**Загрязнение прибрежной зоны города Владивостока.**

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение природной среды является одной из наиболее актуальных проблем, стоящих перед современным человечеством. Влияние человека на природу нача*лось* очень давно. Воздействие человека на среду своего обитания односторонне направлено на эксплуатацию природных богатств и поэтому издавна вело к нарушению равновесия между различными взаимосвязанными природными процессами.

Стремительное развитие за последние 100-150 лет энергетики, промышленности, транспорта, сельского хозяйства вызывало загрязнение планеты вредными веществами, что оказывало пагубные необратимые последствия на природу. В наши дни ученые обнаруживают существенные изменения круговорота воды, кислорода, углерода, азота, минеральных веществ в биосфере Земли. Моря и океаны покрывают 79% поверхности нашей планеты. Являясь аккумулятором и источником тепла, моря регулируют климат планеты.

Мировой океан обладает колоссальными биологическими, энергетическими и минеральными ресурсами. Он является крупнейшим поглотителем углекислого газа и производителем кислорода. Более половины кислорода, который поступает в атмосферу Земли, продуцируют мельчайшие водоросли—фитопланктон Мирового океана. Фитопланктон является также кормовым ресурсом рыб и средством самоочищения океана.

Разнообразны формы подводной жизни: животный мир океана насчитывает более 180 тыс. видов, а растительный—более 10 тыс. разновидностей. Богатства океана могут стать одним из основных источников получения продовольствия для человека.

Намечается добыча из морской воды ценных элементов и соединений. Уже сейчас океан дает человеку олово, серу, уголь, железную руду, магний, бром , газ, нефть.

Еще недавно человек мог спокойно использовать морские бассейны в качестве резервуара для сброса канализационных вод и других отходов, и был уверен в том, что они будут быстро разбавлены, рассеяны и поглощены морской средой. Интенсивный рост народонаселения, развитие техники и связанное с этим увеличение количества вносимых в мировой океан загрязнений все более затрудняет процесс самоочищения водоемов. Под самоочищением понимается совокупность природных, физических, химических, микробиологических и гидробиологических процессов, обусловливающих разложение и поглощение загрязняющих веществ, что приводит к восстановлению естественных характеристик морокой воды и среды, свойственных их незагрязненному состоянию.

С каждым годом загрязнение природных вод возрастает (снижаются их биосферные функции и экономическое значение в результате поступления в них вредных веществ).

Одним из основных загрязнений являются нефть и нефтепродукты. Также, пагубно влияют на состояние воды металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, хром), радиоактивные элементы, ядохимикаты, стоки животноводческих ферм.

**Загрязнение**

По экспертным оценкам , наибольшую антропогенную нагрузку испытывают акватории залива, прилегающие к г. Владивостоку - Амурский залив и бухта Золотой Рог, а также зал. Находка.

Таким образом, объем ежегодного поступления сточных вод в бухту Золотой Рог, залив Находка и Амурский залив составляет около 2.6%, 0.0017% и 0.0006% от объемов их водных масс, соответственно. Другие акватории зал. Петра Великого подвержены загрязнению в гораздо меньшей степени.

В 70-х - 90-х годах содержание загрязняющих веществ в разных компонентах морской среды, процессы поступления, переноса, аккумуляции и трансформации основных, наиболее опасных для морских экосистем и человека токсикантов, а также биологические последствия загрязнения изучали сотрудники ряда научно-исследовательских и образовательных учреждений г. Владивостока - ДВНИИГМИ, ДВО РАН, ТИНРО, ДВГУ. Краткое обобщение результатов этих исследований приведено ниже.

**Амурский залив, бухта Золотой Рог и пролив Босфор Восточный**.

Амурский залив и его водосборный бассейн - один из уникальнейших районов России. Здесь расположен природный комплекс чернопихтово-широколиственных лесов, в северо-восточной части бассейна - остатки уссурийских широколиственно-кедровых лесов, на северо-западе - дубовые леса с редколесьями. В залив на севере впадает крупнейшая в южном Приморье р. Раздольная. Практически во все реки его западного побережья заходят на нерест тихоокеанские лососи, а на реках Рязановка и Барабашевка имеются рыборазводные заводы по воспроизводству приморской кеты. На юго-западе в прибрежных водах расположены крупнейшие естественные скопления промысловой водоросли анфельция. В северо-восточной части залива в зал. Угловом эксплуатируется в лечебных целях уникальное месторождение морских иловых сульфидных грязей. В пределах бассейна расположены особо охраняемые территории - заповедник “Кедровая падь” и большая часть “Уссурийского заповедника”.

Вместе с тем бассейн Амурского залива относится к наиболее освоенным в крае. Здесь расположены большие города - Владивосток (население более 800 тыс. человек) и Уссурийск, одна из наиболее крупных на Дальнем Востоке курортных зон. В бассейнах рек, впадающих в залив, имеются горнодобывающие предприятия, разрабатывающие различные виды полезных ископаемых. В долине р. Раздольной развито сельское хозяйство. Развитие хозяйственной деятельности в период с 60-х по 90-е годы не сопровождалось строительством достаточно мощных и эффективных очистных сооружений, что привело в результате к использованию вод залива в качестве приемника неочищенных стоков.

Основные источники загрязнения залива :

1. -неочищенные промышленные и бытовые сбросы г. Владивостока и его пригородов;
2. -нефтепродукты от судов на рейдовых стоянках;
3. -сельскохозяйственные сбросы и неочищенные стоки г. Уссурийска, поступающие в залив с водами р. Раздольной;
4. -поступление загрязняющих веществ с атмосферными осадками и ливневыми стоками.

