

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОРЕЙ РОССИИ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Д.г.-м.н., проф. Е.А.Романкевич, д.г.н., проф. Н.А.Айбулатов

Институт океанологии им. П.П. Ширшова

Тезисы доклада на общем собрании Отделения наук о Земле РАН 15.12.2003г., г. Москва

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-5.pdf

Опубликовано 9 марта 2004 г.

© 2004, Е.А.Романкевич, Н.А.Айбулатов, ОНЗ РАН

Аннотация. Выполнен анализ накопленной информации по геохимическому состоянию морей России. Рассмотрена методология исследования, главные закономерности распространения и накопления загрязняющих веществ, их источники, воздействие на морскую биоту и здоровье человека. Дан прогноз химического загрязнения морей России и рекомендации по улучшению экологической ситуации.

Abstract. An analysis of available information on geochemical status of the Russian seas was carried out. Methodology of researches, main regularities of pollution distribution and accumulation, its sources, impact on the marine biota and human health are considerate. Forecasting of chemical pollution of the Russian seas and recommendations for ecological situation improvement are given.

Geochemical status of the Russian seas and human health

Научная сессия Общего собрания РАН и РАМН «Наука – здоровью человека» (декабрь 2003г.) показала многоаспектное значение фундаментальной науки и ее разработок для здоровья населения России. На сессии Отделения Наук о Земле решительно подчеркивалось значение качества окружающей среды для сохранения здоровья человека. Накопленные данные и их анализ свидетельствуют, что болезни в значительной мере являются результатом несоблюдения общеизвестных санитарно-гигиенических действующих норм, требований и правил в отношении воды, воздуха и морепродуктов. И это при том, что статья 42 Конституции РФ декларирует права граждан России на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии, на возмещение ущерба, причиненного их здоровью или имуществу экологическими правонарушениями, а основные принципы охраны окружающей среды определены Законом РФ «Об охране окружающей среды». В «Экологической доктрине Российской Федерации» [1], которая базируется на Конституции РФ, федеральных законах и международных договорах также декларируется, что «Сохранение и восстановление природных систем должно быть одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества» (стр. 3). В «Доктрине...» провозглашена также «приоритетность для общества жизнеобеспечивающих функций биосферы по отношению к прямому использованию ее ресурсов» (стр.7).

Известно, что экологическое состояние территории России внушает на сегодняшний день серьезные опасения [2], а ее моря в этом отношении не отличаются в лучшую сторону от состояния на суше [3–5].

Протяженность береговой линии России составляет около 60 тыс. км., площадь шельфа (а все наши моря, в основном, шельфовые) 4.2-5.2 млн. км² или 1/3 территории России. На берегах наших морей живет около 17 млн. человек или 12% населения России. Всего на Земле в прибрежной зоне шириной 50 км живет 80% населения Земли.

Современный технический прогресс, парадоксы урбанизации и современной цивилизации в сочетании с изменением климата привели к изменению структуры потоков веществ, поступающих в моря России и в них самих, к нарушениям геохимической среды водоемов, образованию в ряде мест депо накопления загрязняющих веществ (ЗВ) на дне, к сложной, часто мозаичной картине их распределения. Появились районы, которые уже сейчас относятся к кризисным со всеми вытекающими из этого последствиями для жизни людей.

Представление о том, что биота в настоящее время выводит из оборота 0.01 Гт С (10 млн т/год) не соответствует последним данным. Из оборота только в океане ежегодно выводится 250 млн. т органического углерода, (т.е. в 25 раз больше) и почти всегда пропорционально с ним связанных тяжелых металлов и органических поллютантов, которые накапливаются в илах на шельфе и на континентальном склоне, т.е. в районах наиболее высокой биопродуктивности, в том числе запасов промысловых рыб и водорослей, идущих в пищу людям.

Институтами Отделения наук о Земле сравнительно хорошо изучено формирование природного геохимического фона морей России. Во многих монографиях описаны тектонические, климатические, литолого-геохимические, биологические факторы и в меньшей степени их взаимодействие, определяющие их геохимический облик. Поэтому в данной статье авторы ставят своей целью оценить состояние морей России с точки зрения химического загрязнения, его источники, влияние на биоту и здоровье человека, сделать прогноз и пути минимизации химического загрязнения морей России.

Под химическим загрязнением морей следует понимать изменение свойств воды, взвеси, грунтов, биоты, превышающих среднесуточные колебания для рассматриваемого периода, т.е. проникновение химических веществ извне (нефть, пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и др.) в морскую среду, изменяющие естественную концентрацию до уровня, превышающего обычную норму [6, 7]. Количество вносимых в окружающую среду химических соединений (ксенобиотиков) в настоящее время достигает 400 тыс. для большинства которых токсичность не установлена.

О методологии

Когда мы говорим о геохимическом состоянии морей России, то должны выделить несколько положений, которые должны учитываться при прогнозных оценках ситуации и выдачи рекомендаций для обеспечения экологически безопасного природопользования.

-Моря России (их 13) являются конечными водоемами стока для основной массы как загрязняющих, так и природных веществ, собираемых на огромных водосборных территориях. Вместе с тем они не являются замкнутыми системами. Они обмениваются химическими веществами и энергией с другими частями гидросферы, с атмосферой, осадками дна, породами на суше, почвами, глубинными частями литосферы. Это заставляет рассматривать их как сложные системы с многосторонними и разнонаправленными потоками веществ, в которых важную роль играет биота и человек. Поэтому, чтобы оценить геохимическую ситуацию в морях России и как она отражается на здоровье людей надо оценить не только концентрации ЗВ и их распределение, но и величины и состав потоков веществ. Существует, по крайней мере, 4–5 независимых методов определения потоков веществ, в том числе ЗВ. К ним относятся методы седиментационных ловушек, радиоизотопные методы (^{234}Th , ^{238}Th и др.), оценка потоков вещества по параметрам функционирования планктонных сообществ, балансовый метод, учитывающий латеральные, вертикальные, седиментационные потоки и распределение взвеси [8, 9].

-Говорить о геохимическом состоянии морей России можно на основании анализа совокупности данных о содержании ЗВ в воде, взвеси, донных осадках и биоте. Эти данные, полученные разными методами, должны быть сопоставимыми. Это позволит проводить их сравнение. Заключение о геохимическом состоянии водоема и уровне его загрязнения можно делать только с учетом природных потоков веществ и их фонового содержания в данном регионе.

-Миграционные свойства разных форм химических элементов зависят от их способности образовывать комплексы с тремя важнейшими сорбентами моря: гуминовыми веществами, глинистыми минералами, гидроокисями железа. Способность различных форм элементов накапливаться во взвеси, донных осадках и морской биоте (в том числе промысловой) различаются на порядок величин и должны учитываться.

-Самоочищение поверхностных вод сопровождается не только разложением, разбавлением, разносом, рассеиванием ЗВ, но и накоплением их в пеллетах, взвеси, донных осадках, промысловом бентосе. Илы часто становятся депо накопления ЗВ токсичными для донных обитателей, источником вторичного загрязнения вод. Поэтому самоочищение моря должно фиксироваться для основных сред (биотопов) и быть ниже ПДК для воды и фоновых концентраций для представителей биоты, взвеси, донных осадков.

