 (16 %)	7 (12,3 %)	2 (5,9 %)
	< 18	4 (7,3 %)	10 (20 %)	17 (29,8 %)	5 (14,7 %)
число и % распреснений в виде пятен	< 17	15 (27,3 %)	24 (48 %)	7 (12,3 %)	2 (5,9 %)
	< 18	28 (51 %)	28 (56 %)	27 (47,4 %)	7 (20,6 %)

лива в работе [6] по данным летних гидрологических съемок было определено время обновления верхнего слоя (10 – 16 м) вод залива при наблюдавшемся в период работ его масштабном распреснении. Это время оценивается в 11 – 14 сут.

Восточная часть Каркинитского залива, включающая в себя Джарылгачский залив, Джарылгачскую бухту и Перекопский залив, существенно выделяется своими особенностями от основной части залива. Определяющими особенностями, характеризующими термохалинную структуру, влияющими на нее и экономическое состояние восточной части Каркинитского залива, является ее мелководность (не глубже 12 м) и относительная замкнутость от основной части о-вом Джарылгач, Бакальской косой и мелководной Бакальской банкой, где глубина составляет около 3 м [7].

Проникновение вод из основной части залива в восточную мелководную (ВМЧКЗ) затруднено вследствие ее относительной закрытости. Воды в ВМЧКЗ могут поступать из основной части залива в узком интервале направлений ветров от западного до юго-западного и преимущественно через Бакальский пролив. Ограниченность числа экспериментальных данных для этой части залива не позволяет рассчитать повторяемость регистраций распресненных и соленых вод, чтобы сравнить с соответствующими данными для основной части залива. Однако имеющиеся сведения позволяют сказать, что во все сезоны в этой части залива присутствуют соленые ( $S > 18 ‰$ ) и слабо распресненные ( $17 ‰ < S < 18 ‰$ ) воды. Высокосоленые морские воды с  $S = 19,0 – 21,6 ‰$  наблюдаются в период с июня по октябрь и столь значительное их осолонение обусловлено преимущественно интенсивным испарением [8].

В ВМЧКЗ наблюдается большая и более интенсивная, по сравнению с основной частью залива, сезонная и внутрисезонная изменчивость термохалинной структуры. По данным [8], несмотря на относительную замкнутость ВМЧКЗ, с весны до осени в ней могут наблюдаться значительные распреснения вод. Существенную роль в проникновении в нее распресненных и соленых вод из основной части залива играет ветровой режим. В летне-осенний период возможны такие ветровые условия, когда проникновение вод в ВМЧКЗ не будет наблюдаться около двух месяцев.

Ввиду мелководности и относительной изолированности районов восточной части залива, они менее чем другие подвержены влиянию динами-

ческих процессов, протекающих в открытом море, что в полной мере относится и к ВМЧКЗ. Поэтому их воды быстро адаптируются к температуре воздуха своей акватории при минимальном влиянии на них вод основной части залива. Минимум температуры здесь достигается в январе. Дальнейшее понижение температуры вод в этом районе, несмотря на продолжающееся выхолаживание, в январе – феврале затормаживается ледообразованием.

Несмотря на замкнутость ВМЧКЗ, здесь могут наблюдаться существенные распреснения с весны до осени. Поэтому существуют вопросы: насколько часто в течение года, сезона может наблюдаться проникновение распресненных вод в ВМЧКЗ и бывают ли здесь распреснения зимой; как часто обновляются эти воды полностью или частично; сколько времени они могут находиться в ВМЧКЗ.

По распределению прозрачности вод (глубина видимости белого диска) можно также судить о состоянии вод Каркинитского залива. В [9] по прозрачности вод в заливе выделены следующие районы.

Наиболее подвержена влиянию распресненных вод из Днепровско-Бугского лимана и северо-западной части моря северная часть залива. Здесь воды имеют низкую прозрачность с высокой изменчивостью.

Центральный район меньшей степени подвержен влиянию распресненных вод из-за водообмена с северо-западным шельфом, поэтому здесь прозрачность в весенне-летний период, равная 13 м, была выше.

Мелководная восточная зона, имеющая очень ограниченный водообмен с северо-западным шельфом, удалена от влияния распресненных вод, здесь наиболее низкая прозрачность (весной 5,9 м; летом 5,3 м).

