

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ**

**Экологическая безопасность
прибрежной и шельфовой зон
и комплексное использование
ресурсов шельфа**

Сборник научных трудов

г. Севастополь

2 0 0 0

1. МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНОЙ И ШЕЛЬФОВОЙ ЗОН МОРЕЙ

УДК 911.6:551.465 :551.464(262.5)

Г.П.Гаркавая, Ю.И.Богатова,
Н.А.Берлинский, А.Ю.Гончаров

РАЙОНИРОВАНИЕ УКРАИНСКОГО СЕКТОРА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ (ПО ГИДРОФИЗИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ)

Рассматривается пространственная изменчивость гидрофизических и гидрохимических характеристик поверхностного слоя Украинского сектора северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) за период 1977 - 1997 гг. Построена унифицированная сетка станций и осреднены материалы гидрофизических и гидрохимических наблюдений для каждой станции за весь период исследований. Показано, что качество речного стока и его воздействие на СЗЧМ изменилось за счет природных и антропогенных факторов. На основе сравнительного анализа проведено детальное районирование Украинского сектора СЗЧМ. Представлены материалы средних значений гидрофизических и гидрохимических параметров для каждого района. Выделены следующие районы: Приустьевое взморье - Придунайский, Приднестровский и Приднепровско-Бугский (I); Междуречье Дунай - Днестр (II); Одесский (III); Приднестровско-Тендровский (IV); Заливы-Тендровский, Егорлыцкий, Джарьгалчакский и Каркинитский (V); Центральный (VI).

Украинский сектор Черного моря охватывает большую часть его северо-западного района. Оценка качества морской среды, испытывающей мощное антропогенное воздействие, выявление особенностей гидрологических и гидрохимических условий отдельных его регионов является одной из важнейших задач для определения мероприятий, способствующих улучшению экологической обстановки. Такая информация необходима при формировании экономических программ по рациональному использованию ресурсов моря. Вопросам районирования северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) по особенностям гидрологических характеристик водных масс была посвящена работа В.С.Большакова [1], где были выделены речные (лиманские), поверхностные и придонные воды массы. В другой работе В.С.Большакова [2] проведено подробное деление водных масс СЗЧМ с учетом влияния речных вод. Вопросам гидробиологического районирования были посвящены работы П.И.Усачева [3], А.И.Иванова [4], Л.Г.Коваль [5]. Районированию СЗЧМ были посвящены исследования по донным ландшафтам Ю.Г.Моргунова с соавторами [6], по структурно-геологическому районированию О.Е.Фесюнова [7]. В работе Ю.П.Зайцева [8] представлено эколого-географическое районирование всего Украинского шельфа Черного моря с учетом биопродукционных характеристик каждого района. Автор выделил 6 секторов: Западный (I), Каркинитский (II), Центральный (III),

Каламитский (IV), Южно-Крымский (V) и Восточный (VI).

В настоящей работе представлено более детальное районирование поверхностного слоя СЗЧМ с учетом особенностей распределения гидрофизических и гидрохимических параметров, присущих отдельным его районам. Это обусловлено тем, что качество речного стока и его влияние на СЗЧМ за последние десятилетия изменились как за счет природных, так и антропогенных факторов. Деформация годографов рек Днестра, Днепра и Буга, в связи с полной зарегулированностью, привела к изменению их влияния на гидролого-гидрохимический режим СЗЧМ. Строительство гидротехнических сооружений в верхней и средней части Дуная также привело к частичному зарегулированию стока Дуная и ведет к снижению скорости течений в низовье, что способствует заилению и перераспределению стока по рукавам[9]. Эти процессы отразились на формировании гидролого-гидрохимических условий как дельтовой области, так и взморья Дуная [10, 11]. Таким образом, представленные материалы для районирования СЗЧМ охватывают период от наиболее интенсивного развития антропогенного эвтрофирования до некоторого его уменьшения и стабилизации гидрохимических условий в отдельных районах СЗЧМ. Это связано с уменьшением антропогенного пресса и многолетними климатическими изменениями (колебание речного стока, атмосферные осадки).

Материал и методика. Для районирования Украинского сектора СЗЧМ были использованы многолетние материалы экспедиций Одесского филиала Института биологии южных морей за период 1977 - 1997 гг. Была построена унифицированная сетка станций за весь период исследований (рис.1). Результаты многолетних наблюдений по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам были осреднены для каждой станции. Проанализированы следующие показатели: прозрачность, цвет, соленость, кислород мг/л и процент насыщения, все формы фосфора, азота и кремний. Для расчета средних значений приустьевых районов были использованы станции со значениями солености не менее 5 ‰.

Пробы отбирались на стандартных для Черного моря горизонтах батометрами БМ-48 и типа *Нискин*. Для анализов пробы воды фильтровались через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Определения проводили по стандартным методикам [12 - 14]. Фосфаты определялись с аскорбиновой кислотой; азот аммонийный фенолят гипохлоритным методом; нитриты с реактивом Грисса; нитраты методом восстановления в редукторе с омедненным кадмием; кремний по желтому кремнемолибденовому комплексу; органические формы азота и фосфора сжигали в автоклаве с персульфатом калия. Анализы выполнялись в судовых лабораториях НИС «Миклухо-Маклай», «Мечников», «Ковалевский», «Спрут» с использованием следующих приборов: солемер ГМ-65, ФЭК-65, СФ-46, КФК-2, КФК-3.

Результаты исследований и их обсуждение. Речной сток в СЗЧМ (264 ± 3 км/год) составляет 80 % всего речного стока в Черное море и оказывает влияние на поверхностный слой моря. Трансформированная-речная вода поверхностного слоя составляет здесь 10 - 12 % по отношению к объ-