-Оценка геохимического состояния водоема и прогноз судьбы ЗВ на среднесрочную перспективу требует знаний концентраций и потоков ЗВ в пределах трех основных высокоградиентных пограничных (ключевых) зон океана: в области смешения пресных и морских вод (эстуарные зоны, места разгрузки подземных вод), в тонком слое на границе вода-атмосфера, в пограничном слое между донными осадками придонной водой.

-В настоящее время мы находимся в самом начале системной методологии изучения химического загрязнения морской среды и оценок техногенного воздействия на нее [4, 10]. Без системного подхода невозможна объективная оценка последствий, например, нефтедобычи и выработка экологических критериев для природоохранной деятельности и экономических санкций.

Загрязняющие вещества и их источники в морях России

Загрязнение морей России является результатом загрязнения гидросферы, атмосферы, поверхностных частей литосферы, почв. В промышленных районах на поверхность почвенного покрова выпадает до 500-1000 т ЗВ на 1 км² в год (0.5–1.0 кг/м² год). Эти вещества в значительной своей части через какое-то время поступят в океан и осядут на шельфе, войдут в тела промысловых организмов, станут источником длительного загрязнения воды и биоты.

Территория России является основным, но не единственным источником ЗВ для ее морей. Перенос ЗВ происходит не только в результате речного, подземного, плоскостного стока, но также в результате трансграничного атмосферного и водного переноса, течениями и льдом. Так, например, вклад североамериканских источников золотых антропогенных загрязнений в западной и восточной частях Российской Арктики является определяющим [11, стр.23]. Трансграничный перенос Cs–137, Sr–90, Pu–239, 240, Am–241, Eu–154 является важным источником радиоактивных загрязнений в морях Российской Арктики.

В табл. 1 представлены основные ЗВ и их источники, которые в подавляющем большинстве связаны с хозяйственной деятельностью, а на рис.1 основные потоки веществ. К основным ЗВ относятся нефтяные углеводороды (НУ) и нефтепродукты (НП), хлорорганические фосфорсодержащие соединения (ХОС), тяжелые металлы (ТМ), техногенные радионуклиды, взвешенные вещества (ВВ) при больших концентрациях, химические отравляющие вещества (ХОВ).

В настоящее время в моря России поступает несколько тысяч наименований химических соединений. Для более тысячи из них установлены для воды предельно допустимые концентрации (ПДК, максимальная концентрация вещества, при которой в водоеме не возникает последствий, снижающих его рыбопродуктивность, ценность водоема), а также ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ. Загрязнение воды оценивается по этим показателям, а также индексу загрязнения, что позволяет выделить несколько классов качества вод. Загрязнение взвеси и донных осадков оценивается путем сравнения с фоновым уровнем – средним содержанием ЗВ в конкретном районе.

Подавляющая часть ЗВ поступает в прибрежные воды, которые оказываются наиболее загрязненными (рис.2).

Загрязняющие вещества в морях России, их источники и воздействие

Загрязняющее вещество	Источники*	Воздействие
Нефтяные углеводороды и нефтепродукты	Сточные воды, судоходство , добыча углеводородов в акваториях, морские нефтепроводы, буровые платформы, аварийные разливы , линзы углеводородов, в толще грунта, нефтеперерабатывающие предприятия, дампинг.	Образование нефтяной пленки, уменьшение влаго- и газообмена (0.5–1 мкм – 50-90%). Провоцирование накопления металлов и токсичных органических соединений, увеличение вторичного загрязнения. ПДК 50 мкг/л в морской воде.
Хлорорганические, фосфорсодержащие соединения (пестициды от лат. Pestis – зараза, caedo – убиваю), гербициды, фунгициды и др.)	Сточные воды , водный транспорт, атмосферный и трансграничный перенос, субмаринная разгрузка (благодаря высокой устойчивости хлорорганических соединений (ХОС) к деградации), дампинг.	Канцерогенный, токсический эффекты, генетические нарушения, онкологические болезни.
Дисперсные красители	Сточные воды, дампинг.	Близкое к персистентным пестицидам (ДДТ и др.).
Тяжелые металлы Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg	Сточные воды , металлургическое производство, металлообработка, переработка нефти, автомобильный, морской и воздушный транспорт , дампинг.	Интоксикация, канцерогенные и тератогенные эффекты, нарушения функций пищеварительной, нервной, сердечно-сосудистой системы, болезни Минамата, Итай-Итай.
Радионуклиды	Глобальное распространение долгоживущих радиоизотопов – продуктов испытания ядерного оружия, трансграничный перенос. Предприятия по добыче и переработке урановых и ториевых руд, атомные электростанции, дампинг.	Лучевая болезнь, онкологические заболевания.
Взвешенные вещества в больших концентрациях	Производственная деятельность в акваториях и на берегу – смыв, сброс, прокладка трубопроводов, кабелей, дампинг, взрывы на дне.	Эффекты вторичного загрязнения, увеличение мутности, снижение фотоактивной радиации (ФАР), биопродуктивности, изменение структуры популяций, гибель бентоса.