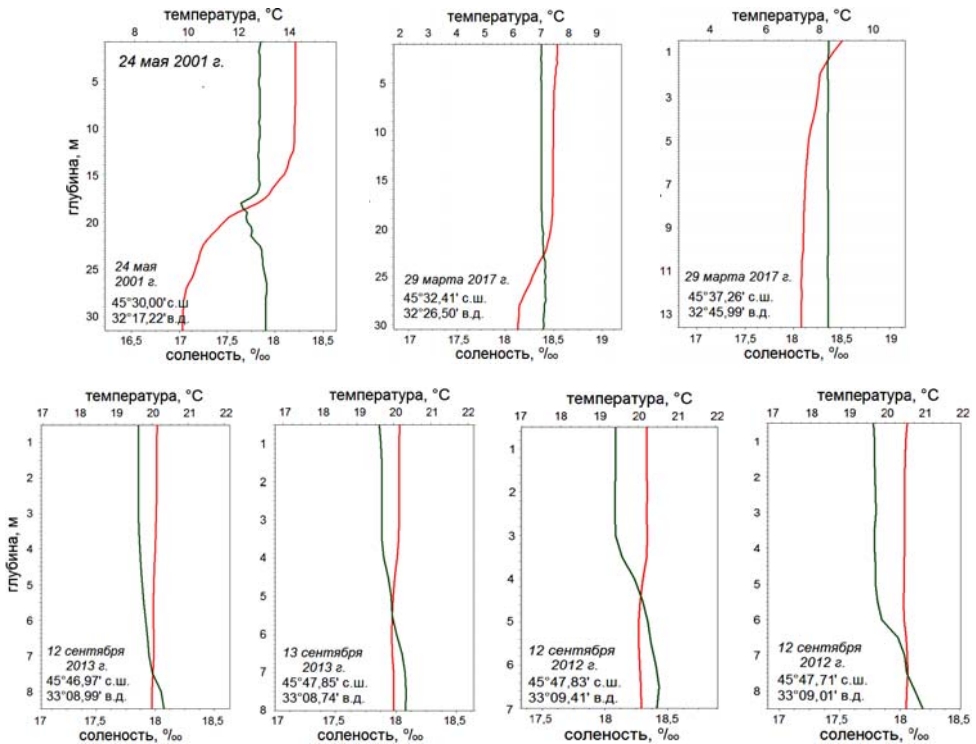
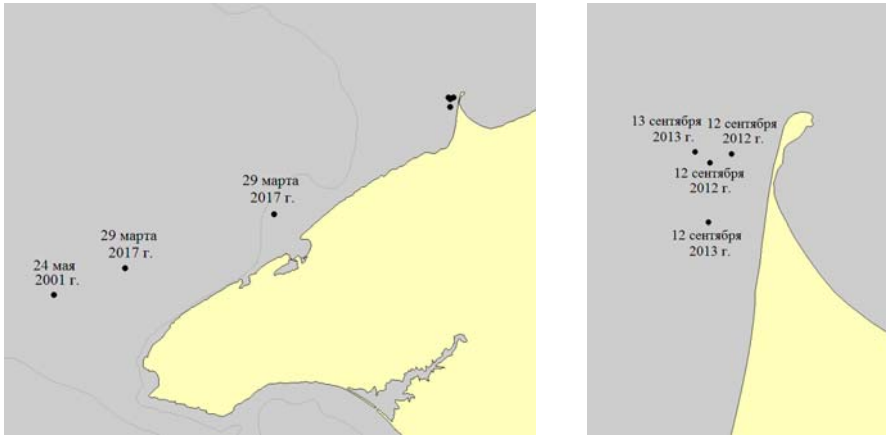
Максимальная сезонная прозрачность вод характерна для юго-западного района, имеющего постоянный водообмен с северо-западным шельфом и испытывающего слабое влияние распресненных вод.

**Экспедиционные данные о термохалинном режиме Каркинитского залива по результатам съемок в заливе в 2001, 2012, 2013 и 2017 гг.** В последнее десятилетие целенаправленные исследования акватории Каркинитского залива не проводились. В банке данных МГИ удалось найти несколько станций, выполненных в мае 2001 г. и в марте 2017 г. в южной прибрежной части залива, в сентябре 2012 г. и 2013 г. в районе Бакальской косы. Места отбора проб отмечены на рис.1.