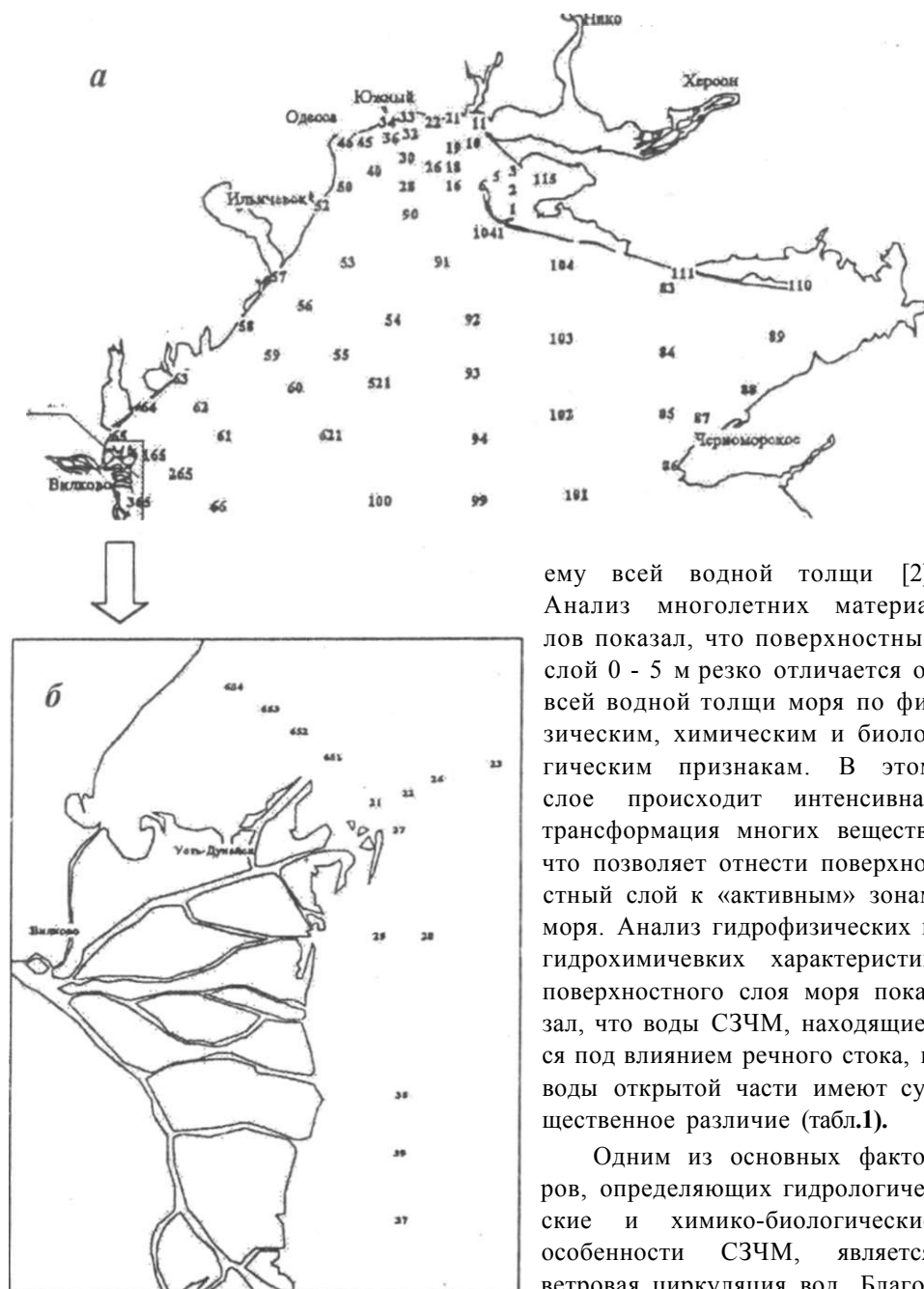


Рис. 1. Схема станций в СЗЧМ в 1977 - 1993 гг. (а) и в приустьевой области Дуная в 1977 - 1996 гг. (б).

ему всей водной толщи [2]. Анализ многолетних материалов показал, что поверхностный слой 0 - 5 м резко отличается от всей водной толщи моря по физическим, химическим и биологическим признакам. В этом слое происходит интенсивная трансформация многих веществ, что позволяет отнести поверхностный слой к «активным» зонам моря. Анализ гидрофизических и гидрохимических характеристик поверхностного слоя моря показал, что воды СЗЧМ, находящиеся под влиянием речного стока, и воды открытой части имеют существенное различие (табл.1).

Одним из основных факторов, определяющих гидрологические и химико-биологические особенности СЗЧМ, является ветровая циркуляция вод. Благоприятный режим циркуляции вод для выноса пресного стока Дуная из СЗЧМ устойчиво существует только в зимний период при ми-

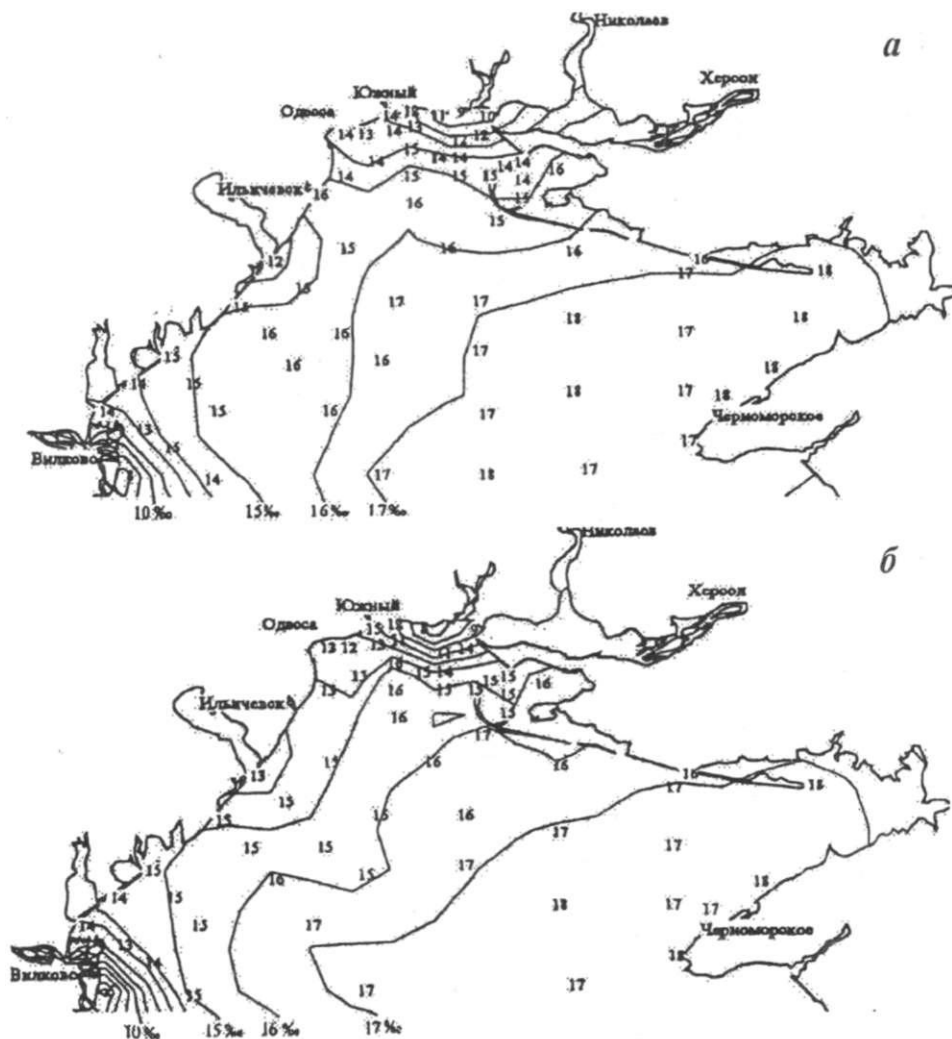
Таблица 1. Сравнительная характеристика гидрохимических показателей районов, находящихся под влиянием речного стока, и вод открытой части моря за период 1977 -1993 гг.