*Жирным шрифтом выделены основные источники ЗВ

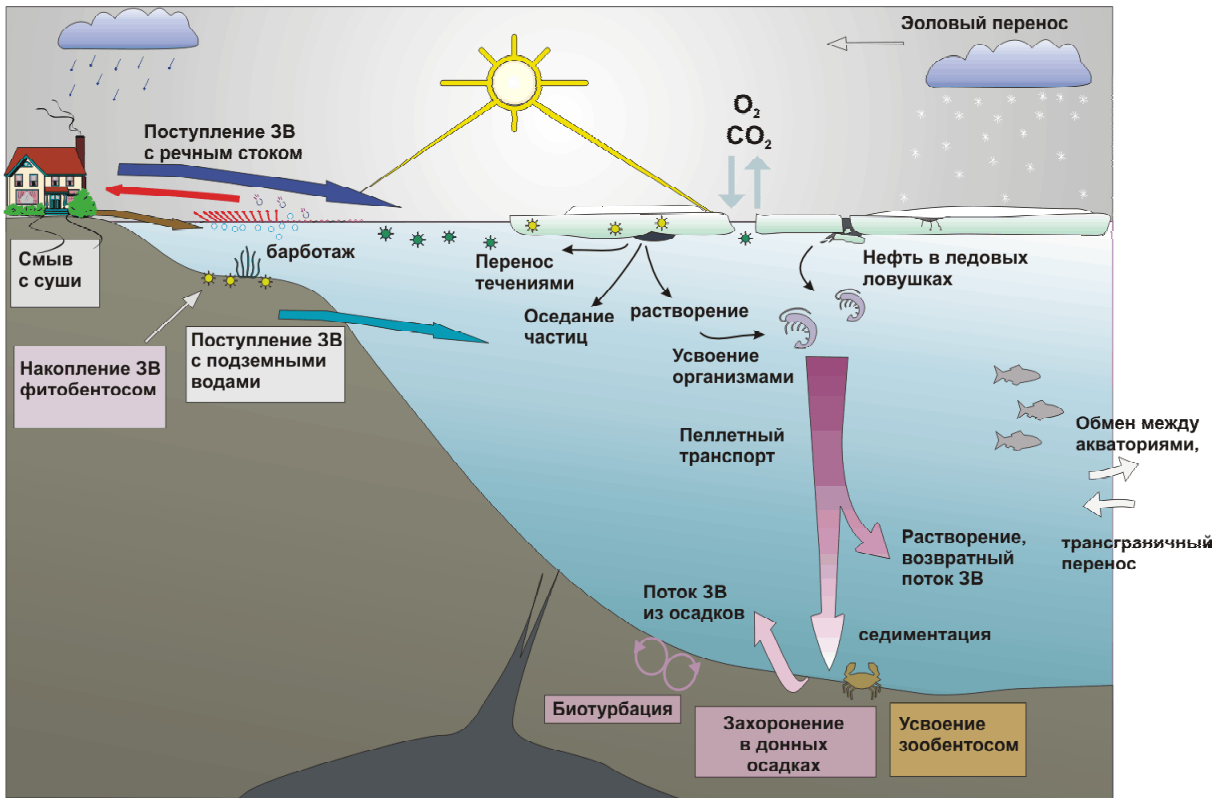


Рис. 1. Основные потоки химических веществ в море



Рис. 2. Поступление загрязняющих веществ в океан:

1 – воды прибрежной зоны; 2 – воды за пределами прибрежной зоны. Прибрежная зона в нашем понимании включает побережье (сушу) до первого водораздела, собственно берег, шельф.

Состояние морей России по загрязняющим веществам

По результатам многолетних наблюдений Федеральной службы России по гидрологии и мониторингу окружающей среды, обобщающих данных по ЗВ наших морей на конец 20 века, а также анализа многочисленной, но разрозненной и не систематизиро-

ванной информации по взвеси и донным осадкам [3, 5] вырисовывается следующая картина состояния морей России по распределению ЗВ.

Нефтяные углеводороды (НУ) и нефтепродукты (НП) в Мировой океан сбрасываются из различных источников в количестве 4-8 млн.т/год [12]. В моря России поступает около одного миллиона тонн НУ. Уровень загрязнения НУ и НП российских морей колеблется от менее одного до 140 ПДК (1 ПДК – 0.05 мг/л). Максимальное загрязнение морей России приходится на шельфовую зону, и, к сожалению, совпадает с районами интенсивного рыболовства. Оконтуренные площади, богатые нефтью, также совпадают с районами богатыми рыбой и другими морепродуктами [4].

Импактное загрязнение НУ и НП приурочено к портам, терминалам, платформам, к урбанизированным территориям на побережье, к керосиновым подземным линзам, приуроченным к прибрежным аэродромам и нефтеперерабатывающим заводам. Степень нефтяного загрязнения находится в тесной связи с интенсивностью хозяйственной деятельности России на море и побережье. Так, загрязненность арктических морей убывает с запада на восток, дальневосточных морей – с юга на север. Самое загрязненное море на востоке – Японское, особенно бухта Золотой Рог (НУ до 140 ПДК). Внутренние моря больше всего загрязнены в заливах (например, Таганрогский, Финский заливы и др.), близ портов (Новороссийск, Туапсе, Сочи, Санкт-Петербург, Калининград и др.).

В результате загрязнения НУ и НП происходит ухудшение условий аэрации, поглощение радиации, гибель организмов, выход из употребления берегов как рекреационных территорий, загрязнение атмосферы, вредное влияние составляющих НУ и НП на человека (сера, радионуклиды и др., например, [4, 13]). В Таблице 2 представлены сведения о концентрациях НУ в наиболее загрязненных прибрежных районах морей России.

Хлорорганические соединения (ХОС) - общее название всех химических соединений или их сочетаний, которые используются для защиты растений от вредителей. В конце 80-х годов XX века в мире использовалось до 3.2 млн. т гербицидов и фунгицидов, т. е. примерно по 0.6 кг на каждого жителя планеты. В СССР широко применялись 125 видов ХОС и 16 смесевых препаратов. Производство ХОС в СССР составляло 12% от мирового.

По стресс-индексу пестициды стоят на первом месте. Стресс-индекс – сравнительная степень опасности ЗВ в соответствии с силой их воздействия на человека и животных (безразмерная величина).

Таблица 2

Прибрежные районы морей России, наиболее загрязненные нефтяными углеводородами [5]

Район	Концентрации (в ПДК)	
	средние	максимальные
Кольский залив	6	25-27
Двинский залив	0.4	1.2
Бухта Тикси	0.6–3.0 [3]	2.6–25 [3]
Авачинская губа	1	6
Восточный шельф Сахалина	0.2	1.4
Бухта Золотой Рог	3-5	11–14 (до 140)
Амурский залив	1.8	5
Татарский пролив	4	8
Находка	2.2	10
Таганрогский залив	1	2.5
Дельта Кубани	0.8	4
Дербент	2	8
Каспийск	1	3
Махачкала	–	2

Северная часть Каспия	0.2	0.6
Невская губа	0.6	1.6
Район Лопатина	–	5

В результате речного и площадного стока, атмосферного переноса, а также трансграничного переноса морскими течениями все моря России оказались заражены ХОС. Основная масса хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорбифенидов (ПХБ) привносится в морскую среду речным и материковым стоком, морскими течениями из других акваторий (например, Гольфстримом в Баренцево море), а также поступает из атмосферы. ПДК большинства ХОП составляет 0.01 мкг/л. Источниками ХОП являются обработанные пестицидами поля, дезактивация судов, хозяйственные и бытовые стоки.

Загрязнение ХОП воды и донных осадков морей России к настоящему времени невысоко (меньше ПДК). Максимальные концентрации ХОП приурочены к приустьевым и шельфовым участкам морей.

В воде Баренцева и Белого морей содержание ХОП до запрета некоторых их видов составляло 0.01–0.02 мкг/л. Следует отметить более высокую степень накопления ХОП группы ДДТ в донных осадках, что связано с большой их персистентностью. Во взвеси Баренцева моря содержание ХОП группы ДДТ колебалось в пределах 0.12–0.30 нг/мг, группы ГХЦГ – от 0.07 до 0.11 нг/мг, ПХБ – от 0.15 до 0.07 нг/мг сухого веса с максимальным содержанием в Печорском море, т.е. в районе выноса вод р. Печора и крупномасштабных поисков и разведки нефтегазовых месторождений [5].

В морях восточной Арктики (море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) содержание ХОП и ПХБ в водах не превышало ПДК, причем с 1994 г. наметилась тенденция к снижению их содержания. Уровень содержания ХОП в водах северных рек значительно выше фиксируемых в прибрежных районах. Подтверждено предположение о важном вкладе дальнего атмосферного переноса в формирование загрязненности вод арктических морей, а также о задерживающей роли дельт в отношении ЗВ.