Для объяснения полученных в последние годы результатов МГИ на предмет изменчивости термохалинной структуры вод залива, нами был осуществлен анализ базы данных МГИ по сезонной динамике термохалинной структуры вод Каркинитского залива за 70 лет, приведенной в [10].

Анализ многолетних данных МГИ показал, что в весенний гидрологический сезон из 55 съемок только на 26 наблюдалось распреснение вод залива различной интенсивности от масштабного распреснения всего залива до слабого локального распреснения в виде перемежающихся слоев до линз.

В летний гидрологический сезон в 29 съемках из 56 также наблюдалось распреснение вод залива, однако в отличие от весеннего в летний сезон одновременно наблюдалось поступление вод повышенной солености в придонный слой.



Р и с. 1. Схема станций отбора проб, выполненных в мае 2001 г. и в марте 2017 г. в южной прибрежной части залива, в сентябре 2012 г. и 2013 г. вблизи Бакальской косы, и соответствующие профили температуры (—) и солености (—).

Такая же ситуация характерна для осеннего гидрологического сезона. Однако количество съемок с наблюдениями распределения разной интенсивности резко уменьшается: 18 съемок из 57 при постоянном уменьшении масштабов распределения и одновременном увеличении объемов поступления вод с повышенной соленостью в придонные слои.

В зимний гидрологический сезон поступление распределенных вод в залив продолжало уменьшаться и наблюдалось только в 5 съемках, в то же время обнаружено более интенсивное поступление вод повышенной соле-

ности из 34 съемок поступление таких вод обнаружено в 30-ти съемках. Эти воды осуществляют адвекцию тепла и поддерживают стратификацию вод в зимний период на большей части акватории залива, включая его мелководную восточную часть.

В работе [11] приведена соответствующая информация по СЗЧМ за период 1990 – 2005 гг., включая акваторию Каркинитского залива. Авторы отмечают осолонение мелководной части залива только в марте, в этот же период наблюдалось увеличение концентрации фосфатов, увеличение содержания нитритов и нитратов наблюдалось только в январе, при этом увеличение содержания аммония отмечалось только весной.

Оценивая приведенные на рис.1 вертикальные профили термохалинной структуры вод Каркинитского залива, полученные в последние годы, следует отметить следующее.

Распреснения вод залива во все сезоны практически не наблюдается. При этом в мае 2001 г. повторилась ситуация, которая наблюдалась по базе данных МГИ весной 1963 и 1971 гг. Это локальное очень слабое распреснение в северо-западной части залива.

Станции, выполненные в сентябре 2012 и 2013 гг. в районе Бакальской косы, расположены на мелководье (глубины от 7 до 8,5 м). Здесь по вертикали температура практически не менялась (20 °С), соленость незначительно росла на глубине от 17,8 до 18,4 ‰.

В период зимней съемки (март 2017 г.) соленость по вертикали остается без изменений  $S = 18,3$  ‰ со снижением температуры с глубиной с 9 до 6 °С.

Таким образом, хотя данные МГИ за 2001, 2012, 2013, 2017 гг. по количеству выполненных съемок очень скудны, они фактически выполнены во все сезоны, обнаруженные особенности термохалинного режима вполне вписываются в отдельные ситуации базы многолетних данных МГИ за 70 лет, когда практически не наблюдалось ярко выраженного распреснения залива.

**Экологические последствия природопользования в заливе.** Если процессы водообмена в большей мере сказывались на особенностях термохалинной структуры вод залива, то хозяйственная деятельность на побережье определяла экологическую ситуацию акватории и отражалась на гидрохимическом режиме залива и его биологическом разнообразии.

В последние годы, наряду с интенсификацией использования биоресурсов залива, проводятся работы по добыче и поиску нефти и газа, а также сбрасываются в значительных объемах неочищенные промышленные и сельскохозяйственные воды преимущественно в мелководной восточной части залива. Непоправимый вред наносит подводная добыча песка, а также значительный урон промысловым запасам рыб и беспозвоночных причиняет браконьерство.