Диапазон солености	O ₂		pH	PO ₂	P _{орг.}	NH ₄	NO ₂	NO ₃	N _{орг.}	SiO ₃
	мг/л	% нас								
5 – 16 ‰	7,2	111,6	8,5	29,2	24,6	197,1	5,8	64,4	494,7	1236
16 – 18,7 ‰	6,5	100,8	8,4	18,0	15,8	148,6	2,7	18,4	364,1	918

нимальном стоке. В весенний и летний периоды режим циркуляции благоприятствует выносу пресных вод Дуная в СЗЧМ. Так же, как и в районе поступления вод Днестра и Днепра, воды Дуная попадают систему замкнутых круговоротов, образующихся в непосредственной близости от дельты [15]. Здесь создаются условия, наблюдаемые в районах влияния Днестра и Днепра. Поступая в море, речные воды, в зависимости от их объема и ветровой ситуации, трансформируются и растекаются по поверхности подстилающих соленых водных масс. Наиболее мощный слой трансформированных речных вод наблюдается в приустьевых зонах. Здесь он может занимать слой от поверхности до дна. Структура поля солености в поверхностном слое весной и в начале лета определяется горизонтальной адвекцией распресненных вод от устьев рек, в соответствии с основной вдоль береговой циркуляцией вод СЗЧМ. В конце лета и осенью возрастает роль горизонтальной турбулентной диффузии, приводящей к проникновению пресных вод в центральные районы моря [2]. По мере удаления от устья рек распресненный слой постепенно уменьшается, и в поверхностном слое центральной части СЗЧМ его влияние полностью сглаживается, исключая случаи мощных половодий и паводков. Зоной трансформированных речных вод в поверхностном слое СЗЧМ принято считать район (рис.2), ооконтуренный 16 ‰ изохалиной [16]. В многоводные годы эта зона занимает до 70 % площади СЗЧМ. В маловодные годы она сокращается до 20 - 30 %. Однако, даже в эти годы, как это наблюдалось в период весеннего половодья в апреле 1983 г., эта зона занимала до 50 % всего поверхностного слоя СЗЧМ с последующим уменьшением в летний и осенний периоды.

Одной из особенностей формирования гидрофизических и гидрохимических условий прибрежной зоны СЗЧМ является развитие сгонно-нагонных процессов в летний и осенний периоды. При сгонах происходит подъем и выход на поверхность холодных водных масс со значениями солености 17 - 18 ‰, содержанием кислорода 0,5 - 1,0 мл/л, следами сероводорода, содержанием биогенных веществ, близким к значениям в речном стоке. Как правило, это приводит к дополнительному эвтрофированию поверхностных вод.

Развитие процессов антропогенного эвтрофирования, которое связано с изменением обеспеченности моря биогенными веществами, привело к «цве-



Р и с. 2. Распределение солёности в поверхностном слое северо-западной части Чёрного моря за периоды 1977 - 1993 гг. (а) и 1987 - 1993 гг. (б).

тению» поверхностного слоя на обширных площадях моря, что отразилось на таких характеристиках, как прозрачность и цвет воды. Эти показатели являются интегральными и косвенно указывают на продуктивность выделенных районов. Они отражают связь между физико-географическими особенностями водоема и его режимом и позволяют выделять водные массы различного происхождения. Сопоставление многолетних данных 1948 - 1963 гг. [17] и 1977 - 1993 гг. показало, что предел колебаний величин прозрачности сохранился от 2 до 20 м. При этом, в период интенсивного антропогенного эвтрофирования (70 - 80-е гг.) в СЗЧМ отмечалась тенденция к увеличению площади моря с низкими величинами прозрачности. В последние годы (с начала 90-х гг. по настоящее время) наблюдается увеличение

Таблица 2. Содержание биогенных веществ (мг/л) в атмосферных осадках.

район	PO_4	$P_{орг.}$	$P_{вал.}$	NH_4	NO_2	NO_3	$N_{озр.}$	$N_{вал.}$	SiO_3
Черноморское побережье ¹	-	-	0,072	0,47	0,011	0,93	-	-	0,215
бассейн Днестра ²	0,106	-	-	1,25	-	0,6	0,400	2,55	-
СЗЧМ	0,161	0,055	0,255	1,767	0,023	0,752	0,245	2,78	1,6
бассейн Дуная	0,41	0,02	0,437	0,5	0,02	0,7	1,230	2,45	1,56
	0,1	0,04	0,14	2,4	0,02	0,8	2,820	0,604	1,56
	0,09	0,1	0,19	2,4	0,02	2,17	2,430	7,02	1,56
юг Украины ³	-	-	-	0,8-1,5	-	1,2	-	-	-

¹ Рождественский, 1979 [19]; ² Денисова, 1979; ³ Горев и др. [20], 1994 [21].

прозрачности воды как в СЗЧМ, так и во всем Черном море [18].