Содержание ХОС в воде дальневосточных морей (Камчатский залив и Авачинская губа) сохраняется на уровне фона. Японское море по содержанию ХОС относится к сильно загрязненным. Это особенно касается грунтов и свидетельствует о длительном антропогенном воздействии (Амурский и Уссурийский заливы). Содержание ДДТ и его метаболитов в воде Уссурийского залива отмечалось в пределах 0.2–9.2 мкг/л, максимальные значения – 323 мкг/л, что во много раз превышает ПДК.

Шельфы внутренних морей (Черное, Азовское, Каспийское и Балтийское) также загрязнены ХОС. Однако значительных концентраций не наблюдается. Обычно сохраняется фоновый уровень – до 1.0 мкг/л. Основным источником пестицидов здесь являются сельскохозяйственные территории. Наиболее распространены соединения ДДТ, ДДД, ДДЭ, хлорофос, распределение которых носит пятнистый характер. Наши измерения (1999 г.) в водах черноморского шельфа России показали, что соединения ХОС обнаруживаются в виде следов. Это объясняется тем, что с начала 90-х годов масштабы применения пестицидов по экономическим причинам сократились. В донных отложениях, например, Азовского моря содержание ХОС за последние 7–8 лет колебалось от 0.6 до 9.8 мкг/л. Самоочищение моря при резком уменьшении поступления пестицидов произойдет за 10–15 лет.

В Каспийское море ХОП поступают с сельскохозяйственных полей. Только на рисовых чеках Астраханской области используется до 600 т различных пестицидов, из которых третья часть – ХОП. В тканях осетровых определены следующие концентрации ХОП: ДДТ – 98, ДДЭ – 343, ГХЦГ – 88, ПХБ – 325, гексахлорбензола – 15 мкг/л.

В Балтийском море, как и следовало ожидать, наиболее загрязнена ХОС Невская губа, где содержание ДДТ и ДДЭ в воде достигало соответственно 30–70 и 10–20 нг/л (до 7 ПДК), а α и γ ГХЦГ – 1–52 и 6 нг/л (до 0.6–5.0 ПДК). Для сравнения, в воде открытой части Балтийского моря ДДТ и его метаболиты составляли сотые доли нанограмм на литр. Следовательно, основная масса ХОС выносится в Финский залив реками, в частности, Невой.

Разложение большинства пестицидов идет медленно. По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно из-за использования пестицидов в мире происхо-

дит от 0.5 до 2 млн. несчастных случаев, из которых 10–40 тысяч заканчиваются летальным исходом. Полихлорированные бифенилы вызывают болезнь «юшо». В настоящее время применение ряда пестицидов во многих странах запрещено.

Тяжелые металлы (ТМ). К категории ТМ относят группу металлов с плотностью больше, чем у железа (7874 кг/м^3), в которую входят Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. Эти металлы в морях России обычно характеризуются относительно невысокими содержаниями и участвуют в естественном круговороте как необходимые микроэлементы, обеспечивающие важнейшие обменные функции в системах биологического метаболизма. Однако в повышенных концентрациях и форме ряда органических соединений многие из них становятся сильнейшими токсикантами, которые не утилизируются в экосистемах и неблагоприятно влияют на биоту, включая человека.

Источники ТМ приведены в таблице 1. Уровень загрязнения морей России ТМ сильно различается для окраинных и внутренних бассейнов. В морях западного сектора Российской Арктики (Баренцево, Карское и Белое), несмотря на близость к акватории Баренцева моря и Кольского залива, поставляющего большие количества ТМ, загрязнение регистрируется лишь в бухтах п-ова (Кольский залив, Печорская губа и др.). Признаков загрязнения ТМ открытых частей этих морей нет.

Повышенные содержания концентрации цинка и других тяжелых металлов в придонных водах Енисейского разреза вполне объясняются естественными причинами и нет оснований приписывать их только действию антропогенного фактора (который полностью исключать не следует). На Обском разрезе распределение ТМ – весьма схожее. Различия связаны главным образом с более высоким содержанием в Обских водах «желтого вещества» в форме коллоидных и растворенных органических соединений. Таким образом, распределение ТМ в воде, взвеси и донных осадках эстуарных зон Оби и Енисея и прилегающей части Карского моря определяется главным образом природными процессами; антропогенное загрязнение в целом незначительно и носит локальный характер.

В морях восточного сектора Российской Арктики (Море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) в целом отмечено гомогенное распределение ТМ, что указывает на малый вклад антропогенных источников. Содержание ТМ в регионе пока фоновое.

Шельф дальневосточных морей представляет собой с точки зрения загрязнения ТМ весьма пеструю картину. Северные дальневосточные моря еще не загрязнены, тогда как Японское море характеризуется наличием локальных мест с повышенным содержанием ТМ. Максимальные содержания ТМ приурочены к заливу Петра Великого, Амурскому и Уссурийскому заливам, зоне смешения речных и морских вод р. Раздольная. Части моря, ориентированные на урбанизированную зону Владивостока (бухта Золотой Рог, пролив Босфор Восточный), обогащены ТМ. В содержании Cu, Cd, Pb, здесь наметилась тенденция снижения концентраций в воде, тем не менее, максимальные концентрации Cu, Pb, Zn и Ag в 2002 году составили соответственно 2.4; 2.5; 1.8; и 2.2 ПДК. Донные осадки наиболее загрязнены элементами халькофильной группы: В 2001 – 2002 годах содержание Pb достигло здесь 550, Cu – 700–800, Zn – 700–1000, Cd – 30, Ni – 100 мкг/г сухого осадка.

Определение Pb, Cd, Hg в планктоне прибрежной зоны Японского моря показали, что планктон (например, пролива Босфор Восточный), сильно обогащен ТМ. Отношение концентраций ТМ в планктоне пролива к фоновой (океанской) концентрации равно для Pb – 3.95, для Hg – 20.8, для Cd – 2.5. Область повышенных содержаний Pb и Ag зафиксирована также в донных отложениях, примыкающих к бухте Большого Камня – на противоположной от Владивостока стороне Уссурийского залива. В области «эталонных» техногенных объектов содержание ТМ подтверждают антропогенную природу геохимических аномалий халькофильных элементов.

Внутренние моря России (Черное, Азовское, Каспийское, Балтийское) в целом имеют высокий фон загрязнения ТМ. Источники загрязнения в них те же, но значения стоков ЗВ в них заметно увеличены. На единицу поверхности Черного моря приходится 4 единицы площади водосборной суши, тогда как для океана это отношение равно 0.4. Таким образом, Черное море при прочих равных обстоятельствах оказывается на по-

рядок более подверженным воздействию суши, в том числе антропогенному, по сравнению с океаном.