В МГИ проводились исследования уровня загрязненности вод как северного, так и южного побережий Каркинитского залива.

При исследовании дренажно-сбросных вод, поступающих в Каркинитский залив, были получены сравнительные данные о содержании биогенных элементов и пестицидов в дренажно-сбросных водах с рисовых и зерно-кормовых севооборотов.

Т а б л и ц а 2 . Объемы загрязняющих веществ, поступавших в Каркинитский залив (1991 – 1993 гг.) [12].

наименование загрязняющих веществ	источники загрязнений, количественные характеристики (т/год)					
	северное побережье залива (Херсонская область)				южное побережье (Крым)	общее количество по заливу
	в дренажных водах	в сбросных	в дренажно-сбросных	всего		
взвешенные вещества	930,0	1191,4	3159,9	5281,3	3411,0	8692,3
органические вещества	132,9	141,1	394,9	668,9	359,0	1027,9
минеральные вещества	140643,1	40380,8	2386,2	183409,1	140509,0	323918,1
кальций	8598,7	2199,6	17793,0	28591,3	27452,0	56043,3
магний	7379,9	2194,6	11736,6	21311,1	19277,0	40588,1
железо	2,2	1,9	23,7	27,8	35,2	63,0
хлориды	49941,9	14609,8	85316,3	149868,0	189500,0	339368,0
сульфаты	5645,0	3574,1	45065,6	54284,7	113780,0	167864,7
азот аммиачный	114,9	212,0	352,8	679,7	574,0	1253,7
азот нитратный	42,0	180,0	312,0	534,0	444,0	978,0
азот нитритный	12,0	33,0	39,0	84,0	21,0	105,0
фосфор (фосфаты)	10,8	32,4	312,0	355,2	227,5	582,7
СПАВ	2,0	5,7	26,8	34,5	Нет дан,	34,5
БПК	58,2	243,0	264,0	565,2	713,0	1278,2
калий + натрий	92080,7	5847,1	40927,7	138855,5	120638,0	259493,5
тяжелые металлы (Fe, Cu, Pb, Zn)	1,18	2,5	3,7	7,4	4,3	11,7

В табл.2 приведены объемы загрязняющих веществ, поступающих в Каркинитский залив с северного побережья (Херсонская область) и с Южного побережья (Крым) по данным работы [12].

Как следует из табл.2, объемы сбросов из северного побережья существенно выше, чем из побережья Крыма, особенно это относится к органическому веществу, взвесям, всем формам минерального азота и фосфора, тяжелым металлам. Более высокие объемы сбросов по южному побережью отмечены только для железа, хлоридов и сульфатов. Такая закономерность не наблюдается для северного и южного побережий по содержанию хлорорганических пестицидов. Как следствие, в поверхностных водах Каркинитского залива по сравнению с другими районами моря обнаруживаются наиболее высокие концентрации таких хлорируемых углеводов, как гамма-ГХЦГ, ПХБ, и 2 ДДТ [13].

Содержание хлорорганических пестицидов в дренажно-сбросных водах и в донных отложениях Каркинитского залива представлены в табл.3, из которой следует, что практически для всех приведенных пестицидов (кроме ДДТ для южного побережья) их содержание в воде значительно превышает содержание в донных отложениях. Это является признаком их незначительного выделения в донные отложения в результате плохой сорбции на взвесьях, а, значит, эти загрязняющие вещества могут переноситься на значительные расстояния от источника и причинять ущерб экосистеме не только в местах их непосредственного сброса.

Особую тревогу вызывает содержание хлорорганических пестицидов в дренажно-сбросных водах и в донных отложениях сбросных коллекторов, где, как показали исследования [14], осаждается только 50 % хлорорганических соединений, остальная часть выносятся в воды залива и представляет серьезную угрозу для его экосистемы. Кроме пестицидов, в воды залива попадают и неусвоенные растениями удобрения. Так, например, из общего количества азота, вносимого в почву, от 20 до 30 % попадает в поверхностные, 10 % – в подземные воды. С одного гектара дренажированных почв может вымываться 1,5 – 8,0 кг нитратного азота, до 3 кг фосфора, и 6 кг калия.