Немаловажную роль в увеличении содержания биогенных веществ в поверхностном слое играют и атмосферные осадки, концентрации биогенных веществ в которых близки к таковым в поверхностном стоке (табл.2). Это обусловило создание в поверхностном слое и накопление во всей водной толще моря растворенных и взвешенных органических веществ. При этом концентрация взвешенных веществ в поверхностном слое возросла с 0,5 - 2,0 до 1 - 25 мг/л, а в зонах «цветения» в летнее время до 150 мг/л. В районе влияния речного стока перманганатная окисляемость увеличилась с 0,5 - 5,0 до 10 - 14 мгО/л. Осаждение автохтонных и аллохтонных органических веществ в летний и осенний периоды в условиях устойчивой температурной и плотностной стратификации из поверхностного в придонный слой моря явилось причиной развития гипоксии и заморов. Таким образом, было установлено, что одним из факторов, приводящих к ухудшению гидрохимических условий придонного слоя моря, являются процессы, протекающие в поверхностном слое, подверженном влиянию эвтрофированного речного стока [22].

Помимо влияния речного стока и атмосферных осадков, на поверхностный слой моря оказывают влияние сбросы бытового и промышленного происхождения, поступающие в море на урбанизированных участках побережья. Как правило, при очистке сточных вод происходит перевод взвешенных форм азота и фосфора в растворенные - наиболее доступные для утилизации фитопланктоном и макрофитами.

Таким участком на северо-западном шельфе является район от п.Южный (Малый Аджалыкский лиман) до п.Ильичевск (Сухой лиман). Даже при условии сбросов в придонный слой на глубинах до 15 м происходит их подъем в поверхностный слой моря. Исследования в районе сброса бытовых вод г.Одессы и г.Ильичевска показали, что в поверхностном слое концентрации биогенных веществ были на порядок выше, чем на других участках прибрежной зоны моря. Концентрации фосфатов достигали 300 мкг/л, азота аммонийного 1500 мкг/л, нитратов 400 мкг/л.

На увеличение уровня биогенных веществ поверхностного слоя моря оказывают влияние и функционирующие свалки грунта, такие как Одесская и др. [23]. Существенное повышение содержания соединений азота и фосфора отмечается в районах сброса вод из Южно-Украинской (на юге Одесской обл.) [24] и Краснознаменской (на севере Крымского п-ва) оросительных систем в узкоприбрежную зону и заливы СЗЧМ [25].

Таким образом, в результате антропогенного воздействия в СЗЧМ произошло нарушение сбалансированной экосистемы за счет вовлечения химических элементов азота, фосфора и др. из техногенных потоков в природный круговорот этих веществ. Техногенные потоки, также как и речной сток, воздействуют, прежде всего, на поверхностный слой моря.

В связи с вышеперечисленными факторами районирование вод СЗЧМ проведено относительно поверхностного слоя моря, как наиболее сильно подверженного воздействию природных и антропогенных факторов. Учитывая, что ведущую роль в динамике гидрофизических и гидрохимических показателей в поверхностном слое СЗЧМ играет современный речной сток, его качественные и количественные характеристики, при районировании учитывались показатели изменяющиеся под его воздействием: прозрачность, цвет, соленость и биогенные вещества. Границы выделенных районов (рис.3) следует считать условными, они могут изменяться под воздействием, главным образом, природных факторов. В табл.3 и 4 представлены средние значения гидрофизических и гидрохимических показателей выделенных районов.

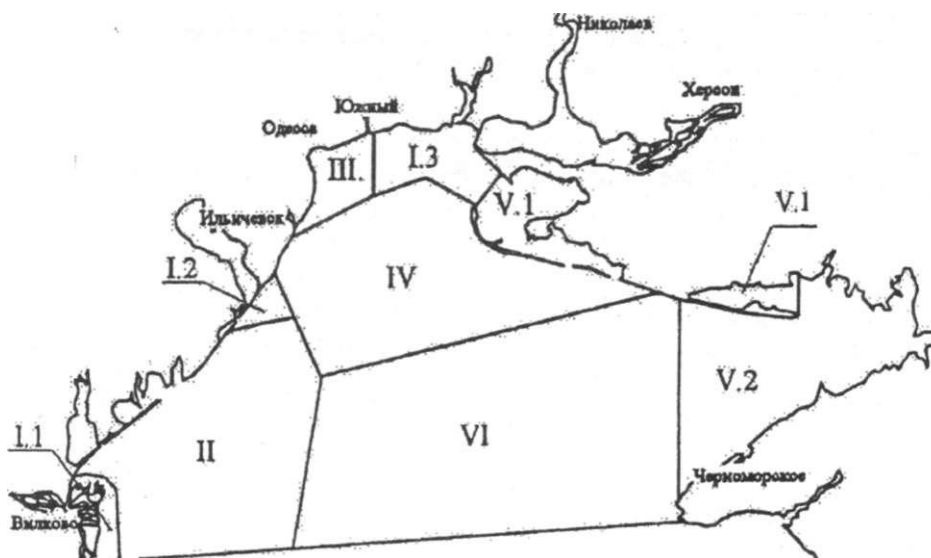


Рис. 3. Районирование северо-западной части Черного моря: 1.1. Придунайский район; 1.2. Приднестровский район; 1.3. Приднепровско-Бугский район; II. Междуречье Дунай - Днестр; III. Одесский район; IV. Приднестровско-Тендровский район; V.1. Тендровский и Егорльцкии; Джарьлгачский залив; V.2. Каркинитский залив; VI. Центральный район.

Таблица 3. Районирование северо-западной части Чёрного моря по гидрофизическим показателям.

районы СЗЧМ	соленость, ‰	прозрач- ность, м	цвет
I. Приустьевое взморье:			
1.1 Придунайский	8,2	1,7	XVII- XVIII
1.2 Приднестровский	12,4	2,2	XV - XVI
1.3 Приднепровско-Бугский	11,1	2,7	XV - XVI
II. Дунайско-Днестровское междуречье	14,7	3,6	XIV-- XV
III. Одесский	14,0	3,3	XIII -XIV
IV. Днестровско-Тендровский	14,8	4,7	XI- XII
V. Заливы:			
V.1. Егорлыцкий и Тендровский; Джарьлгачский	14,6	3,9	XIII-XIV
V.2. Каркинитский	17,6	6,5	X - XI
VI. Центральная часть	17,3	10,3	VII- VIII

I. Приустьевое взморье. В СЗЧМ выделяются три приустьевых района - Придунайский, Приднестровский и Приднепровско-Бугский, - для которых характерны максимальные значения биогенных веществ, поступающие сюда с речными водами. Однако в результате воздействия метеорологических, гидродинамических и гидрофизических факторов здесь происходит трансформация водных масс, приводящая к изменению концентраций биогенных веществ. В зонах взаимодействия речных и морских вод в диапазоне солености 2 - 6 ‰ осаждаются до 50 - 90 % твердого стока рек [26, 27]. Важную роль в динамике поступления биогенных веществ в море играли эстуарные зоны. Ранее, в результате физико-химических и биологических процессов, в Днепро-Бугском и Днестровском лиманах задерживалась значительная часть биогенного стока рек. В настоящий момент эти лиманы не играют роли биофильтра, а превратились в накопители минеральных, органических и загрязняющих веществ. Сброс этих веществ в приустьевые зоны моря приводит к ухудшению газового режима придонного слоя моря, к развитию негативных последствий в экосистеме. В районах впадения рек Днестра, Днепра с Бугом в течение всего года существуют слабые вихревые структуры, которые ограничивают водообмен с другими районами СЗЧМ [17]. Это приводит к развитию здесь застойных явлений с подавленной горизонтальной динамикой вод.