Крупнейший в Приморье морской порт в бухте Золотой Рог также оказывает влияние на загрязнение залива. Извлеченный в ходе дноуглубительных работ грунт сбрасывали в районе м. Токаревского (дампинг), что усилило загрязнение юго-восточной части залива ТМ и НУ .

По официальным данным (Долговременная программа …,1992), в залив ежегодно поступает более 120000 тыс. м3 сточных вод, в том числе около 118000 тыс. м3 сточных вод промышленных предприятий, 118 тыс. м3 стоков портов и 3127 тыс. м3 сельскохозяйственных сточных вод. Почти 78000 тыс. м3 сбросов поступает без очистки и более 26000 тыс. м3 - после недостаточной очистки. На долю Владивостока в 1990 г. пришлось 446 тыс. м3 сточных вод, из них 18% без какой-либо очистки . По экспертным оценкам, вместе со сточными водами в Амурский залив поступает около 104600 т органических веществ, 110050 т взвешенных частиц, 1540 т жиров, 880 т нефтепродуктов, .5 т фенолов, 1.2 т пестицидов.

Благодаря небольшим глубинам и интенсивному перемешиванию вод, органические загрязняющие вещества в толще вод распределены относительно равномерно; влияние локальных источников загрязнения проявляется только на станциях вблизи источников

Несмотря на то, что средние концентрации НУ и СПАВ в толще вод залива не превышают принятых в России предельно допустимых концентраций (ПДК) - 50 и 100 мкг/л, соответственно, - в прибрежной зоне залива содержание этих веществ часто превышает ПДК, а в б. Золотой Рог концентрация СПАВ достигает 150-250 мкг/л . Часть акватории залива и особенно б. Золотой Рог практически постоянно покрыта нефтяной пленкой, толщина которой у берегов может достигать 100 мкм: здесь даже средняя за год концентрация углеводородов (67 мкг/л) выше ПДК. Средние концентрации пестицидов (ДДТ и ДДД) в воде бухты также выше, чем в воде Амурского залива .

Анализ содержания ТМ в поверхностных водах залива выявил значительную неоднородность распределения различных элементов (коэффициент вариации > 30%), что обусловлено большим количеством мощных источников этого вида загрязнения (Долговременная программа …, 1992). Данные о средних концентрациях металлов в растворенной и взвешенной формах, полученные разными исследователями, несколько различаются (см. табл.).

**Форма Zn Pb Cu Cd Ni Co Ag Mn Hg**

Растворенная, мкг/л 4.12 1.27 0.35 0.26 1.63 0.89 0.19 6.44 нд1

Взвешенная, мкг/г 1489 460 126 96 591 223 69 1937 нд1

Растворенная, мкг/л 1.43 нд 0.48 0.07 0.43 нд нд 3.84 нд 2

Взвешенная, мкг/л 0.53 нд 0.12 н 0.16 нд нд 3.3 нд 2

Взвешенная, мкг/г\*\* 401 нд 85 н 65 нд нд 1776 нд 2

Растворенная, мкг/л нд 0.7 2.9 0.2 0.6 нд нд нд 0.01 3

Нд - нет данных, н - элемент не определяется. \*\*Приведены удельные концентрации металлов, мкг/г сух. массы.

Эти различия обусловлены, видимо, главным образом, местом и временем взятия проб, поскольку содержание растворенных металлов в воде залива подвержено сезонной изменчивости и контролируется стоком р. Раздольная (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni), антропогенным стоком с южной части п-ова Муравьева-Амурского (Zn, Ni, Cd) и поступлением из донных осадков (Mn, Fe). Содержание взвешенных форм микроэлементов еще сильнее варьирует в течение года (коэффициент вариации составляет 77-150%) и, вероятно, контролируется соотношением массы терригенного и техногенного металлсодержащего материала и масштаба синтеза биогенной взвеси. Тем не менее, сравнение концентраций растворенных металлов (Cd, Cu, Pb, Ni) в прибрежных водах возле г. Владивостока с аналогичными данными для прибрежных акваторий Китая, Кореи, Японии позволило сделать вывод, что уровень загрязнения наших вод соответствует таковому в промышленно развитых районах Северо-западной части Тихого океана .

Современные донные осадки прибрежной зоны являются конечным этапом миграции загрязняющих веществ, поступающих с прилегающей суши и из атмосферы. Содержание химических веществ в донных отложениях, поровых водах и придонном слое воды намного выше, чем в водной толще, поэтому исследование химического состава верхнего (2-5 см) слоя донных отложений и/или поровых вод позволяет судить о степени и характере антропогенного воздействия на прибрежные акватории. Исследования 1994 показали, что наиболее загрязнены тяжелыми металлами донные осадки юго-восточной части Амурского залива (от м. Токаревского до м. Фирсова). Кроме того, повышенные концентрации Zn и Ni обнаружены также в донных осадках в районе ст. Санаторная (4).

Данные биомониторинга с использованием традиционных организмов-биоиндикаторов, способных накапливать металлы (бурые водоросли, двустворчатые моллюски), также свидетельствуют о высоком уровне загрязнения морской среды залива ТМ, особенно в прибрежных водах г. Владивостока. Так, средние концентрации ТМ в мягких тканях тихоокеанской мидии (мкг/г сух. массы) зависят от места обитания .