В результате выноса большого объема сбросных вод усиливаются процессы илообразования и происходит заиление прибрежной полосы шириной 50 – 100 м. В Каркинитском заливе площади с содержанием в осадках пели-

Таблица 3. Суммарное содержание хлорорганических пестицидов в дренажно-сбросных водах и в донных отложениях сбросных коллекторов в Каркинитском заливе [15].

Район сброса	северное побережье		южное побережье	
	вода, нг/л	осадки, нг/г	вода, нг/л	осадки, нг/г
ДДТ, ДДЕ	20 – 28	13 – 56	15 – 29	48 – 112
нитрофен	0,8 – 4,0	0,1 – 1,4	следы	1,0 – 1,8
пропанид	43 – 63	15 – 19	62 – 148	4 – 38
ГХЦГ, ГХБ	13 – 22	1,9 – 4,0	6 – 9	2 – 5
ХОС	223 – 311	124 – 143	437 – 729	145 – 334



товой фракции 30 – 50 % увеличились в шесть раз, а с содержанием более 50 % – почти в сто раз [15].

Поступающие в Каркинитский залив промышленные стоки и дренажно-сбросовые воды привели к изменению состава и свойств морской воды, практически исчерпав самоочищающие способности в восточной части залива и на его северном побережье (Джарылгачский и Перекопский заливы).

Результатом повышенного выноса в Каркинитский залив тонкодисперсного материала является кардинальные изменения свойств верхнего слоя донных отложений. Так, в вершине залива современные донные отложения представлены уплотнительными глинистыми отложениями с большим количеством органических осадков (мощность 0,15 – 0,85 м). Концентрация сульфидной серы 0,7 – 8 %,  $C_{орг}$  4 %, отложения характеризуются устойчивыми восстановительными условиями с концентрацией  $H_2S$  в поровых водах 5 – 8 мг/дм<sup>3</sup>. В замыкающих створах оросительных систем поверхностные воды загрязнены нитратами, соединениями фосфора, пестицидами с превышением ПДК в 1,5 – 3,0 раза.

В настоящее время происходит очередная перестройка биотопов мелководной части Каркинитского залива. Это связано как с прекращением подачи днепровской воды на полуостров, так и из-за разрушения Бакальской косы в результате нарушения технологии разработки подводного месторождения строительного песка в заливе.

В восточной, вершинной части залива расположена акватория, которая относится к природному заказнику регионального значения «Каркинитский залив» [16] (рис.2). В настоящее время ее экологическое состояние существенно нарушено из-за антропогенного влияния. В наименьшей степени этому влиянию подвержена обширная, но малоценная в кормовом отношении акватория орнитологического филиала Крымского природного заповедника, служащая только безопасным местом отдыха мигрирующих и линяющих водоплавающих птиц (лебедей, уток, лысух, поганок и др.). Главное отрицательное влияние связано с интенсивным землепользованием в пределах охранной зоны, не согласованным с интересами сохранения уникального места гнездования, линьки и пролета водоплавающих и болотных птиц

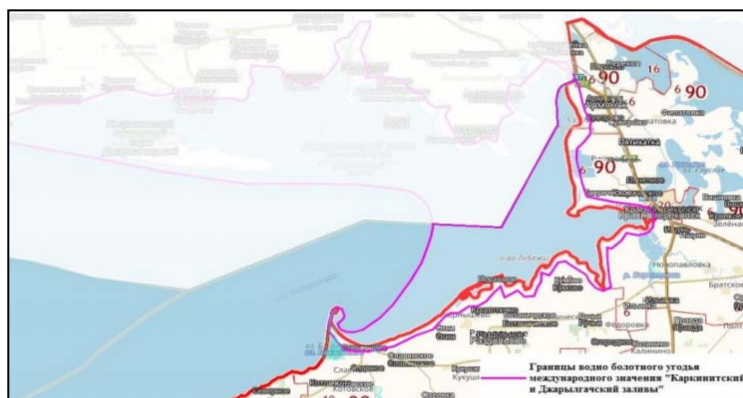


Рис. 2. Карта-схема природного заказника регионального значения «Каркинитский залив».