Во внутренних морях техногенные источники ТМ преобладают над природными. Тем не менее, для растворенных в воде форм ТМ ни по одному элементу ПДК превзойдены не были, хотя здесь зафиксированы более высокие, чем среднемировые концентрации. Средние концентрации металлов в морской воде уменьшаются по сравнению с речной в 5 раз для Pb, в 4 раза для Mn, в 3 раза для Cd и Ni, в 2 раза для Co и мало изменяются для Zn и Fe (Черное море). Концентрации цинка в придонной воде Новороссийского порта превышают допустимые уровни в 9 и 10 раз. Растворенная ртуть содержится в поверхностных водах в пределах 5–55 нг/л. не достигая ни в одном случае ПДК (0.1 мкг/л).

Специального рассмотрения требует вопрос о ртути в Черном море. О ртутьносности мергелей, которые используются для производства цемента, было известно 40 лет назад. Обращают на себя внимание высокие концентрации ртути в донных осадках (0.28–0.40 мкг/г), причем максимальное значение содержания ртути (0.76 мг/г) зафиксировано на траверсе Ю. Озереевки. Там же зафиксированы и максимальные концентрации растворенной ртути. Это связано со строительством порта-убежища нефтепровода Тенгиз–Новороссийск, в результате которого флишевые породы, слагающие берег, были механически нарушены и стали легче размываться волнами.

В Азовском море в последние 5 лет наблюдается тенденция к снижению загрязнения водной толщи большинством тяжелых металлов (кроме кадмия и ртути). Содержание ртути остается в 3 раза выше ПДК в Таганрогском заливе, а концентрация меди составляет 10–14 ПДК. В целом для Азовского моря характерно постоянное локальное загрязнение вод свинцом; содержание цинка, хрома, свинца, марганца в большинстве случаев соответствует фоновым значениям, характерным для малозагрязненных вод.

Антропогенная нагрузка на акваторию Северного Каспия определяется в основном выносом ЗВ водами рек Волга и Урал, сбросом бытовых сточных вод и атмосферным переносом ЗВ от среднеудаленных источников. В связи с осаждением значительной части ЗВ в водохранилищах вынос ТМ и других ЗВ с водами Волги в настоящее время снижается. Оценка экологического состояния Северного и Среднего Каспия осенью 2002 года по повторяемости и кратности превышения ПДК показал, что воды Северного Каспия характеризуются низким уровнем загрязнения по Cu, Zn, средним по сумме ГХЦГ и высоким по фенолам [5]. Донные осадки северо-западной части Среднего Каспия сильно загрязнены. Концентрация Cu, Pb, Cd, Cr, Hg и Ag здесь на порядок величин выше, чем в Северном Каспии. Эти данные свидетельствуют о том, что проблема загрязнения вод и особенно донных отложений Каспийского моря стоит очень остро.

В Балтийском море в его окраинных частях (Финский, Вислинский заливы) у портов и на свалках грунта воды загрязнены ртутью, свинцом, медью, хромом, никелем, кобальтом. В последние несколько лет отмечается понижение концентраций ТМ в связи с уменьшением сбросов в прибрежную зону моря ЗВ в основном из-за снижения объемов промышленного производства.

В настоящее время загрязнение ТМ морей России в целом носит локальный характер. Открытые части морей остаются практически незагрязненными, что объясняется наличием в прибрежной зоне гидродинамических и гидрохимических барьеров, на которых задерживается большая часть ЗВ. Они переходят в донные осадки и включаются в миграцию по пищевым цепям [14–16].

Техногенные радионуклиды. Основными источниками радиоактивного загрязнения российских морей являются: глобально распространенные долгоживущие радиоактивные изотопы – продукты испытаний ядерного оружия, выброс радиоактивных веществ из четвертого блока ЧАЭС, плановые и аварийные выбросы радиоактивных веществ предприятиями атомной промышленности, химкомбинаты, привнесенная радиоактивность (трансграничный перенос), дампинг. Основными загрязнителями являются: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{238}Pu , ^{154}Eu . С 1945 г. техногенные радионуклиды твердо заняли свое место в таблице стресс-индексов ВОЗ. Радиоактивное загрязнение морей России в основном сформировалось в 50-х – 70-х годах. Перед аварией ЧАЭС

(1986) средний глобальный уровень загрязнения Восточно-Европейской равнины составлял 0.08 Ки/км^2 по ^{137}Cs и 0.05 Ки/км^2 по ^{90}Sr .

В морях Российской Арктики источниками радиоактивного загрязнения являлись: испытания ядерного оружия на архипелаге Новая Земля, сибирские химические комбинаты, западноевропейские радиохимические заводы (Селлафильд, Дюкрей, Ла-Хагуа), дамлинг твердых и жидких радиоактивных отходов, Северный военно-морской флот и ледокольный флот Мурманского морского пароходств, авария на ЧАЭС [17]. В результате гидрогенного, гравитационного, ледового, биогенного и атмосферного переноса радионуклидов оказались загрязненными в разной степени воды, грунты, взвесь, льды, биота и атмосфера Арктики. В настоящее время общий уровень радиоактивной загрязненности вод морей Российской Арктики, кроме нескольких локальных регионов, мало отличается от фонового. Роль дамлинга в восточных бухтах Новой Земли в открытой части Карского моря пока незаметна.

Роль жидкого стока Оби и Енисея в выносе техногенных радионуклидов в настоящее время оценивается как незначительная. Она зафиксирована в летописи донных осадков.

Шельфовые моря Российской Арктики по сравнению с радиоактивным загрязнением вод открытой части Северного Ледовитого океана (^{137}Cs – 2–14, ^{90}Sr – 6–8 Бк/кг осадка) более загрязнены (^{137}Cs в осадках до 100 Бк/кг). Содержание ^{137}Cs , зафиксированное в некоторых в фиордах и губах, очень высокое – до 6000 Бк/кг [17]. Осадки Восточного сектора Российской Арктики характеризуются фоновым содержанием радионуклидов. Дальневосточные моря России, кроме бухты Чажма, с точки зрения радиоактивного загрязнения изучены слабо.

Радиоактивный фон внутренних морей России сформирован, в основном, глобальным фоном и аварией ЧАЭС. Наиболее подверженными «чернобыльскому следу» оказались Черное, Азовское и Балтийское моря. По самым скромным оценкам в Черное море поступило около 75 Ки ^{90}Sr . Средние концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах Черного моря составляли после аварии около 0.5 и 0.6 пКи/л. Концентрации ^{137}Cs , начиная с 1987 г., стабилизировались на уровне около 1.5 пКи/л – 40 пКи/л. В осадках прибрежной зоны Анапа-Сочи ^{137}Cs варьирует от 0 до 0.50 Бк/г (в среднем 0.19 Бк/г). Эти значения близки к фоновым в земной коре. Средняя удельная активность ^{137}Cs во взвеси и донных осадках на Черноморском шельфе России выше примерно в 2–4 раза.

В Азовском море ^{137}Cs присутствует в осадках в количестве от 1 до 100 Бк/кг; в Енисейском заливе отмечены такие же концентрации [17–19]. В Каспийском море концентрации ^{137}Cs оказались ожидаемыми и планетарного уровня. Балтийское море – из внутренних морей самое загрязненное. В поверхностном слое осадков концентрации ^{134}Cs и ^{137}Cs имели в 1987 г. значения 1300 и 3400 Бк/кг сухого вещества. Проникновение ^{137}Cs в толщу осадка достигает 10–15 см.