По концентрациям ТМ в тканях мидий выделяется ст. Санаторная в пределах Амурского залива, б. Алексеева в пределах “прибрежных поверхностных вод” (к ним относятся большая часть Уссурийского залива, прибрежные районы западной части зал. Петра Великого, включая окрестности островов, а также заливы Восток и Америка), о-в Большой Пелис в пределах “открытых” вод (окрестности островов западной части зал. Петра Великого, внешние части заливов Посьета, Уссурийского и Амурского).

Кроме городских промышленных стоков, существенное влияние на загрязнение акватории залива ТМ и некоторыми органическими веществами оказал дампинг. Несмотря на то, что сброс грунтов был прекращен в 1985 г., спустя 5 лет донные осадки в районе дампинга содержали в 3-6 раз более высокие концентрации загрязняющих веществ, чем в среднем по заливу . Средние концентрации загрязняющих веществ (кроме фенолов) в донных осадках б. Золотой Рог значительно выше, чем в осадках Амурского залива .

Среди загрязняющих морскую среду химических веществ особого внимания заслуживают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и полихлорированные углеводороды (ПХУ), многие представители которых являются канцерогенами и/или мутагенами, а также радионуклиды. Максимальное содержание бензопирена (представитель ПАУ) обнаружено в осадках (>150 нг/г) и в макрофитах (>1200 мкг/г сух. массы), собранных вблизи устья р. Раздольной . По мере удаления от устья реки содержание бензопирена в осадках уменьшалось и варьировало от 5.4 до 96.6 нг/г, а в воде - от 0.1 до 0.7 нг/л. Повышенные концентрации бензопирена найдены также в осадках вблизи устья Второй Речки и в районе дампинга. Содержание ПХУ в донных осадках залива варьировало от 4.4 до 14.8 нг/г и максимальные их концентрации обнаружены в северной части залива, что указывает на роль стока р. Раздольной в загрязнении залива этими веществами . В осадках б. Золотой Рог и прол. Босфор Восточный ПХУ содержатся в количестве от 0.8 до 22.7 нг/г.

Исследование распределения искусственных радионуклидов в воде и донных осадках зал. Петра Великого, проведенное в 1994 г., показало, что на их долю приходилось не более 0.05-0.1% естественной радиоактивности воды . Слегка повышенные концентрации найдены в осадках северной части Амурского залива и возле б. Большой Камень.

Из тяжелых металлов особого внимания заслуживает ртуть - наиболее токсичный для морских организмов металл. Со сточными водами и осадками Hg поступает в морскую среду в основном в виде неорганических соединений, которые адсорбируются на взвеси и поступают в донные отложения. В результате трансформации и десорбции Hg вновь может переходить в придонную воду. Биологическая деятельность микроорганизмов способствует образованию органических форм Hg - метилртути и диметилртути, во много раз более токсичных, чем неорганическая ртуть. Исследование содержания Hg в экосистеме Амурского залива и б. Золотой Рог (Поляков и др., 1991) в 1986 г. показали, что содержание растворенной Hg в воде составляло от нескольких единиц до десятков нг/л. Аномально высокое содержание Hg обнаружено в поверхностной воде вблизи Второй Речки (680 нг/л) и в придонной воде вблизи устья р. Раздольной (100 нг/л). Данные по распределению Hg в донных осадках более показательны. Содержание Hg в 5-см слое осадков превышало фоновый уровень (около 0.1 мкг Hg /г сух. массы): в Амурском заливе - в 4.7 раза в районе Второй Речки, в 5.4 - в районе Спортивной Гавани, в 4.4 - в районе дампинга; в б. Золотой Рог и прилегающих акваториях - в 24 раза в кутовой части бухты, в 40 - в районе морского вокзала, в 22 - в пр. Босфор Восточный, в 27 - в районе м. Токаревского. Эти концентрации гораздо ниже найденных в сильно загрязненных ртутью районах Мирового океана, таких как зал. Минамата (Япония) или р. Рушикулия (Индия), однако сравнимы с уровнем ртутного загрязнения Рижского залива и западной части Средиземного моря (Поляков и др., 1991).

Аномальная зона с концентрациями Hg в воде до 237 нг/л и в осадках до 529 нг/г сырой массы, что превышает фоновые концентрации металла в 5 и 10 раз соответственно, выявлена у северо-восточного берега б. Алексеева . Источником загрязнения бухты ртутью являются прибрежные родниковые воды.

Таким образом, результаты физико-химических исследований, проведенных в начале 90-х годов, свидетельствуют о сильном загрязнении бухты Золотой Рог и прибрежных вод Амурского залива тяжелыми металлами и органическими соединениями. По степени загрязнения авторы “Долговременной программы…” (1992) разделили всю эту акваторию на 4 зоны: сильно загрязненную, умеренно загрязненную, слабо загрязненную и условно фоновую.

1. -зона сильного загрязнения включает б. Золотой Рог, район, прилегающий к устьям Первой и Второй Речек, зал. Угловой и устьевую часть р. Раздольной. Кроме того, выделяется аномальная по ряду металлов (Pb, Zn, Cu) и содержанию НУ зона в районе дампинга.
2. -зона умеренного загрязнения охватывает практически всю прибрежную акваторию северной части залива.
3. -слабо загрязненная зона включает значительную часть мелководной акватории между п-овом Песчаный и пос. Славянка. Для этой зоны характерен хороший водообмен с открытыми водами залива, основной вид загрязнения - НУ, поступающие с судов.

Условно фоновым можно считать акваторию южнее о-ва Русский и глубоководную часть залива южнее Славянского залива. Однако последний вывод не совсем верен: более детальные биогеохимические и биологические исследования экосистемы б. Алексеева (о-в Попова) выявили существенное ухудшение экологической ситуации в бухте, вызванное несколькими факторами: длительным использованием акватории бухты для промышленного культивирования приморского гребешка, влиянием загрязненных вод Амурского залива на гидрохимический режим бухты и загрязнением среды ТМ, в том числе ртутью .