Изменилось качество воды и в Дунае, связанное как с уменьшением поступления биогенных веществ с водосборной площади, так и частичной потерей их за счет седиментационных процессов на водохранилищах в его средней части. Это привело к уменьшению количества взвешенных веществ, фосфатов, кремния, увеличению содержания кислорода и органических веществ в стоке Дуная [9, 28].

Таблица 4. Средние значения гидрохимических параметров районов северо-западной части Чёрного моря за период 1977 – 1993 гг. (1) и 1987 – 1993 гг. (2).

рай- оны	O ₂				pH		PO ₄		P _{орг.}		SiO ₃		NH ₄		NO ₂		NO ₃		N _{орг.}	
	мг/л		% нас.		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	2	1	2																
I.1*	7,1	9,4	102,7	98,0	8,4	8,6	85,9	16,0	35,0	15,0	1826	544	530,0	20,0	25,7	14,0	462,2	136,0	860,4	1789
I.2	6,8	6,4	105,7	99,4	8,4	8,4	41,0	33,5	22,8	19,9	1512	986	234,8	167,1	7,0	5,7	108,9	93,3	556,6	453,9
I.3	6,8	6,9	102,8	107,2	8,5	8,6	47,9	46,5	32,7	39,8	2016	1243	173,0	118,5	4,4	3,4	22,1	18,3	458,7	456,4
II	7,3	6,9	114,6	111,6	8,5	8,6	22,1	24,1	20,1	21,4	881	570	179,8	88,9	6,3	5,4	76,4	81,5	496,8	507,5
III	6,9	6,8	106,6	105,8	8,5	8,5	27,5	27,0	22,5	23,0	1310	705	213,9	84,0	3,8	2,8	16,0	11,4	412,9	452,7
IV	6,8	7,0	105,4	108,6	8,4	8,5	19,8	19,5	23,4	20,8	1140	523	204,8	52,2	2,2	1,4	15,2	12,5	418,2	412,7
V.1	6,6	5,6	101,0	104,0	8,4	8,3	27,5	9,6	25,9	24,0	1610	1093	85,1	34,4	3,4	1,9	17,6	21,6	403,3	563,6
V.2	5,9	5,6	100,4	98,5	8,4	8,3	7,6	10,5	11,0	10,9	798	473	93,7	14,6	1,2	1,4	9,0	4,8	344,8	352,3
VI	6,3	5,6	99,5	100,6	8,4	8,4	13,5	6,1	25,9	13,2	758	224	63,8	20,9	1,8	1,3	11,6	5,3	292,5	348,5
сред- нес	6,7	6,7	104,3	103,7	8,4	8,5	32,5	21,4	24,4	20,9	1317	707	197,7	66,7	6,2	4,1	82,1	42,7	471,6	593,0

* Данные (2) для I.1 включают период 1994 – 1997 гг.

1.1. Придунайский район включает в себя приустьевое взморье Дуная и представляет собой мелководье (10 - 15 м), которое принимает из Килийского гирла до 60 - 70 % всего стока Дуная. Для этого района СЗЧМ характерны наименьшие величины прозрачности и самые большие значения по шкале цветности, что указывает на наличие значительного количества взвешенного вещества. Характерной особенностью для этого района является потеря взвешенного и растворенного вещества и переход в донные отложения. Было установлено, что максимальная потеря биогенных веществ за счет сорбционных процессов и переход в донные отложения наблюдается весной в период половодья и составляет до 40 - 50 % для нитратов, фосфатов и кремния [10]. Несмотря на значительную мутность вод приустьевого взморья Дуная, в поверхностном слое активно протекают фотосинтетические процессы. В последние годы максимальные значения кислорода достигали 14,4 мг/л при 127 % насыщения. В этом районе СЗЧМ отмечаются максимальные величины биогенных веществ, пределы колебаний которых составляет: фосфаты 10 - 296 мкг/л, аммонийный азот 0 - 274 мкг/л, нитраты 4 - 1435 мкг/л, кремний 340 - 7000 мкг/л, азот органический 20 - 2700 мкг/л. Концентрации биогенных веществ в этом районе зависят от величины стока, сезона года и биологических процессов.

1.2. Приднестровский район находится под влиянием вод, поступающих из Днестровского лимана. По площади он минимальный из трех выделенных районов и ограничен изобатой 10 м. Распресняющее влияние речного стока здесь незначительно. Величина солености изменяется в пределах 5,1 - 17,9 ‰. Как правило, поток воды из Днестровского лимана распространяется в море на 1,5 - 2 мили. Значительная его часть уходит на юг вдоль побережья до Шаганской банки. Прозрачность воды здесь выше, чем в Придунайском районе и в среднем составляет 2,2 м при цветности XV - XVI. Несмотря на то, что концентрации биогенных веществ в период антропогенного эвтрофирования в Днестре и Дунае были близкими, их значения на устьевом взморье Днестра ниже. Это обусловлено почти постоянным «цветением» воды в поверхностном слое Днестровского лимана. Зарегулирование стока Днестра заметно уменьшило скорости течений как в реке, так и в лимане. В естественных условиях Днестровский лиман до 19 раз в году промывался речными водами. В современных условиях проточность снизилась до 16 раз [29]. Это привело к сокращению выноса в море минеральных и органических, взвешенных и растворенных веществ [30]. Пределы колебаний минеральных и органических веществ составляют для кислорода 67,6 - 137,7 % насыщения, фосфатов 0 - 300 мкг/л, аммонийного азота 13 - 800 мкг/л, нитратов 3 - 861 мкг/л, кремния 50 - 6450 мкг/л, азота органического 20-2160 мкг/л. Одной из особенностей этого района является выход на поверхность холодных придонных вод с низким содержанием кислорода, а иногда и следами сероводорода. Как правило, это наблюдается в летний и осенний периоды при сгонных ветрах, характерных для прибрежных районов СЗЧМ.