Таким образом, концентрация техногенных радионуклидов в водной толще морей находится на уровне допустимой, в грунтах – есть локальные участки с повышенной радиоактивностью, приуроченные к фиордам Новой Земли, впадинам Печорского моря, устью Енисея.

Загрязнение морей России химическими и взрывчатыми боеприпасами.

Количество свалок химических и взрывчатых боеприпасов в российских морях – 23 (по карте масштаба 1:200 000). Наиболее опасны химические отравляющие вещества (ХОВ), затопленные в Балтийском море (1945г, 12.03 тыс. т или 1/3 всех ХОВ Германии) в Лиепайском и Боркнольмском районах. Затопление россыпное в первом случае не локализовано, во втором – локализовано. Состав захоронений: циклон Б (синильная кислота), ОВ (иприт, адамсит, хлорацетофен). Главную потенциальную опасность затопленное химическое оружие (ХО) представляет из-за токсичности продуктов его разрушения, эффектов биоаккумуляции и долговременного загрязнения донных осадков мышьяком, содержащегося в люизите. К счастью большинство химических компонентов и продуктов разрушения ХО не накапливаются или слабо накапливаются в пищевых цепях, а для As характерно обычно умеренное биоконцентрирование в морских организмах. В ряде мелководных районов Балтийского моря, где обнаружено ХО и на-

блюдается высокая плотность бентоса, возрастает потенциальная опасность передачи токсических веществ по пищевой цепи к рыбам, птицам и людям. При потреблении морепродуктов с повышенным содержанием As возрастает риск раковых заболеваний.

Реальную опасность химическое оружие в настоящее время представляет в том случае, если боеприпасы будут подниматься тралами рыболовных судов. В настоящее время химические боеприпасы в Балтийском море присутствуют как в полностью разрушенном состоянии, так и в сравнительно неизменном виде. На наш взгляд, концентрированные россыпные захоронения следует засыпать, т.е. в этих местах надо организовать дампинг чистых грунтов.

Таким образом, анализ накопленных данных по ЗВ показал, что моря России по уровню химического загрязнения можно расположить в следующий ряд от грязных к более чистым и мало загрязненным: Азовское – Северный и Средний Каспий – Японское – Балтийское – Баренцево – Печорское – Черное – Охотское – Карское – море Лаптевых – Восточно-Сибирское – Чукотское. В пределах морей России имеются районы, уровень загрязнения которых катастрофический. Это ряд заливов, бухт, портов. Открытые части морей России загрязнены значительно меньше чем прибрежные районы. Загрязнение арктических морей России уменьшается с запада на восток, хотя и здесь есть бухты (например, Тикси) и отдельные участки побережий (например, у острова Колгуев), которые выделяются повышенным уровнем содержания ЗВ.

Общей геохимической закономерностью является возрастание загрязненности в ряду пески – алевриты – илы. Эта закономерность проявляется на точечном, локальном, региональном и глобальном уровне. Естественно, что она отражается на планктоне, ихтиопланктоне и бентосе. Сочетание природных и антропогенных процессов часто приводит к появлению в поверхностном слое осадков и придонном слое дефицита O_2 и появлению H_2S .

В поверхностном микрослое морской воды концентрируются ЗВ различной химической природы, в т.ч. тяжелые металлы и органические поллютанты за счет фракционирования, флотационных процессов и поверхностно активных свойств комплексов металлов с органическими лигандами. Суть механизма концентрирования веществ в микрослое обусловлена тяготением полярной части молекул к воде, а гидрофобной – к границе раздела вода-воздух. Основная часть морских аэрозолей образуется при лопании пузырьков, возникающих в толще воды при обрушении волн. Экспериментально показано, что композиция химических веществ при разрыве пузырьков сходна с составом поверхностного микрослоя и морскими аэрозолями [20, 21].

Загрязненные морские аэрозоли при ветре с моря вызывают у людей болезни дыхательных путей, легочную пневмонию и аллергию. Надо отметить, что морская составляющая аэрозолей в ряде случаев содержит значительно больше загрязняющих веществ, чем терригенная.

Биоаккумуляция веществ

Для живого вещества и всех его представителей характерна способность концентрировать химические элементы в процессе жизнедеятельности. Коэффициенты концентрирования особенно высоки для морских организмов (до 10^6 и более по отношению к морской воде). Парадокс ситуации состоит в том, что биоте для нормальной жизнедеятельности необходимо более 50 микроэлементов, в том числе Se, As, Ni, V, Cd, Cu, Zn, Bi, Li, и др.) которые при высоких концентрациях в воде и пище для нее токсичны (вспомним утверждение Парацельса: «Все субстанции ядовиты, нет ни одной, которая не была бы ядом. Правильная доза разделяет лекарство и яд.»). Процесс концентрирования химических элементов состоит из сорбции вещества на поверхности адсорбентов, на клеточных оболочках, прохождении через мембраны и вхождение в клеточные биокомплексы. Биомембраны обладают защитными свойствами лишь до определенных концентраций веществ в среде. Лигандами в основном выступают органические соединения (липиды, аминокислоты, полисахариды, нуклеотиды и др.), имеющие функциональные группы, способные образовывать комплексы с металлами.

Закономерности накопления веществ выражаются в существовании общих закономерностей накопления металлов и галогенов в крупных таксонах морской биоты, от-

четливо выраженном явлении группового концентрирования металлов и усилении при этом токсического эффекта, в увеличении концентраций от целых особей к органам животных и клеточным структурам, накоплении в ряде случаев токсичных веществ по трофической цепи (например, [22–24]).

Химическое загрязнение и здоровье человека.

Геохимическое состояние морей России оказывает влияние на здоровье и жизнь людей по нескольким направлениям:

-Через пищу, добываемую в море. Это рыба, водоросли, моллюски, ракообразные. Качество морепродуктов зависит от уровня загрязнения воды, взвеси и донных осадков и накопления загрязняющих веществ по пищевой цепи.

-Через воздух и аэрозоли, обогащенные загрязняющими веществами, которые концентрируются в поверхностном слое воды в десятки и сотни раз и переносятся ветром вместе с брызгами в прибрежные районы.

-Через предсказания катастрофических событий (цунами, землетрясений) и состояния глубинных процессов по геохимическим индикаторам в придонном слое, в осадках и в толще воды.

-Через рекреационный комфорт на берегу. Полноценный отдых невозможен, когда пляжи загрязнены, с моря идет запах гниющих водорослей, запах нефти и других особо пахнущих и вредных для здоровья сернистых соединений. В большинстве случаев это связано не с природными как у Перу и Чили явлениями, а с грубыми нарушениями норм сброса биогенных веществ. Естественная экосистема перестает подчиняться принципу Ле Шателье (возникновение разомкнутости биогеохимических круговоротов биогенных и других веществ, направленное на компенсацию природных и техногенных изменений).