Содержание фосфатов и нитратов в воде кутовой части Амурского залива в 1.5 - 2 раза выше, чем в его открытой части, а в водной толще б. Золотой Рог зарегистрированы максимальные концентрации фосфатов (около 100 мкг/л), нитратов (230 мкг/л), аммония (273 мкг/л). В Амурском заливе за 10 лет (1980-90 гг.) значительно возросли биомасса, плотность и первичная продукция фитопланктона .

Следствием гиперэвтрофирования прибрежных вод зал. Петра Великого стали участившиеся с начала 80-х годов “красные приливы” - показатели сильного “цветения” воды, вызванного интенсивным размножением микроорганизмов. Особую тревогу вызывают случаи интенсивного развития потенциально токсичных динофитовых и рафидофитовых водорослей в Амурском заливе и в б. Золотой Рог, зарегистрированные в 1987-1992 гг. (Селина и др., 1992; Стоник, 1994).

Изучение бактериопланктона зал. Петра Великого показало, что наибольшая плотность микроорганизмов характерна для б. Золотой Рог и Амурского залива в районе дампинга - от сотен тыс. до нескольких млн. кл/мл, тогда как в открытых водах залива плотность бактерий составила от сотен до сотен тыс. кл/мл (Михайлов и др., 1987). Наиболее многочисленными были нефтеокисляющие бактерии . Фенолокисляющие бактерии были найдены в загрязненных фенолами воде и донных осадках Амурского залива в районе Океанского фанерного завода .

**Залив Находка.**

На побережье залива Находка расположен крупнейший по грузообороту морской порт Дальнего Востока. В вершину залива впадает р. Партизанская - вторая (после р. Раздольной) по объему стока река в южном Приморье. Промышленные и коммунальные предприятия города, сбрасывающие сточные воды в залив, суда и портовые сооружения, а также речные стоки - основные источники загрязнения прибрежных вод залива. Относительно небольшой объем водных масс залива и большой объем сточных вод (см. выше) обусловили резкое ухудшение экологической ситуации в отдельных районах залива за последние 10-15 лет. В 1990-91 гг. специалисты из АО “Дальморгеология”, ДВГУ, ВНИИ океанологии и ИБМ ДВО РАН исследовали экологическое состояние залива, в том числе уровень загрязнения воды и донных осадков ТМ (Cd, Pb, Zn, Cu, Cr, Fe, Co, Ni), НУ, СПАВ, хлорорганическими соединениями (некоторые пестициды, в частности ДДТ и его метаболиты), фенолами .Концентрации НУ в воде широко варьировали - от 0 в б. Козьмино до 580 мкг/л в б. Находка. Значительные концентрации НУ найдены также в бухтах Новицкого (до 380 мкг/л) и Врангеля (до 130 мкг/л). Основные источники нефтяного загрязнения - морские суда и частые аварии на котельных. Высокие концентрации СПАВ обнаружены в бухтах Находка (до 5200 мкг/л), Врангеля (до 2080 мкг/л), Козьмино (до 1870 мкг/л). Фенольное загрязнение носило “пятнистый” характер и присутствовало только в северной части залива с максимумом в б. Находка (10 мкг/л). Пестициды обнаружены во всех пробах, максимальное их содержание найдено вблизи городского коллектора у северного побережья залива. Тяжелыми металлами наиболее загрязнены воды б. Находка и устья впадающих в залив рек - только концентрации Pb и Co не превышали ПДК. Повышенные концентрации Fe обнаружены почти на всех станциях с максимумом в б. Находка (495 мкг/л). Концентрации Cd составили 0.007, 0.015, 0.035 и 0.048 мкг/л в б. Находка и устьях рек Каменка, Партизанская и Хмыловка. Повышенное содержание Zn зарегистрировано у северных берегов залива с максимумом у входа в б. Находка (78,8 мкг/л), а превышающие ПДК концентрации Cr (9.9 мкг/л) и Ni - только в б. Находка. Высокие (>ПДК) концентрации Cu найдены как в северной части залива, так и в б. Находка (до 15.5 мкг/л).

На основании результатов гидрохимических исследований на акватории залива выделены три зоны:

1) наиболее загрязненная б. Находка;

2) загрязненная северная часть залива, а также бухты Врангеля и Новицкого;

3) относительно чистая южная часть залива. Данные о содержании загрязняющих веществ в донных осадках залива в целом согласуются с этим выводом. Аномальные по содержанию Zn, Cr, Co, Fe, Ni осадки концентрируются в б. Находка у причалов судоремонтного завода, в северной части залива в месте рейдовой стоянки судов, а также вблизи устья р. Партизанской. Две аномальные по содержанию Pb, Cu и НУ зоны расположены в б. Находка и еще одна - у устья р. Партизанской. Высокое содержание Cd и пестицидов обнаружено в осадках из б. Находка, при этом максимальная концентрация Cd (55.9 мкг/г сух. массы) найдена в вершине бухты, а пестицидов (240.3 нг/г сух. массы) - на выходе бухты у м. Шефнера.

Радиологические исследования установили низкую радиоактивность водной толщи (1-4 мкр/ч) и значительную вариабельность радиоактивности донных осадков (2-33 мкр/ч). В 1991 г. в южной части залива, на глубине 40 м, обнаружена аномальная зона неизвестного происхождения (342 мкр/ч). Повторные исследования в 1992 г. не подтвердили этих данных - радиоактивность осадков не превышала фоновых значений. Исследования 1994 г. не выявили повышенного содержания радионуклидов 137Cs и 60Co в донных осадках залива .

