

**Методологические аспекты  
проведения экологических  
исследований в зоне сопряжения  
“суша-море”.**

**Еремеев В.Н., Совга Е.Е.**

**Морской гидрофизический  
институт НАН Украины.**

**г.Севастополь, ул.Капитанская,2**

Геоэкологические исследования зоны сопряжения “суша-море” являются частью комплексных исследований экологического состояния Черного моря и, в первую очередь его прибрежной зоны. Именно зона сопряжения “суша-море” в значительной степени определяет состояние прибрежных

акваторий моря. Контроль за экологическим состоянием прибрежных регионов требует не только постоянного анализа экологической ситуации, но и оценок текущей изменчивости ее за многолетний период.

Такие оценки, проведенные в МГИ НАН Украины [1], показали, что за многолетний период колебания гидрофизических и гидрологических параметров не обнаружили резких отклонений.

Гидробиологические и гидрохимические параметры и процессы за этот период претерпели такие сильные колебания, которые превзошли многолетние в сотни раз.

**Таблица 1. Увеличение объемов поставок биогенного фосфора и органического вещества в северо-западную часть Черного моря за период 50-ые - 80-ые годы.**

Соединение	Периоды	Объемное увеличение поставки	Источник
$\text{PO}_4^{3-}$	1980г	5-7 раз	Сток рек (без Дуная) [2]
	1958 - 59гг.		
$\text{PO}_4^{3-}$	1980г	10 раз	Сток Дуная [2]
	1956 - 58гг.		
$\text{PO}_4^{3-}$	конец 70-ых	2 раза	Сток Днестра [2]
	1960г		
$\text{P}_{\text{общий}}$	1980 - 82г	100 раз	Зона влияния Дуная [2]
	1950г		
$\text{PO}_4^{3-}$	1950 г.	14 000 тР/год	[3-5]
$\text{PO}_4^{3-}$	1980 г.	55 000 тР/год	[3-5]
Органическое вещество	1950 г.	2 350 000 т/год	[3-5]
Органическое вещество	1980 г.	10 700 000 т/год	[3-5]

Причина - усиления эвтрофикации бассейна в результате увеличения во много раз поставок биогенных элементов и органических веществ в прибрежные районы моря, в частности в северо-западную часть

Черного моря. В таблице 1 приведены тенденции в изменении поставок биогенного фосфора и органического вещества в северо-западную часть Черного моря за 30 лет с 50-х по 80-е годы.

Увеличение поставок биогенных элементов и органических веществ стали причиной расширения зон гипоксии на северо-западном шельфе до 40 000 км<sup>2</sup>, привели к гибели донной фауны от 3,0 до 8,0 млн тонн в год. За период с 1972г. по 1990 годы общие потери рыбы составили 60 млн. т. [5].

Таким образом, исходя из усиливающейся эвтрофикации прибрежных экосистем, особое внимание в мониторинговых системах зон сопряжения "суша-море" должно быть уделено круговороту биогенных элементов системе:

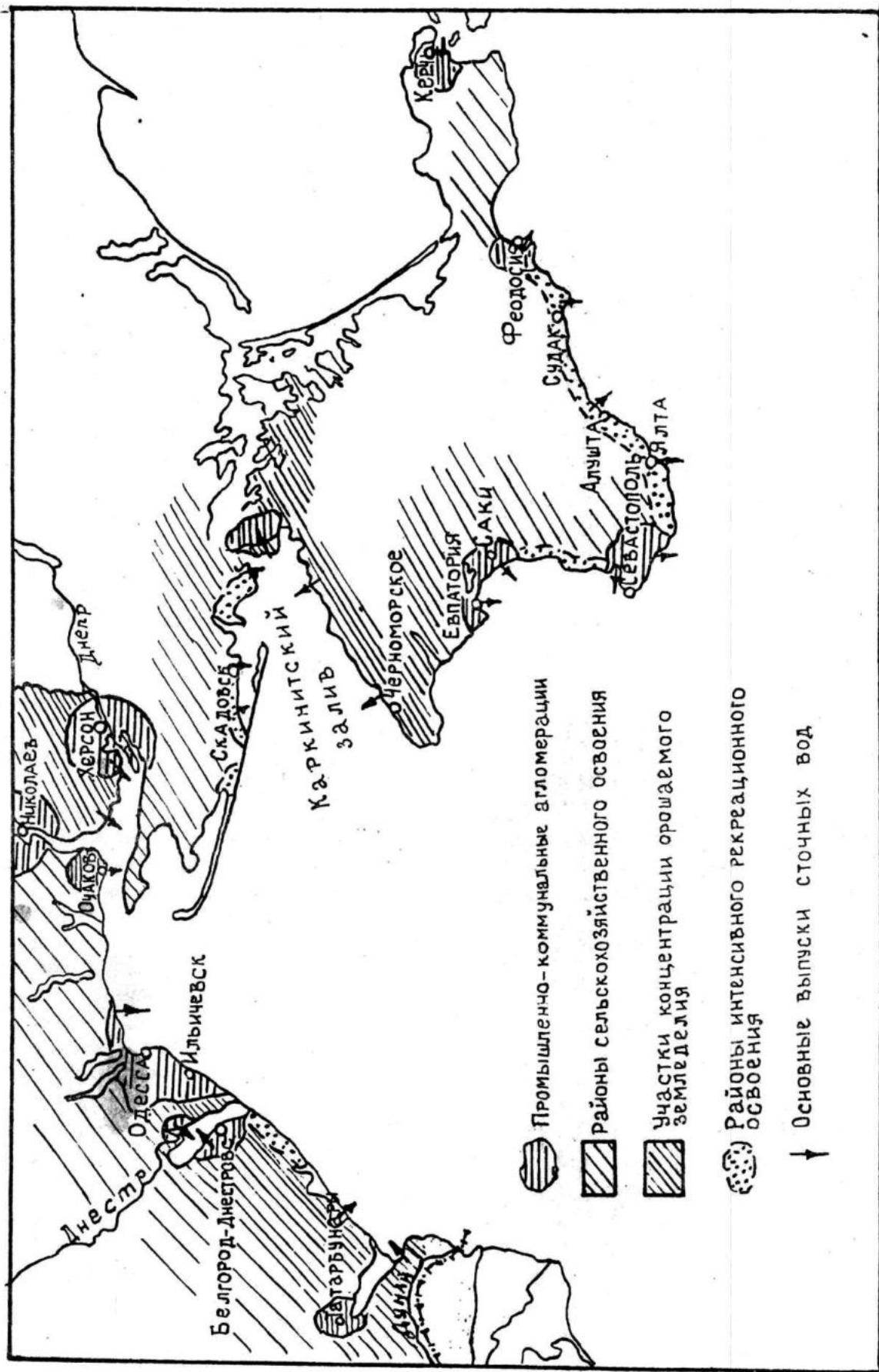
источники суши—вода—взвесь—живое вещество—донные отложения—вода.

Кроме поступления с речным стоком, загрязнители в море поступают со стоками в результате различного вида хозяйственной деятельности на побережье. Разработка методологии создания мониторинговых систем в зоне сопряжения "суша-море" требует привлечения данных о хозяйственных объектах побережья, которые оказывают непосредственное влияние на прибрежные морские акватории.

В пределах черноморского побережья Украины по видам хозяйственного освоения выделяются три типа районов: сельскохозяйственного освоения (в пределах которых выделяются зоны интенсивного развития орошаемого земледелия); промышленно-коммунальных агломераций (одиннадцать на побережье Украины (рис.1) [6], в которые входят и морские порты и, наконец, районы интенсивного рекреационного освоения. Влияние последних наиболее сильно проявляется в местах сборов канализационных стоков курортных городов, в районах морских пляжей, особенно летом.

Как видно из рис.1 районы сельскохозяйственного освоения охватывают большую часть рассматриваемой территории. В их пределах четко выделяются зоны интенсивного развития орошаемого земледелия, оказывающие наиболее существенное антропогенное воздействие на состояние прибрежных зон моря, а также находится большое количество крупных выпусков недостаточно очищенных, загрязненных поливочных и дренажных вод, сбрасываемых непосредственно в море. При современном уровне оснащенности хозяйств, количестве вносимых удобрений и их качестве, общей культуре сельскохозяйственного производства, неэффективности контроля за состоянием окружающей среды, значительная часть вносимых удобрений не усваивается растениями и выносится из почвы водными потоками.

На фоне сельскохозяйственных районов четко выделяются одиннадцать промышленно-коммунальных агломераций, характеризующихся развитым промышленным потенциалом и коммунальной структурой при большой плотности населения. Сюда относятся и морские порты. Наиболее сильное антропогенное воздействие на состояние морской среды северо-западной части Черного моря оказывают кроме речного стока рек Дунай, Днепр, Днестр, Южный Буг, стоки районов Одесской и Севастопольской промышленно-коммунальной агломерации и побережье Каркинитского залива. Последний включает в себя сразу все виды антропогенных воздействий — орошающее земледелие, включая рисосеяние, Северо-крымскую промышленно-коммунальную агломерацию и Скадовскую курортную зону.