Наиболее опасными загрязнителями для здоровья людей являются пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды. ТМ стоят на втором месте (первое занимают пестициды). Они значительно опережают по стресс-индексу широко распространенные загрязняющие вещества как оксид углерода, сернистый ангидрит, фотоокислители.

Следствием изменения химического состава морской среды явилось распространение новых заболеваний («урбанитов») – генетических, токсикологических, аллергических, эндокринных (таблица 3). Печальную известность приобрел город Минамата (о. Кюсю), где, начиная с 1963 г., регистрировались случаи отравления ртутью. Органические соединения ртути сбрасывались химическими предприятиями «Талко» вместе с канализационными стоками. Ртуть накапливалась в рыбах, крабах, устрицах. В результате ртутного отравления умерло более 200 человек и тысячи людей заболели.

Воздействие ртути приводит к биохимическим сдвигам, в частности, к нарушениям окислительного фосфорилирования в митохондриях почек и печени. Установлены нейротоксические, гонадотоксические, эмбриотоксические и тератогенные свойства соединений ртути. Особо чувствительны к действию ртути эмбрионы. У людей, употребляющих в пищу рыбу, загрязненную ртутью, было обнаружено повышение хромосомных aberrаций. Эту болезнь назвали болезнью Минамата. Хроническое заболевание, обусловленное повышенным содержанием в пище кадмия, получило название – «итай-итай».

В настоящее время нельзя однозначно ответить на вопрос о связи радиационного фона с негативными изменениями в состоянии здоровья человека, проживающего на побережье наших арктических морей. Исследование радиологической зависимости «доза-эффект» выявили признаки влияния радиации на биологические показатели, однако повышенная смертность оленеводов от рака пищевода (в 15–20 раз выше по сравнению с остальной Россией) не коррелирует со значениями доз радиации. Например, в западных районах (Мурманская обл. и др.), где основные дозы радиации от ^{137}Cs в 5 раз больше, чем в восточных районах (Якутия, Чукотка), онкосмертность в 3–4 раза меньше.

Естественное очищение цепи «лишайник-олень-человек» после чернобыльской добавки (на 17–35% от доаварийного уровня) приостановилось (КОМИ и НАО). Это свя-

зано с увеличением потребления северянами оленины при переходе региона на продовольственное самообеспечение в связи с экономическим кризисом.

Биологическое воздействие малых доз радиации на биоту и человека систематически не изучается. Проблемы управления радиологической ситуацией должны решаться не только в России, но и за ее пределами (Селлафильд и др.). Эта проблема связана не только с внутренними законодательными актами, но и с международными соглашениями, конвенцией о трансграничном переносе загрязняющих веществ (МАГАТЭ).

Таблица 3

Влияние загрязнителей окружающей среды на здоровье человека

Вещества	Влияние на здоровье человека
1. НУ и нефтепродукты	Нефтяная пленка толщиной 0,5–1,0 мм способна уменьшить влаго- и газообмен на 50–90%. Чувствительные организмы морской среды могут пострадать при содержании ее растворимых компонентов 1 мг/л или 1 мкг/л.
2. Пестициды	Канцерогены (некоторые). Генотоксические эффекты. Изменения со стороны половой системы.
3. Ртуть и ее соединения	Изменения со стороны нервной системы. Изменения со стороны половой системы. Поражение почек. Эмбриотоксические и тератогенные эффекты. Генотоксические эффекты. Болезнь Минамата (нарушения зрения, слуха, осязания, неврологические расстройства).
4. Свинец и его соединения	Канцероген Изменения со стороны нервной системы (функциональные расстройства ЦНС, энцефалопатия, двигательные расстройства. Поражение зрительных анализаторов, неспособность к занятиям, частичная потеря слуха у детей). Изменения со стороны сердечно-сосудистой системы. Эндокринные и обменные нарушения. Изменения со стороны желудочно-кишечного тракта. Нарушения функции почек.
5. Кадмий и его соединения	Канцероген. Боли в костях скелета и переломы. Поражение почек, печени, нервной системы, легких, нарушения функций половых органов. Эмбриотоксические эффекты. Генотоксические эффекты. Болезни «итай-итай» (деформации скелета, переломы костей, повреждение почек).
6. Радионуклиды	Лучевая болезнь, онкозаболевания.
7. Отравляющие химические вещества	Заболевания дыхательных путей, пищевые отравления.

Примечание:

1. *Эмбриотоксичность* – способность некоторых химических веществ и биологических агентов при проникновении в организм беременной женщины вызывать гибель эмбриона.
2. *Тератогенное действие* – действие, повреждающее зародыш.
3. *Генотоксическое действие* – действие, приводящее к возникновению мутаций.

Прогноз экологического состояния морей России

Дальнейшее состояние морей России, с точки зрения их химического загрязнения, зависит от планов их освоения, деятельности на суше, чистоты технологий, состояния законодательной базы и экологической культуры россиян.

Планы России по освоению своих морей на первую четверть XXI века грандиозны. Планируется освоить нефтегазовые месторождения Сахалинского шельфа, нефтяные – Печорского моря, газоконденсатное Баренцева моря (Штокманское), на очереди – газоконденсатное Ленинградское и Русановское конденсатное в Карском море, нефтяное – в северном Каспии, Кравцовское (Д6) в юго-восточной Балтике, проектируются транснациональный газопровод Ямал-Европа по Балтийскому морю, «Северные ворота» – по Печорскому, прокладка подводного волоконно-оптического кабеля Киркинес-Анадырь по шельфу арктических морей. Намечается добыча россыпных месторождений полезных ископаемых на восточных арктических морях России, развитие Северного Морского пути, оборонных комплексов. Имеются планы освоения ресурсов континентального склона, где экологическую ситуацию еще труднее контролировать. В связи с этим следует ожидать увеличения негативного антропогенного пресса на экосистемы и здоровье наших людей.

Продолжающаяся в стране перестройка на рыночный капиталистический путь развития привела к массовой эксплуатации природных ресурсов (в том числе в акваториях) под лозунгом «цель оправдывает средства». Поэтому ни о каком гармоничном комплексном многоотраслевом развитии говорить не приходится [10, 25].

Пренебрежение экологической культурой идет, нередко, сверху. Процесс деэкологизации мы наблюдаем предметно: объединение пользователя и структуры, ответственной за охрану окружающей среды.

Прекращение хозяйственной деятельности, неизбежно ведущей к загрязнению наших морей, невозможно. Однако чрезмерное потребление человеком биопродукции и невозобновляемых ресурсов недр приняло глобальные масштабы (например, [26, 27]) и заставляет ставить вопрос: «Куда мы идем?». Нужно сформулировать экологический императив – совокупность ограничений, накладываемых на деятельность людей, нарушать которые нельзя никому. А.Леопольд, Н.Н.Моисеев и В.И.Данилов-Данильян [28–30] сформулировали и отстаивали в своих работах экологический императив как базовое понятие экологической этики. Это в экологическом смысле – ограничение свободы действий в борьбе за существование. Особенностью экологической этики является, таким образом, то, что ее нормы и требования носят не рекомендательный, а категорический и безусловный характер.