Новые данные (1996 г.) о загрязнении донных осадков зал. Петра Великого тяжелыми металлами подтвердили сложившееся к началу 90-х годов мнение о том, что б. Золотой Рог, зал. Находка и Амурский залив являются наиболее загрязненными. Уссурийский залив, хотя и подвержен загрязнению сточными водами с западного побережья г. Владивостока, населенных восточных берегов, а также речными стоками, загрязнен в меньшей степени из-за большого объема водных масс залива и возможности свободного гидрообмена с открытой частью зал. Петра Великого.

Максимальные концентрации Zn, Pb, Cu, Cd и Hg в донных осадках трех наиболее загрязненных акваторий (б. Золотой Рог с прилегающим пролив Босфор Восточный, зал. Находка и Амурский залив) составили соответственно: 702, 531, 556, 7.1 и 3.14; 377, 46, 61 и 0.44; 175, 55, 42, 1.3 и 0.36 мкг/г сух. массы . Уссурийский залив и зал. Стрелок характеризуются большим содержанием песчаных донных отложений с более низким содержанием Fe и других металлов. Тем не менее, очень высокие концентрации Zn (184 мкг/г), Pb (101 мкг/г), Cu (84 мкг/г), Hg (0.46 мкг/г) были найдены в осадках с двух станций вдоль западного побережья Уссурийского залива, вблизи сбросов сточных вод. Для сравнения, в донных осадках малоосвоенной прибрежной зоны КНДР содержание Pb, Cu и Cd составило 18, 8 и <0.1 мкг/г, соответственно . Средние концентрации Zn (47 мкг/г), Ni (13 мкг/г) и Cu (6 мкг/г) в донных осадках Татарского пролива в 1992 г. были также гораздо ниже, чем в осадках прибрежной зоны Владивостока и Находки. С другой стороны, содержание ТМ (мкг/г) и Fe (%) в донных осадках прибрежной зоны сильно индустриализованных районов северо-западной части Тихого океана вполне сравнимо с таковым в прибрежной зоне г. Владивостока .

В целом, исследователи сходятся во мнении, что загрязненные техногенными металлами (Ag, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) осадки в зал. Петра Великого локализованы вблизи источников загрязнения, главным образом в прибрежной зоне городов Владивосток и Находка . Влияние этих источников прослеживается на расстоянии не более нескольких км от берега. Так, основная масса Hg в районе Второй Речки сорбируется взвесью, оседает и накапливается в донных осадках в радиусе 250-300 м от места выброса сточных вод . Речной сток не играет большой роли в обогащении донных отложений залива техногенными металлами . На основании значений скорости седиментации (СС, см/год) и средних значений концентраций ТМ в верхнем (2 см) слое осадков было рассчитано поступление ТМ (мг/м2 в год) в Амурский и Уссурийский заливы (см табл.).

**Акватория** **СС Zn Pb Cu Cd Ag Hg**

Уссурийский залив 0.1 87 12 718 0.24 0.11 0.09

Амурский залив 0.1 320 94 843 0.69 0.43 0.17

Таким образом, результаты проведенных в 80-х -90 -х годах физико-химических и биогеохимических исследований различных компонентов экосистемы зал. Петра Великого дают основание считать наиболее загрязненными его акваториями б. Золотой Рог и пролив Босфор Восточный, зал. Находку (особенно б. Находку) и Амурский залив. Другие крупные заливы II и III порядков, такие как Стрелок, Восток, Посьета можно считать относительно чистыми, хотя и в них имеются локальные загрязненные участки. В последние годы в связи с созданием по инициативе ООН нового региона экономического развития, включающего часть территорий Китая, Кореи и России, возникла угроза усиления потока загрязнения, поступающего с водами р. Туманная в акваторию зал. Петра Великого, в частности в мелководные бухты зал. Посьета и акваторию Дальневосточного государственного морского заповедника . В настоящее время сотрудники ИБМ и других институтов ДВО РАН, ДВГУ, ДВНИИГМИ проводят гидрологические, гидрохимические, физико-химические и биологические исследования экосистемы этой части залива с целью определения уровня загрязнения и его биологических последствий.

**Загрязнение залива Петра Великого и его последствия.**

Залив Петра Великого, крупнейший из заливов в северо-западной части Японского моря, - уникальное явление природы, один из богатейших районов дальневосточных морей по обилию и разнообразию населяющих его животных и растений. Сохранение биоразнообразия - одна из основных задач Дальневосточного морского заповедника, организованного на акватории залива. Однако развитие хозяйственной деятельности на побережье и акватории залива в течение последних 20-30 лет вызвало ухудшение экологической ситуации в отдельных его районах, связанное главным образом с поступлением загрязнения от береговых источников. Береговая зона залива, занимая около 12% территории Приморского края, является наиболее освоенной его частью. Здесь расположена большая часть населенных пунктов, железные дороги, морские порты Владивосток и Находка, предприятия горнодобывающей, судоремонтной, рыбообрабатывающей, энергетической, строительной, пищевой и легкой промышленности, развито сельское хозяйство. В прибрежные воды залива поступают сточные воды, содержащие многокомпонентные смеси загрязняющих веществ минерального и органического происхождения. Загрязняющие вещества распространяются в морской воде не только в растворенной форме.