(расширенное строительство и эксплуатация рыбоводных прудов с большим количеством техники, выпас овец, активно функционирующая зона отдыха с пляжем и автокемпингом и т.п.). В охранной зоне не установлено никаких иных ограничений, кроме запрещения охоты. В существующих в заливе охранных зонах, где особенно необходимо предвидеть экологические последствия, допускаются виды деятельности, отрицательно влияющие на естественные экосистемы водно-болотного угодья.

Согласно данным работы [17] вынос загрязняющих веществ из Каркинитского залива осуществляется прибрежными течениями в двух направлениях: на северо-запад вдоль Тендровской косы и на юго-запад вдоль п-ва Тарханкут. В результате загрязненные воды залива попадают в акваторию Одесского залива и в Каламитский залив. Южнее мыса Херсонес часть вод юго-западного течения захватывается периодически формирующимися здесь глубокими антициклоническими вихрями и переносится ими к берегам Болгарии, остальные воды увлекаются ОЧТ.

Существует еще один механизм выноса антропогенных веществ из Каркинитского залива, связанный с процессом формирования в холодное время года тяжелых вод и их субдукционным распространением за пределами залива. В Каркинитском заливе соленость приповерхностного слоя вод обычно равна 18,0 – 18,2 ‰, в декабре  $S > 18,2$  ‰ на всей акватории залива. Интенсивное зимнее охлаждение приводит к развитию конвективной циркуляции, отток более плотных вод из вершины залива происходит в придонном слое. Покидают залив эти воды вблизи м.Тарханкут, с увеличением глубины моря их поток приобретает характер субдукции в промежуточном слое, а их термохалинные характеристики отвечают характеристикам холодного промежуточного слоя (ХПС). Следовательно, часть антропогенных загрязнений Каркинитского залива может попадать в ХПС Черного моря и перемещаться с водами этого слоя по всему морю [18].

**Заключение.** Исследуемая в работе акватория Каркинитского залива, кроме отмеченной по многолетним данным специфики формирования ее термохалинной структуры, является объектом активного природопользования со всеми вытекающими экологическими последствиями. Кроме того, как отмечено в работе, специфика переноса загрязняющих веществ из Каркинитского залива такова, что они могут переноситься с водами ХПС. Как первоочередные задачи при исследовании состояния акватории Каркинитского залива следует отметить следующие:

1. Постоянный контроль сезонной динамики термохалинной структуры вод залива и его мелководной восточной части и сравнение полученных результатов с базой данных МГИ за 70 лет.

2. Химический анализ донных отложений на содержание тяжелых металлов и других загрязняющих веществ мелководной восточной части залива с целью прогноза возникновения очагов вторичного загрязнения акватории (соответствующие лицензированные лаборатории имеются в МГИ). Использование современных методов математического моделирования для прогноза термохалинного режима залива при меняющихся антропогенных и природно-климатических воздействиях.

3. Использование дистанционных (спутниковых) методов исследований для оценки динамики береговой зоны, температурного и ледового режимов всей акватории Каркинитского залива с учетом приграничных акваторий (постоянно пополняющаяся база спутниковых снимков отдела дистанционных методов исследования МГИ).

4. Постоянный контроль уровней загрязнения ВМЧКЗ в условиях перекрытия Северо-Крымского канала и изменения системы природопользования на южном побережье Каркинитского залива.

Авторы благодарят с.н.с. отдела взаимодействия атмосферы и океана Морского гидрофизического института РАН Кукушкина А.С. за предоставленную архивную информацию по термохалинному режиму и прозрачности вод Каркинитского залива за 70 лет.