Конкретно мы предлагаем:

Бескомпромиссное соблюдение нормативно-правовой базы и требований ОВОС, обязательное прохождение через независимую экспертизу; по отдельным проектам проводить ОВОС по регионам в целом, если в них сосредоточено несколько проектов, например, в Финском заливе, на шельфе Восточного Сахалина, на Черноморском побережье России; обеспечить прозрачную деятельность компаний при проведении производственного мониторинга; разработать закон о комплексном управлении прибрежными зонами (КУПЗ); проводить серьезный медико-биологический мониторинг на побережье, примыкающем к объектам хозяйствования в прибрежной зоне; восстановить Федеральную сеть прибрежных станций наблюдений и морских разрезов на морях России и продолжить выпуск более полных «Ежегодников качества морских вод»; не допускать внесения поправок в Федеральный закон «О внутренних водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ» от 31.05.98 г., которые открывают путь нефтяным компаниям к беспрепятственному и практически бесконтрольному загрязнению

морей; создать правовые условия экономической заинтересованности компаний в разработке инновационных природоохранных технологий и их использовании при добыче минерального и углеводородного сырья в морях России; отделить пользователя от структуры, ответственной за охрану природной среды; кардинальным будет принятие решений о районировании морей России по приоритетам их использования (биоресурсы, недра).

В заключение отметим, что экологические проблемы нужно решать гласно, не покрывать их завесой государственной тайны, ибо, согласно Закону Российской Федерации (06.10.97; № 131-ФЗ) «Сведения о состоянии экологии, здравоохранения, санитарии, демографии... не подлежат засекречиванию» (раздел III статья 7 Закона).

Литература

1. Экологическая доктрина Российской Федерации / М.: Канцелярия Президента, 2003.
2. *Лосев К.С., Горшков В.Г., Кондратьев К.Я. и др.* Проблемы экологии России / М.: ВИНТИ, 1993. 348 с.
3. Геоэкология шельфов и берегов морей России / Под ред. Н.А. Айбулатова. М.: Ноосфера, 2001. 428 с.
4. *Патин С.А.* Нефть и экология континентального шельфа / М.: Изд. ВНИРО, 2001. 247 с.
5. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 2002 г. СПб.: Гидрометеиздат. 2004. 135 с.
6. Экологический энциклопедический словарь / М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. 930 с.
7. Глобалистика: Энциклопедия /гл. ред. И.И. Мазур, А.Н. Чумаков. М.: Радуга, 2003. 1328 с.
8. *Лисицын А.П.* Потоки вещества и энергии во внешних и внутренних сферах Земли. В кн: Глобальные изменения природной среды – 2001. Гл. ред. Н.Л. Дюрецов, В.И. Коваленко. Новосибирск. Из-во СО РАН, 2001. с.163-248.
9. *Романкевич Е.А., Ветров А.* Цикл углерода в арктических морях России / М.: Наука, 2001. 302 с.
10. Печорское море. Системные исследования (под ред. Е.А. Романкевича, А.П. Лисицына, М.Е. Виноградова). М.: Море, 2003. 486 с.
11. *Виноградова А.А.* Источники и стоки антропогенных пассивных примесей в атмосфере Российской Арктики / Фундаментальные исследования в Арктике (под ред. Н.Н.Романовского) М.: «Янус-К», 2002. с.23
12. *Etkin D.S., Nauke V., Koefoed J., Johnson P., Wells P., Campbell J., Meyer T., Grey C.* Estimates of oil entering the marine environment in the past decade: GESAMP Working Group 32 Project // Proceeding of the 1999 International Oil Spill Conf. Washington, D.C.: API, 1999. p.25–30
13. *Патин С.А.* Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа / М.: Изд. ВНИРО, 1997. 350 с.
14. *Айбулатов Н.А.* Динамика твердого вещества в шельфовой зоне // Л.: Гидрометеиздат, 1990. 304 с.
15. *Лисицын А.П.* Маргинальный фильтр океанов//Океанология. 1994. т.34. №5. с.135–447.
16. *Емельянов Е.М.* Барьерные зоны океана / Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.
17. *Айбулатов Н.А.* Экологическое эхо холодной войны в морях Российской Арктики. М.: ГЕОС, 2000. 307 с.
18. *Галимов Э.М., Лаверов Н.П., Степанец О.В., Кодина Л.А.* Предварительные результаты эколого-геохимического исследования арктических морей России (по материалам 22-го рейса НИС «Академик Борис Петров» // Геохимия. 1996. №7. с.579–597
19. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г.* Радиационная экологическая океанология. Изд.-во КНЦ РАН, 2001. 417с.

20. *Лапшин В.Б., Роголин И.Г.* Капиллярно-конвективная неустойчивость воды в присутствии ПАВ // Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана. 1992. т.28. №10.
21. *Лапшин В.Б., Сидоренко А.В.* Взаимодействие гравитационно-капиллярных структур в поверхностном слое океана // Электронный журнал «Исследовано в России». 2001. т.135. с.1561–1570. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/135.pdf>
22. *Христофорова Н.К.* Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
23. *Саенко Г.Н.* Металлы и галогены в морских организмах. М.: Наука, 1992. 200 с.
24. *Саенко Г.Н.* Антропогенное воздействие на биоценозы и таксоны шельфа морей России / Геоэкология шельфов и берегов морей России (под ред. Н.А. Айбулатова). М.: Ноосфера, 2001. с.383–416
25. *Осипов В.И.* Реформы глазами эколога. Вестник РАН. 2003. т.73. №12, с.1061-1067
26. *Vitosek P.M., Ehrlich P.R., Ehrlich A.H.E. et al.* Human Appropriation of the Products Photosynthesis // Bioscience. 1986. p.368–373
27. *Горшков В.Г.* Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды / Итоги науки и техники. Сер. Теоретические и общие вопросы географии. Т. 7. М.: ВИНТИ, 1990. 238 с.
28. *Леопольд А.* Календарь песчаного графства / М. 1983. 200 с.
29. *Моисеев Н.Н.* С мыслями о будущем России. М.: Фонд содействия и развития социальных и политических наук, 1997. 210 с.
30. *Данилов-Данильян В.И.* Экология требует изменения этической системы / Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т.3. М.: “Янус-К”, 2002. с.123–128

Об авторах:

Романкевич Евгений Александрович - окончил геологический факультет Московского государственного университета им. Ломоносова в 1954 году и аспирантуру Института океанологии им. П.П. Ширшова, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ. Область научных интересов: циклы химических веществ в биосфере, химия океана, биогеохимия.

Айбулатов Николай Александрович – окончил географический факультет Московского государственного университета им. Ломоносова в 1954 году. Доктор географических наук, профессор, заслуженный эколог РФ, заведующий лабораторией Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Проводит исследования в области геоэкологии, динамики твердого вещества и загрязнителей в шельфовой зоне.