Общий объем сбросов от токсических источников загрязнений по оценкам УкрНИЦЭМ [7,8] для Одесского региона составил 114814 млн м<sup>3</sup>/год, а для Севастопольского региона - 76087 млн м<sup>3</sup>/год. 80% всего речного стока Черного моря (269 км<sup>3</sup>/год) приходится на четыре реки северо-западного шельфа Черного моря: Дунай - 208 км<sup>3</sup>/год; Днепр -

48,5 км<sup>3</sup>/год, Днепр - 10 км<sup>3</sup>/год, Юж. Буг - 3 км<sup>3</sup>/год.

В таблице 2 приведены сравнительные оценки суммарного годового поступления загрязняющих веществ от токсичных источников загрязнения для Одесского и Севастопольского районов в сравнении со стоком рек.

Таблица 2.

П- п	Вид загрязняющих веществ	Регион, тонны		Всего по региону тыс. тонн	Всего по рекам тыс. тонн
		Одесский ий	Севастопольск		
	Взвешенное вещество	8913	2045	10.95	1064
	БПК - 5	7273	1129	8.40	770
	Азот аммонийный	1905	654	2.50	45.2
	Азот нитратный	443	566	1.01	335.2
	Азот нитритный	16.7	16.5	0.033	8.1
	СПАВ	55.2	26.3	0.081	5.2
	Нефтепродукт	28.3	35.3	0.063	37.7
	Фенолы	2.7	1.1	0.003	0.93
	Годовой объем сточных вод, км <sup>3</sup>			122.4	268.1

Таким образом, из табл.2 следует, что если общие объемы стоков речных и бытовых отличаются примерно в два раза, то по содержанию токсических элементов речные воды превышают сточные по некоторым показателям даже на три порядка.

Методология создания мониторинговых систем зон сопряжения "суша-море" как необходимый элемент должна включать обязательное районирование прибрежной акватории с выделением районов

подверженных и не подверженных влиянию речного стока. Как следует из данных табл.2 объемы биогенных элементов в стоках рек превышают сточные воды на несколько порядков. Это способствует тому, что в районах северо-западной части моря, подверженных влиянию стока рек, биомасса фитопланктона составила 442 мг С/м<sup>2</sup>, в то время как для районов не подверженных такому влиянию эта цифра составила всего 25 мг С/м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что речные водные массы играют в экосистеме шельфа двоякую роль. С одной стороны представляя в своем составе загрязнители с больших площадей водосборов суши (табл.2). С другой стороны, наличие зон смешения речных и морских вод с протекающими в них процессами лавинной седиментации в результате которых многие токсические элементы захороняются в донных отложениях, способствуют уменьшению техногенной нагрузки на центральные районы шельфа и выполняют при этом роль буферной системы. Для районов не подверженных влиянию речного стока отсутствует такой природный аккумулятор загрязнений, каким являются устья рек и зоны смешения речных и морских вод.

При отсутствии постоянного поверхностного стока и сбросов дренажных вод наиболее активно начинает функционировать система вода-дно. Функционирование системы берег-море при техногенном влиянии очень связано с механическим и химическим воздействиями.

Следует отметить, что для районов подверженных речному стоку и для районов, где он отсутствует, очень важен контроль за накоплением биогенных элементов в донных отложениях, которые могут стать дополнительным источником минеральных азота и фосфора, особенно в районах, где периодически возникают заморные явления и гипоксия.

Так по данным работы [9] в районе Жебрианской бухты (устье Дуная), которая авторами была выбрана как модель развития экологических процессов в импактных зонах, в результате ежегодно возникающих процессов гипоксии в придонном слое и восстановительных условий на границе вода-грунт, происходит интенсивная диффузия азота и фосфора в придонные слои воды, в

результате их десорбции, при переходе  $\text{Fe}^{+3}$  в  $\text{Fe}^{+2}$ . По средней величине миграции фосфатов  $7\text{мг}/\text{м}^2$  в сутки было показано, что за период гипоксии (3 мес.) Жебрианская бухта получает 23,0 тонны фосфора и 161,0 тонну азота. Эти количества соизмеримы с количествами фосфора и азота (21,0 т Р/год и 140 т N/год), которые ежегодно поступают в воду за счет деструкции и минерализации органического вещества в бухте.

Аналогичная ситуация может иметь место и в районах не подверженных стоку рек в случае сильного расширения зон гипоксии и заморов, или при наличии устойчивых восстановительных условий. Как например в донных отложениях, район Каркинитского залива, где концентрация  $\text{H}_2\text{S}$  в поровых водах достигает 5-8 мг/дм.