1.3. Приднепровско-Бугский район рассматривается несколько шире, чем приустьевая зона Днепро-Бугского лимана. На юго-востоке он ограничен Кинбурской косой; на западе - участком, прилегающим к Малому Аджалыкскому лиману; на юге — южными склонами Одесской банки. Зарегулирование стока Днепра привело к уменьшению площади моря, попадающей под его влияние. Значения солености здесь изменяются в пределах 5,1 - 17,9 ‰. В 50 - 60-е гг. волна половодья стока Днепра и Южного Буга достигала центральной части СЗЧМ - филофорного поля Зернова - и была существенным источником биогенных веществ в этом районе. В современный период роль этих рек в обогащении вод СЗЧМ значительно уменьшилась. В настоящий момент трансформированные воды из Днепро-Бугского лимана распространяются, в основном, в поверхностном слое на запад вдоль побережья и на юго-восток вдоль Кинбурской косы. Процессы, протекающие в Днепро-Бугском лимане, также как и в Днестровском, в значительной мере изменяют качество речных вод, которые поступают из лимана в море [31]. Прозрачность воды по сравнению с другими приустьевыми районами здесь выше. Содержание кислорода колеблется от 4,0 до 10,45 мг/л при 40 - 148 % насыщения. Характерными для этого района являются более низкие, чем в других, концентрации минеральных соединений азота и более высокие, чем в Приднестровском районе, концентрации фосфора и кремния. Пределы колебаний составляют: фосфаты 0-186 мкг/л, аммонийный азот 12 - 670 мкг/л, нитраты 0 - 224 мкг/л, кремний 147 - 8750 мкг/л, азот органический 30 - 2000 мкг/л.

II. Междуречье Дунай - Днестр. Район находится в зоне влияния трансформированных вод Дуная и Днестра с соленостью 55 - 17,0 ‰ и ограничивается изобатой 20 м. Кроме того, благодаря приповерхностной циркуляции водных масс, с севера сюда выносятся значительно трансформированные воды из Днепро-Бугского лимана и Одесского залива. Прозрачность здесь более высокая, чем в приустьевых районах, и достигает 3,6 м. Эта часть шельфовой зоны хорошо обеспечена биогенными веществами. Здесь в поверхностном слое уровень биогенных веществ редко снижается до нулевых значений. Содержание кислорода и процент его насыщения, величин *pH* достигают максимальных значений, наблюдаемых в СЗЧМ (16,5 мг/л при 280,5 % насыщения; *pH* 9,27). Как правило, участки моря, оконтуренные изохалинами 10 - 12 ‰ и 14 - 16 ‰, в весенне-летний период характеризуются в поверхностном слое наибольшими значениями кислорода и *pH*, что позволяет отнести эти зоны к наиболее активным участкам СЗЧМ. Здесь в зонах «цветения» зарегистрированы максимальные для Черного моря значения азота органического 11280 мг/л, фосфора органического 245 мг/л и кремния 9500 мг/л. Пределы колебаний составляют: фосфаты 0 - 344 мкг/л, аммонийный азот 0 - 1650 мкг/л, нитраты 0 - 1074 мкг/л, кремний 75 - 9500 мкг/л, азот органический 0 - 11280 мкг/л.

III. Одесский район занимает пространство от Малого Аджалыкского (Григорьевского) лимана до Сухого лимана. Диапазон изменений солености в поверхностном слое этого района составляет 6,4 - 17,8 ‰. Водные массы этого района находятся под воздействием как техногенного стока, так и

трансформированных вод, поступающих из Днепро-Бугского лимана. Функционирование в этом регионе портов (Одесского, Ильичевского, Южного), мощного промышленного комплекса г.Одессы приводит к поступлению в море различных слабоочищенных стоков, насыщенных биогенными и органическими веществами. Максимальная концентрация фосфора органического в этом районе (273,4 мкг/л) выше, чем на всех приустьевых участках.

Влияние трансформированных вод Днепро-Бугского лимана особенно проявляется в весенний период, когда воды из лимана распространяются на весь Одесский залив, при этом соленость в этом районе снижается в отдельные годы до 5 - 7 ‰. Величина прозрачности в среднем составляет 3,3 м, цвет ХП - XIV и близки к значениям в районе междуречья Дунай - Днестр. Содержание кислорода в воде поверхностного слоя, также как и в других районах, изменяется в широком диапазоне 4,1 - 10,2 мл/л при 62,1 - 157,8 % насыщения. Периодически в летний период в поверхностном слое узкоприбрежной зоны моря значения кислорода снижались до 0,5 - 1,0 мл/л, отмечалось присутствие сероводорода. Это обуславливается метеорологическими и гидродинамическими условиями этого района. Пределы колебаний минеральных и органических веществ составляют: фосфаты 0-179 мкг/л, аммонийный азот 0 - 890 мкг/л, нитраты 0 - 223 мкг/л, кремний 100 - 9150 мкг/л, азот органический 0 - 1485 мкг/л.

IV. Приднестровско-Тендровским районом можно считать участок моря, расположенный южнее Одесской банки и ограниченный на востоке Тендровской косой, на западе - участком моря от Сухого лимана до приустьевых районов Днестра, на юге - глубинами 20 - 30 м. По физическим и химическим показателям он занимает промежуточное положение между зонами, находящимися под влиянием антропогенного воздействия (речной сток и различные промышленные и бытовые стоки), и водами открытой части моря с низким содержанием биогенных веществ. Величина прозрачности здесь возрастает по сравнению с другими рассматриваемыми районами. Величина солености изменяется в пределах 5,1 - 18,2 ‰, насыщение воды кислородом составляет 50,0 - 155,9 %. По средним значениям солености (14,8 ‰) этот район близок к району Дунайско-Днестровского междуречья. Однако концентрации биогенных веществ здесь значительно ниже. Тем не менее, максимальные концентрации фосфатов достигали 10 мкг/л, нитратов 195,2 мкг/л, что, вероятно, связано с поступлением в этот район речных вод в период весеннего половодья или осеннего паводка. Не исключается и влияние вод, поступающих из Одесского района. Высокие концентрации биогенных веществ обеспечивали активный фотосинтез, максимальное содержание кислорода 10,73 мл/л при 155,87 % насыщения; отмечалась тенденция к увеличению кислорода в поверхностном слое моря. При этом концентрации фосфора органического достигали 200 мкг/л, азота органического 1810 мкг/л, что указывает на высокую активность продукционных процессов. Пределы колебаний минеральных соединений составляют: фосфаты 0 - 110 мкг/л, аммонийный азот 0-560 мкг/л, нитраты 0-195 мкг/л, кремний 53 - 8625 мкг/л.