Нефтеуглеводороды (НУ), синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ) могут в виде тонкой пленки покрывать большие акватории. Многие органические соединения (НУ, пестициды) и тяжелые металлы (ТМ) присутствуют в воде или в донных отложениях в близи источника загрязнения в виде эмульгированных и тонких взвешенных форм

Попадая в прибрежные воды залива, загрязняющие вещества оказывают влияние на качество морской среды и на населяющие ее организмы. Негативное влияние загрязнения обнаруживается на разных трофических уровнях - от первичных продуцентов до млекопитающих, в том числе человека- и на разных уровнях организации живой материи - от молекулярно-биохимического до биоценотического и экосистемного. Основную опасность для морской биоты представляют следующие явления, связанные с загрязнением среды:

1. -дефицит кислорода в придонном слое воды, обусловленный расходом растворенного кислорода на окисление органических соединений;
2. -нарушение баланса питательных веществ, связанное с поступлением в больших количествах в прибрежные воды органических и минеральных соединений азота и фосфора ;
3. -накопление гидробионтами и передача по трофической цепи загрязняющих веществ, включающихся в метаболизм организма и вызывающих разнообразные токсические эффекты.

Для прибрежной части зал. Петра Великого характерны небольшие глубины, активный фотосинтез и интенсивный водообмен, что способствует хорошей аэрированности вод этого района. Насыщение кислородом поверхностных вод, как правило, выше 100%, в придонном слое концентрация О2 понижена (80-95% насыщения). В сильно загрязненных бухтах и в кутовых частях заливов II и III порядков со слабым водообменом (б. Золотой Рог, заливы Амурский, Уссурийский, Находка, Славянский, Посьета) в придонном слое воды образуются области с дефицитом О2. Относительное содержание растворенного О2 в придонном слое б. Золотой Рог и прол. Босфор Восточный в отдельные периоды снижается до 5-10%, Амурского залива - до 20-40%, Славянского - до 25%, Уссурийского - до 70%, зал. Посьет - до 40-50%. Это создает реальную угрозу для жизнедеятельности чувствительных к дефициту О2 гидробионтов, у которых нарушается дыхание и развивается внутритканевая гипоксия. О наличии таких явлений у морских ежей и мидий , собранных из нескольких районов Амурского залива, свидетельствует изменение концентраций каротиноидов (пигментов, способных связывать кислород за счет сопряженных двойных связей) в органах животных .

Обогащение прибрежных вод залива биогенными элементами (фосфор, азот, кремний), необходимых для фотосинтеза одноклеточных водорослей, приводит к усилению продукции фитопланктона.

**Морские экосистемы: трансформация и основные угрозы**

От загрязнения морской среды в наибольшей степени и в первую очередь страдают мелкие формы организмов. Исследования динамики численности планктотрофных личинок донных беспозвоночных в прибрежных водах г. Владивостока (б. Золотой Рог, пролив Босфор Восточный, Амурский залив) показали, что личинки морских ежей более чувствительны к загрязнению, чем личинки моллюсков, усоногих раков и полихет. Сезонные исследования личиночного планктона в б. Алексеева выявили снижение численности большинства групп донных беспозвоночных в 1986-1990 гг. по сравнению с данными, полученными в начале 70-х гг. для этой же акватории. Общая численность меропланктона в летние месяцы снизилась в 10 раз, что свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации в бухте.

Следует отметить, что уменьшение численности меропланктона в загрязенных акваториях может быть не только следствием гибели личинок в результате непосредственного действия на них токсических веществ, но и следствием нарушения у взрослых особей процесса формирования половых клеток (гаметогенеза) под влиянием загрязнения. Исследования 1984-92 гг. показали, что морские ежи и гребешки , обитающие в Амурском заливе и в б. Алексеева, не способны давать полноценное потомство из-за низкого качества продуцируемых ими половых клеток . Оказалось, что гаметогенез - очень чувствительная к загрязнению стадия жизненного цикла морских донных беспозвоночных. Низкое качество половых клеток приводит к появлению потомства, не способного пройти полный цикл развития.

В районах интенсивного антропогенного воздействия, включая крупные заливы и бухты северной части Японского моря, и особенно в локализованных местах развития марикультуры, замечены изменения в составе и структуре популяций массовых видов донных беспозвоночных. Изменяются размерно-возрастная структура и плотность поселения доминирующих и подчиненных видов, происходят качественные изменения в видовых составах. Нарушаются трофические связи. Долговременные наблюдения, как за животными искусственно интродуцированными в существующие биоты, так за самой биотой и ее изменениями, а так же окружающей средой позволяют выявлять факторы, способствующие изменению видового разнообразия, частичной смене первоначальных доминантов и другие популяционные характеристики, свидетельствующие о значительных нарушениях в прибрежных экосистемах.

Так в бухте Миноносок залива Посьет после длительного культивирования двустворчатых моллюсков обычно массовые для этого района здесь представлены преимущественно молодью. Если среднее число видов моллюсков в одной пробе в соседних бухтах равно 7-8, то в районе плантаций оно равно 12 и является наивысшим для бухт залива Петра Великого. Это свидетельствует о слабых фациальных различиях для двустворчатых моллюсков и высоких плотностях расселения видов. Обитатели илов и алевритов Raeta pulchella, Theora lubrica достигают предельных взрослых размеров на 4-5 см больше, чем в соседних районах, свободных от марикультуры. Отличия предельных размеров взрослых моллюсков, составляющих 3-4 класса размерного распределения в совокупности с повышенной плотностью дают основания говорить о предельных экологических изменениях в данном месте обитания моллюсков.