Работа выполнена в рамках темы 0827-2018-004 «Прибрежные исследования».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков В.С.* Трансформация речных вод в Черном море.– Киев: Наукова думка, 1970.– 328 с.
2. *Новицкий В.П.* Влияние динамики вод на характер распределения океанографических показателей биологической продуктивности и морских организмов в северо-западной части Черного моря // *Океанографические исследования в Черном море.*– Тр. АзЧерНИРО.– 1968.– вып.27.– С.3-17.
3. *Пухтяр Л.Д., Ильин Ю.П., Белокопытов В.Н.* Сезонная и пространственная изменчивость термохалинной структуры вод Каркинитского залива // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– 2003.– вып.8.– С.48-63.
4. *Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Голубева З.А.* Климатические поля солености и температуры воды Черного моря.– Севастополь: СО ГОИН, 1987.– 110 с.
5. *Гертман И.Ф., Голубева З.А.* Моделирование реакции термохалинной структуры вод Черного моря на альтернативные тенденции стока рек // *Труды ГОИН.*– 1988.– вып.189.– С.26-38.
6. *Пухтяр Л.Д.* Сезонные распределения и осолонения вод Каркинитского залива // *Морской гидрофизический журнал.*– 2007.– № 4.– С.24-39.
7. *Зенкович В.П.* Берега Черного и Азовского морей.– М.: ГИГЛ, 1958.– 373 с.
8. *Пухтяр Л.Д.* Исследование сезонной изменчивости термохалинной структуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– 2005.– вып.12.– С.95-107.
9. *Кукушкин А.С.* Изменчивость распределения прозрачности вод Каркинитского залива // *Морской гидрофизический журнал.*– 2009.– № 2.– С.67-79.
10. *Карнаушенко Н.Н., Кукушкин А.С., Шугаев А.В.* Электронная версия атласа «Структура вод Каркинитского залива» // *Системы контроля окружающей среды.*– Севастополь, 2006.– С.238-240.
11. *Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Довідковий посібник.*– Київ: УкрНЦЕМ, 2008.– 616 с.

12. *Беляев В.И., Дорогунцов С.И., Совга Е.Е., Николаенко Т.С.* Оценка уровня антропогенных нагрузок на прибрежные зоны и экотоны Черноморского побережья Украины // Морской гидрофизический журнал.– 2001.– № 1.– С.55-63.
13. *Орлова И.Г.* Хлорируемые углеводороды в экосистеме Черного моря // Научные труды УкрНЦЭМ. Вып.1. Исследования экосистемы Черного моря.– Одесса: УкрНЦЭМ, 1994.– С.36-46.
14. *Совга Е.Е., Пасынков А.А., Андреева О.А.* Экологическое состояние прибрежно-морских районов Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2011.– вып.25, т.1.– С.169-180.
15. *Спиридонов В.А.* Антропогенная седиментация в Черном море и ее влияние на донные биоценозы // Всесоюзная конф. «Социально-экологические проблемы Черного моря».– Керчь, 1991.– С.28-30.
16. *Морские охраняемые акватории Крыма.* Научный справочник / Под ред. Н.А.Мильчаковой.– Симферополь: Н. Ореанда, 2015.– 312 с.
17. *Oquz T., Latun V.S., Latif M.A., Vladimirov V.V., Sur H.I., Markov A.A., Ozsoy E., Kotovshchikov B.B., Eremeev V.N., Unluata U.* Circulation in the surface and intermediate, layers of the Black Sea // Deep-Sea Research. I.– 1993.– v.40, № 8.– P.1597-1612.
18. *Еремеев В.Н., Латун В.С., Совга Е.Е.* Влияние антропогенных загрязнителей и путей их переноса на экологическую обстановку в северо-западном районе Черного моря // Морской гидрофизический журнал.– 2001.– № 5.– С.41-55.

Материал поступил в редакцию 01.08 2018 г.  
После доработки 27.08 2018 г.

V. A. Ivanov, E. E. Sovga, T. V. Khmara, V. V. Zima

#### THERMOCHALINE REGIME OF THE KARKINITE BAY AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF NATURE MANAGEMENT

Analyzing the database of the Marine Hydrophysical Institute for 70 years on the seasonal variability of the thermohaline regime of the Karkinitzky Bay, as well as modern expedition data, despite the limited number of stations, the correspondence of observed modern seasonal variability to conditions of its formation according to long-term data is shown.

The environmental impact of nature management in the Karkinitzky Bay is estimated by comparing the levels of pollutant intake from the northern and southern coasts of the Bay, for which the levels of contamination with pesticides and chlorine organic compounds in water and bottom sediments are estimated. Modern environmental problems associated with the change in the nature management in the southern coast of the Bay are considered in connection with the termination of the Dnieper water to the Crimean Peninsula. Possible dynamic situations of pollutants transport from the Karkinitzky Bay and ways of their further distribution in the Black Sea are analyzed.

**KEYWORDS:** thermohaline regime, environmental problems, pollution levels, route of pollutant transport, the Karkinitzky Bay