V. Заливы.

V.1. Тендровский и Егорлыцкий заливы, Джарылгачский залив. Для мелководных заливов Тендровского и Егорлыцкого характерны значительные колебания солености 10,5 - 17,5 ‰. Это связано с проникновением в эти заливы трансформированных вод Днепро-Бугского лимана при определенных гидрометеороусловиях. Прозрачность вод на мелководье до дна на больших глубинах в среднем достигает 3,9 м, цвет XII - XIV, что указывает на влияние речных вод. Содержание кислорода в этих заливах изменяется в больших пределах (4,0 - 9,2 мл/л при 64,6 - 130,7 % насыщения). Обеспеченность вод биогенными веществами и их оборачиваемость довольно высокая, благодаря мелководности заливов и хорошему прогреву в летний период [32]. Особенностью формирования гидрохимических условий этих заливов является сброс воды с оросительных систем Северо-Крымского канала. Пределы колебаний гидрохимических параметров составляют: фосфаты 2-105 мкг/л, аммонийный азот 20 - 440 мкг/л, нитраты 3-128 мкг/л, кремний 570-6165 мкг/л, азот органический 95 - 1600 мкг/л. В эту группу заливов следует отнести и мелководный Джарылгачский залив. Несмотря на то, что он связан с Каркинитским заливом, формирование его гидрохимических условий происходит в основном под воздействием сброса вод из оросительных систем рисовых чеков [23]. Концентрации биогенных веществ близки по значениям к наблюдаемым в Егорлыцком заливе.

V.2. Каркинитский залив. Формирование качества вод Каркинитского залива происходит под влиянием вод центральной части СЗЧМ. Для вод открытой части Каркинитского залива характерны стабильные величины солености и низкие концентрации биогенных веществ. Прибрежная часть залива и его кутовая часть испытывают влияние сбросных вод из оросительных систем Северного Крыма. Глубоководная часть Каркинитского залива характеризуется высокой прозрачностью вод, среднее значение которой составляет 65 м. Соленость в заливе изменяется в незначительных пределах 16,7 - 18,5 ‰. Содержание кислорода довольно низкое (4,8 - 7,5 мл/л при 91,3 - 121,0 % насыщения). Благодаря низким концентрациям биогенных веществ, концентрации органических веществ незначительны: фосфор органический 0-22 мкг/л, азот органический 220 - 495 мкг/л, что свидетельствует о низкой продуктивности этого района по сравнению с западными районами. Предел колебаний значений биогенных веществ составляет: фосфаты 0-22 мкг/л, аммонийный азот 10-410 мкг/л, нитраты 0-24 мкг/л, кремний 56 - 2030 мкг/л.

VI. Центральный район. Основным фактором, определяющим качество вод этого района, является поступление вод из района западной части Черного моря. Прозрачность здесь более Юм, цвет VII - VIII. Соленость вод изменяется в незначительных пределах (14,5 - 18,7 ‰ при средней величине 17,3 ‰). Только в период половодья в многоводные годы часть этого района попадает под влияние трансформированных речных вод. Поступление в этот район вод с повышенным содержанием биогенных веществ, приводит к интенсификации процессов фотосинтеза, при этом содержание

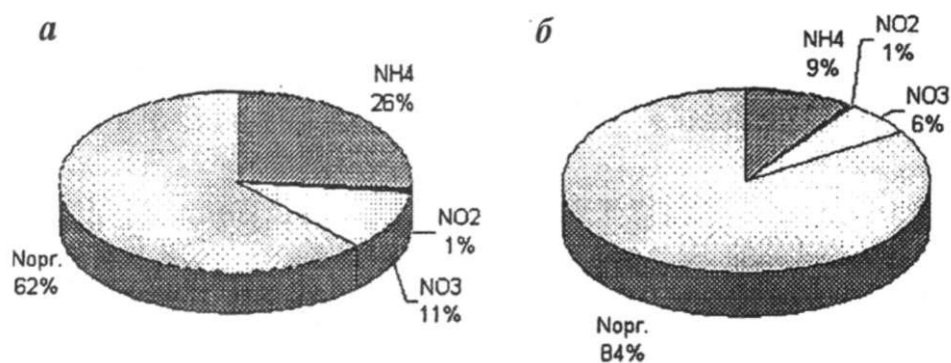


Рис. 4. Соотношение минеральных и органических форм азота в северо-западной части Чёрного моря за периоды 1977 - 1993 гг. (а) и 1987 - 1993 гг. (б).

кислорода достигало 184,2 % при pH 8,9. Пределы колебаний величин биогенных веществ по сравнению с другими районами СЗЧМ были незначительными: фосфатов 0-49 мкг/л, аммонийного азота 0-120 мкг/л, нитратов 0-80 мкг/л. Концентрации органических соединений изменялись в пределах: фосфор 0-40 мкг/л, азот 0 - 938 мкг/л. Высокие значения органических форм азота и фосфора указывают на продолжающееся антропогенное эвтрофирование Центрального района СЗЧМ. Средние величины всех рассмотренных гидрохимических показателей в этом районе являются минимальными для СЗЧМ.

Анализ данных за весь период исследований 1977 - 1993 гг. и сопоставление их с данными за весь период исследований (табл.4) указывает, что в 1987 - 1993 гг. в районах влияния речного стока отмечается снижение величин фосфатов, нитратов, кремния, азота аммонийного и отмечается тенденция к увеличению азота органического, особенно в Придунайском районе. На рис.4 представлено процентное соотношение минеральных и органических форм азота в поверхностном слое СЗЧМ за периоды 1977 - 1993 гг. и 1987 - 1993 гг. Анализ показал, что в СЗЧМ наблюдается четкая тенденция уменьшения по отношению к валовому азоту минеральных форм с 38 до 16 % и увеличение органического с 62 до 84 %.