В Амурском заливе Японского моря, подверженном постоянному загрязнению, происходят существенные изменения как в составе, структуре массовых видов и наиболее ценных промысловых моллюсков, так и в составе их эпибионтов. С 1986 года началось устойчивое снижение количества молоди гребешка приморского, а после 1990 г. в наиболее загрязненных местах его молоди почти не наблюдалось. Сильно возросла смертность моллюсков, они редко доживают до 8 лет. Поселения гребешка все более стареют, что свидетельствует об ухудшении состояния репродуктивной функции моллюска и нарушении развитии его потомства. В эпибиозе гребешка наиболее существенные изменения произошли в видовом и количественном составе усоногих раков.

Нарушения, происходящие в донных сообществах в местах длительного антропогенного воздействия и марикультурного "хозяйствования" одинаково губительны как для биотической, так и биотической среды. Происходит заиливание и загрязнение донных субстратов, заметно изменяются плотность поселения макро и мейобентоса, происходит элиминация одних видов и развитие других, ухудшаются условия для развития молоди и местных, и интродуцированных видов, возрастает смертность моллюсков, в наиболее загрязненных местах исчезают совсем ранее массовые виды беспозвоночных.

С экологической точки зрения, нарушение процесса воспроизводства морских организмов - одно из наиболее важных последствий загрязнения среды, поскольку именно от успешного воспроизводства зависит благополучие поселений, популяций и, в конечном итоге, видов. Отсутствие нормального воспроизводства донных беспозвоночных в загрязненных акваториях может быть одной из основных причин изменений в донных сообществах зал. Петра Великого, наблюдающихся за последние два-три десятилетия.

По данным исследований состояния донных сообществ, экологическая ситуация в разных районах Амурского залива неодинакова. Район дампинга и район вдоль восточной трансекты оцениваются как подверженные сильному антропогенному стрессу, район вдоль центральной трансекты - умеренному стрессу .

Экологическая ситуация в б. Золотой Рог, в верхней части которой обнаружена “мертвая зона” без живых донных организмов, признана наихудшей. Признаки деградации бентосных сообществ выявлены также при исследовании экологической ситуации в зал. Находка . Очень высокие значения плотности индикатора загрязнения найдены в 1990 г. в восточной части Амурского залива (7100 экз/м2) и в 1995 г. в наиболее загрязненных районах зал. Находка (до 20000 экз/м2). Внутренние части бухт Находка и Новицкого признаны зонами экстремального загрязнения. В 1993 г. в 4-х бухтах зал. Посьета зарегистрированы более низкие значения биомассы бентоса, чем в 1962-63 гг. Говоря о биологических последствиях загрязнения, следует упомянуть о хорошо известной способности бентосных организмов накапливать в своих органах и тканях токсические вещества. Так, бурые водоросли и двустворчатые моллюски могут концентрировать тяжелые металлы из среды в 103-105 раз, что обусловило их использование в качестве организмов-биоиндикаторов. Такая способность представляет реальную угрозу здоровью как самих организмов-биоаккумуляторов, так и представителей более высоких трофических уровней, включая человека, поскольку многие виды макрофито- и зообентоса съедобны и являются объектами промысла и марикультуры. Концентрации ТМ (Cd, Cu, Zn, Fe, Mn) органах гребешков из Амурского залива в 1.3-37 раз выше, чем у моллюсков из зал. Восток. Вызывают тревогу близкие к предельно допустимым санитарным нормам концентрации Cd и Hg в органах съедобных моллюсков (приморского гребешка, мидии), обитающих в б. Алексеева (1998).

Таким образом, результаты физико-химического мониторинга морской среды зал. Петра Великого и данные изучения биологических последствий загрязнения прибрежных акваторий, полученные к началу 90-х годов, свидетельствуют о наличии нескольких районов с крайне неблагополучной экологической ситуацией:

1. -б. Золотой Рог и прол. Босфор Восточный;
2. -восточная и северная части Амурского залива;
3. -внутренние части зал. Находка (бухты Находка и Новицкого). Экологическая ситуация в прибрежных водах г. Владивостока была признана критической еще 10 лет назад, а город и прилегающие нему районы все еще живет за счет морских ресурсов, значит есть какие-то источники возобновления.

**Методы очистки моря.** **Самоочищение морской среды.**

Поверхность моря является пока еще труднодоступным для человека рубежом дикой природы. Металлические и железобетонные конструкции, различный хлам и промышленные отходы беспечной человеческой деятельности случайно или намеренно попавшие в море постепенно разрушаются, утилизируются или обрастают морскими животными и водорослями. В морской среде еще, к счастью, мало гигантских свалок, вода ее чиста и слово “море” часто ассоциируется со словами “отдых”, “солнце”, “здоровье”.

Следует сказать, что помимо продуктов цивилизации в море всегда поступало и поступает огромное количество сухопутных предметов: взвешенного грунта и растворенной органики, деревьев и кустарников. Помимо постоянного поступления мусора через эстуарные районы крупнейших рек, выноса грязи мелкими речушками и несметным количеством ручейков существуют непосредственные стоки и снос огромного количества сухопутных объектов во время периодов жесточайших штормов и цунами, ливней, размывов и осыпей, ветров и смерчей. И если в море попадают остатки наземных животных и птиц, то морские обитатели, будь то рыбы, ракообразные, брюхоногие моллюски или морские звезды, довольно быстро расправляются с подобной “добычей”. Сущность трофических цепей в море ли, или на суше, одна и та же. Несколько иначе обстоят дела с древесиной, попавшей в море. Если в реках и озерах мореный дуб, например, лежит десятками лет, то море расправляется с огромными стволами деревьев за считанные месяцы. И не только в прибрежной полосе, но и на многокилометровой глубине.