Поступающие с берегов в систему прибрежного экотона загрязнения осуществляют свой геохимический цикл - миграцию, разбавление и концентрирование - посредством воздействия на них трех основных видов процессов: физических - перенос, адсорбция, разбавление, испарение, протекающих без изменения состава загрязнителей; физико-химических - химическое окисление, разложение, разрывы химических связей, образование новых соединений в результате реакций комплексообразования, гидролиза, замещения, протекающих с изменением состава загрязнителей; биологических, связанных с включением загрязнителей в трофический цикл, вызывающих хроническое или острое поражение прибрежных экосистем и завершающих круговорот веществ либо путем возвращения в экосистему в случае их полной деструкции, либо их окончательного захоронения в донных отложениях в случае неразлагающихся продуктов, а также выноса их за пределы прибрежной экосистемы.

Особенности разработки методологии биоэкологического контроля зоны сопряжения "суша-море" заключается в том, что она охватывает естественные геохимические барьеры, которые характеризуются резкой изменчивостью процессов и свойств как в направлении от берега, так и вдоль береговой линии. В результате различного химического состава вод в барьерных зонах широкого колебания Eh и pH в этих зонах возникают сложные физико-химические взаимодействия, в результате которых происходит активная коагуляция и осаждение органических и минеральных частиц, стимулирующих процессы сорбции, которые, в свою очередь, играют существенную роль в способности вод к самоочищению. Кроме сложных естественных процессов (наличие фронтов и барьерных зон) зона сопряжения "суша-море" является объектом интенсивного антропогенного воздействия.

Исходя из естественной и техногенной сложности исследуемой зоны методология геоэкологического контроля за ее состоянием должна включать ряд необходимых последовательных мероприятий, заключающихся в следующем:

1) Обязательное районирование прибрежной территории суши по видам

хозяйственной деятельности с указанием характера и объемов ежегодных сбросов.

2) Разделение территории на зоны подверженные и не подверженные влиянию речного стока. Для зон подверженных влиянию речного стока, количественные определения объемов жидкого и твердого стока в цикле шторм-штиль с учетом распространения взвеси двумя потоками - придонным и поверхностным.

3) Необходимым является определение таких форм биогенных элементов как неорганическая - растворенная и взвешенная. Органическая - растворенная и взвешенная на всех поверхностях раздела вода-взвесь-донные отложения-иловые воды-вода.

4) В районах подверженных периодически возникающим заморам и гипоксии, определение объемов биогенных элементов поступающих в результате десорбции из донных отложений.

5) Учитывая большой объем биохимических аналитических работ в зоне сопряжения "суша-море", а также большую их стоимость весьма перспективным является применение биотестерных анализов.

## Литература

1. Богуславский С.Г., Жоров В.А., Совга Е.Е., Иващенко И.К. Особенности океанологических процессов северо-западной части Черного моря, МГФЖ, 1997, N5, с.34-41.
2. Фащук Д.Я., Шапоренко С.И. Загрязнение прибрежных вод Черного моря: источники, современный уровень, межгодовая изменчивость. Водные ресурсы, 1995, Т 22, N 3, с.273-281.
3. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек. Киев, АН УССР, 1962, 250с.

4. Алмазов А.М. Гидрохимия и биология северо-западной части Черного моря, Киев, Наукова думка, 1967, с.32-42.
5. Гарковая Т.П., Зайцев Ю.П., Богатова Ю.И. Искусственный риф как фактор воздействия на гидрохимические параметры в прибрежной зоне северо-западной части Черного моря. Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Тезисы докладов Всесоюзной Конференции, М., 1987, с.87-88.

6. В.И. Беляев, С.И. Дорогунцов, Е.Е. Совга, Т.С. Николаенко, Оценка уровня антропогенных нагрузок на прибрежные зоны и экотоны Черноморского побережья Украины. МГФЖ (в печати).
7. Орлова И.Т. Хлорированные углеводороды в экосистеме Черного моря. // В сб. научных трудов Укр.НЦЭМ, Вып.1. Исследования экосистемы Черного моря, Одесса, 1994, с.36-46.
8. Практическая экология морских регионов. Черное море, Киев, Наукова думка, 1990г., 217с.
9. Воробьева Л.В., Гарковая Т.П., Нестерова Д.А., Полищук Л.Н., Синегуб И.А., Теплинская Н.Г. Жебрианская бухта как модель экологических процессов в импактных зонах северо-западной части Черного моря. В сб. Исследования шельфовой зоны азово-черноморского бассейна. Севастополь, МГИ НАН Украины,