Таким образом, проведенное районирование СЗЧМ и определение основных тенденций в изменчивости гидрофизических и гидрохимических характеристик районов указывает на ведущую роль речного стока в формировании качества вод поверхностного слоя моря. Снижение концентраций минеральных форм азота и фосфора при увеличении органических форм свидетельствует о продолжающемся антропогенном эвтрофировании СЗЧМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков В.С.* Распространение речных вод в бесприливном море // Вопросы биоокеанографии.- Киев: Наук думка, 1967.- С.8-13.
2. *Большаков В.С.* Трансформация речных вод в Черном море.- Киев: Наук, думка, 1970.-328 с.

3. *Усачев П.И.* О фитопланктоне северо-западной части Черного моря // *Дневник Всесоюзного съезда ботаников - Ленинград, 1928.- С. 163-164.*
4. *Иванов О.И.* Про масовий розвиток організмів фітопланктону в північно-західній частині Чорного моря в 1951 - 1956 рр. // *Наукові записки Одеської біологічної станції - Київ: Вид-во АН Української РСР, 1959.- вил. 1 - С.3-39.*
5. *Коваль Л.Г.* Зоопланктон // *Биология северо-западной части Черного моря.- Киев: Наук думка, 1967.- С.76-94.*
6. *Моргунов Ю.Г., Куприн П.Н., Щербаков Ф.А. и др.* Схема структурно-геоморфологического районирования дна северо-западной части Черного моря // *Комплексные исследования природного океана - М, 1973 - вып.4 - С. 12-20.*
7. *Фесюнов О.К.* Природные ландшафты северо-западного шельфа Черного моря // *Природа.- 1996.- № 2.- С.71-76.*
8. *Зайцев ЮЛ.* Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор) // *Гидробиологический журнал - 1992 - т.28, № 4.- С.3-18.*
9. *Михайлов В.Н.* Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее.-М.: ГЕОС, 1997.-413 с.
10. *Гаркавая Г.П., Богатова Ю.Ж., Берлинский Н.А.* Особенности формирования гидрохимических условий Украинской части устьевой области Дуная // *Экосистема взморья Украинской дельты Дуная.- Одесса, Астропринт, 1998 - С.21-62.*
11. *Гаркава Г.П., Богатова Ю.Л.* Загальна гідрохімічна характеристика Української частини дельта Дунаю // *Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження та управління.- Київ: Наук, думка, 1999.- С.32-36.*
12. *Шишкина Л.А.* Гидрохимия.-Л.: Гидрометеиздат, 1974.-287с.
13. *Методы гидрохимических исследований океана - М.: Наука, 1978.- 261 с.*
14. *Руководство по химическому анализу морских вод.- СПб: Гидрометеиздат, 1993.-218 с.*
15. *Блатова А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н., Тужилкин В.С.* Изменчивость гидрофизических полей Черного моря - Л.: Гидрометеиздат, 1984 - 240 с.
16. *Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Буланая З.Т.* Роль распресненного слоя в гидрохимическом режиме северо-западной части Черного моря // *Тез. докл. III Всесоюз. конф. по морской биологии. Севастополь, 18-20 октября 1988 г.- Киев: Б. и., 1988.-Ч.2.- С.101-102.*
17. *Виноградов А.К., Розен гурт М.Ш., Толмазин Д.М.* Атлас гидрологических характеристик северо-западной части Черного моря.- Киев: Наук, думка, 1961.- 49 с.
18. *Vladimirov V.L., Mankovsky V.I., Solov'ev M.V., Mishonov A.V.* Seasonal and long-term variability of the Black Sea optical parameters // *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea- NATO ASI series, 1997.- v.27.- P.33-48.*
19. *Рождественский А.В.* Химические основы продуктивности // *Основы биологической продуктивности Черного моря - Киев: Наук, думка, 1979.- 73 с.*
20. *Денисова А.И.* Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования - Киев: Наук, думка, 1979.- С. 127-128.

21. Горев Л.Н., Дорогунцов С.И., Хвесик М.А. Естественно-экологические основы оптимизации экосред- Киев: Либідь, 1994.- 238 с.
22. Гаркавая Г.Л., Богатова Ю.И., Буланая З.Т. Современные тенденции изменений гидрохимических условий северо-западной части Черного моря // Изменчивость экосистемы Черного моря (естественные и антропогенные факторы).- М: Наука, 1991.-С.299-306.
23. Виноградова Л.А., Васильева В.Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря- СПб: Гидрометеоздат, 1992 - 107 с.
24. Воробьева Л.В., Гаркавая Г.Л., Нестерова Д.А. и др. Жебриянская бухта как модель экологических процессов в импактных зонах северо-западной части Черного моря // Исследования шельфовой зоны Северо-Черноморского бассейна - Севастополь: МГИ НАН Украины, 1995 - С.44-54.
25. Снежко С.И., Брагар М.С., Ларионов Ю.В., Чеботько К.А. Формирование качества воды прибрежной акватории Черного моря в зоне влияния Краснознаменной оросительной системы // Гидробиологический журнал.- 1995.- т.31, № 5.- С. 101-110.
26. Артемьев В.К. Биогеохимические исследования в эстуариях // Биогеохимия океана-М.: Наука, 1983.- С.48-59.
27. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии - М.: Наука, 1983.- 153 с.
28. Гаркавая Г.Л., Богатова Ю.И., Буланая З.Т. Многолетняя динамика биогенных веществ Килийского гирла Дуная // Другий з'їзд гідроекологічного товариства України.- Київ, 1997.-ті - С.23-24.
29. Тимченко В.М. Экологические аспекты гидрологического режима Днестра, его водохранилищ и лимана // Гидробиологический режим Днестра и его водоемов- Киев: Наук, думка - 1992 - С. 12-38.
30. Журавлева Л.А. Днестровский лиман // Гидробиологический режим Днестра и его водоемов.- Киев: Наук, думка, 1992.- С.62-80.
31. Днепровско-Бугская эстуарная экосистема.- Киев: Наук, думка, 1989.- 240 с.
32. Буланая З. Т., Гаркавая Г.Л. Условия формирования гидрохимических характеристик Тендровского и Егорлыцкого заливов // Депон. рукопись № 6503-В89.- М.: ВИНТИ, 1989.-33 с.

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины
г.Одесса