Происходит это следующим образом.

Затонувшие деревянные предметы, сваи гидротехнических сооружений и даже корпуса лодок и яхт сначала подвергаются нападению морских двустворчатых моллюсков, так называемых корабельных червей, и древоточцев лимнорий, представителей ракообразных. Лимнории, или **сверлящие изоподы**, поселяются в поверхностных слоях дерева и постепенно начинают разрушать этот слой. Лимнориям отводится значительная роль в разрушении древесины благодаря тому обстоятельству, что они испещряют внешний слой древесины и тем самым значительно увеличивают общую поверхность контакта дерева и морской среды. Именно на разделе этих двух сред поселяются бактерии, утилизирующие целлюлозу.

Более эффективным разрушителем древесины в море являются специализированные виды двустворчатых моллюсков из семейств терединид и ксилофаг.. У многих людей слово "бактерия" ассоциируется с болезнями. Конечно, среди огромного количества видов болезнетворных **бактерий** в морской среде есть возбудители заболеваний морских обитателей и даже человека. Некоторые виды способны в силу высокой ферментативной активности разрушать разнообразные предметы и установки в море. Процессу такой биокоррозии подвергаются даже металлические конструкции.

И все же нельзя забывать об огромной роли микробов в самоочищении морской среды. Микробы способны разрушать даже ту часть отмирающих организмов, которую не способны усваивать другие организмы. Они минерализуют органическое вещество океана до такой степени, что элементы вновь вовлекаются в свой биогенный круговорот. Большая роль бактериям отводится в деле разрушения самых разнообразных загрязняющих веществ, попадающих с суши со стоками и с атмосферными осадками. Так, доля микробиологической деградации нефтепродуктов составляет в среднем 50%. Деятельность бактерий в море так многогранна и важна, что наука и технология всегда должна учитывать наличие в морской среде этой группы живых существ. Моря, как и леса, населены **грибами.** Число описанных морских видов составляет около 1% от числа наземных грибов. Их невозможно разглядеть невооруженным глазом, а для выявления и определения существуют особые методы.

Существование грибов тесно связано с жизнью микроскопических водорослей и простейших Грибы образуют с микроскопическими водорослями морские лишайники. Примитивные морские лишайники и лишайникоподобные симбиозы встречаются на литорали многих морей. В ряде случаев большой вред приносят грибы, поселяющиеся на талломах и ризоидах водорослей, на листьях и корневищах морских трав.

Чрезвычайно много видов грибов появляется на затонувшем дереве. Вместе с морскими древоточцами и бактериями грибы разрушают древесину и способствуют очищению морского дна. При разложении природных растительных и животных остатков, а также попавших в море продуктов человеческой деятельности, возникают новые вещества, вовлекаемые в пищевые цепи морского сообщества. Тем самым они играют важную роль во многих экологических процессах в море. Следует отметить, что происхождение наземной биоты могло быть невозможным без их участия. Грибы играли решающую роль в освоении суши и эволюции наземной растительности. Несмотря на достигнутые успехи, роль морских грибов еще недостаточно изучена, а их практическое значение недооценивается. Говорят, что море чистое от того, что в его распоряжении много **губок**. В этой шутке есть доля истины. Губки являются наиболее примитивным типом многоклеточных животных, населявших еще древние моря.. Небольшая губка за сутки может профильтровать около двух ведер воды. Кроме того, многие губки выделяют вещества, подавляющие вредных микробов.

**Очистные сооружения.**

Важное место в предохранении гидроресурсов от качественного истощения принадлежит очистным сооружениям. Очистные сооружения бывают разных типов в зависимости от основного способа обезвреживания нечистот. При механическом методе нерастворимые примеси удаляют из сточных вод через систему отстойников и разного рода ловушек. В прошлом этот способ находил самое широкое применение для очистки промышленных стоков.

Сущность химического метода заключается в том, что на очистных станциях в стоки вносят реагенты. Они вступают в реакцию с растворенными и нерастворенными загрязняющими веществами и способствуют их выпадению в отстойниках, откуда их удаляют механическим путем. Но этот способ непригоден для очистки стоков, содержащих большое количество разнородных загрязнителей.

Для очистки промышленных стоков сложного состава применяют электролитический (физический) метод. При этом способе электрический ток пропускают через промышленные стоки , что приводит к выпадению большинства загрязняющих веществ в осадок. Электролитический способ очень эффективен и требует относительно небольших затрат на сооружение очистных станций. У нас в стране в городе Минске целая группа заводов с помощью этого метода добилась очень высокой степени очистки стоков. При очистки бытовых стоков наилучшие результаты дает биологический метод. В этом случае для минерализации органических загрязнений используют аэробные биологические процессы, осуществляемые с помощью микроорганизмов. Биологический метод применяют как в условиях, приближенных к естественным, так и в специальных биоочистных сооружениях

Очистные сооружения решают проблему сохранения качества вод лишь до определенной стадии развития экономики. Затем наступает момент, когда местных гидроресурсов уже не хватает для разбавления возросшего количества очищенных стоков.

Кардинальные пути защиты от загрязнения и разрушения природноаквальных и сопряженных с ними природных территориальных комплексов заключается в уменьшении или даже полном прекращении сброса в водоемы отработанных, в том числе и очищенных сточных вод. Совершенствование технологических процессов постепенно решает эти задачи. На все большем числе предприятий применяют замкнутый цикл водообеспечения. В этом случае отработанные воды проходят лишь частичную очистку, после которой они снова могут быть использованы в ряде отраслей промышленности.