

МОРЕ ПЕРЕМЕНЧИВОЙ СУДЬБЫ

ИОЛАНДА ОСВАТ, МАСУД САМИИ, Ф.П. КАРВАЛЬО И Ж.П. ВИЛЛЬНЁВ

Недавно полученные научные данные свидетельствуют о том, что более 7 тыс. лет назад, с окончанием последнего ледникового периода, уровень Черного моря резко поднялся. Подъем составил более 150 м, в результате чего через несколько месяцев 100 тыс. км² суши оказались затопленными.

Была ли это действительно внезапная природная катастрофа или происходил постепенный процесс по мере подъема уровня Мирового океана, остается фактом, что поступление вод Средиземного моря через Босфорский порог превратило этот водоем из огромного солоноватого озера в соленое Черное море. В результате сильной стратификации более тяжелая соленая вода оказалась фактически запертой ниже пресноводного слоя, пополняемого из впадающих рек, и сколь-либо значительного перемешивания слоев не происходило. Вода в придонных слоях стала аноксемической (лишенной растворенного в воде кислорода) и потеряла способность поддерживать жизнь.

Однако в верхних слоях развивалась богатая морская жизнь. Затем около трех десятилетий назад биологическое разнообразие и рыбные запасы начали уменьшаться. Черное море столкнулось с новым кризисом, на этот раз вызванным деятельностью человека.

На этом историческом фоне проходит работа многопрофильной группы организаций, включая МАГАТЭ, действующего через свою программу технического сотрудничества и Лабораторию морской среды в Монако, с

целью оказания помощи в решении насущных экологических проблем Черного моря. В данной статье дается обзор основных мероприятий в рамках программ МАГАТЭ по поддержке устойчивого развития в причерноморском регионе.

КРИТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Главными факторами, влияющими на ухудшение состояния экологии Черного моря, являются загрязнение и нерациональное использование природных ресурсов. Ученые считают Черное море уникальной морской средой, особенно подверженной антропогенному воздействию. Оно почти изолированно. Помимо связи с мелководным внутренним Азовским морем единственным каналом, по которому происходит водообмен с Мировым океаном, является узкий пролив Босфор.

В Черном море заключена самая большая в мире масса перманентно аноксемической воды: порядка 90% объема морской воды, составляющего $5,37 \times 10^5$ км³, лишены кислорода и насыщены сероводородом. Только в остающемся верхнем слое морской воды толщиной 150 м возможно существование живых морских организмов.

Сбор воды в Черное море происходит с поверхности суши, в пять раз превышающей его площадь; на этой территории расположены 17 стран и проживает свыше 160 млн. человек. Реки, особенно Дунай, Днепр, Дон, Кубань и Буг, вносят около 80% загрязнений (50% только из Ду-

ная). В число поллютантов входят агрохимикаты, плохо очищенные жидкие промышленные отходы и коммунально-бытовые сточные воды. Источниками остальных 20% загрязнений служат атмосферный перенос, главным образом из Европы, и прибрежные источники, такие как прямые сбросы промышленных отходов и сточных вод или свалки. Огромную проблему создает внос реками токсичных металлов и химических соединений. Только через Дунай в Черное море поступает ежегодно 60 т ртути, 240 т кадмия, 4 тыс. т свинца, 900 т хрома, 50 тыс. т нефти, 60 тыс. т фосфора и 340 тыс. т азота.

Особенно серьезное воздействие на всю морскую экосистему оказывают питательные вещества, вносящие комплексные функциональные и структурные изменения в пищевые цепочки. Вследствие эвтрофикации — интенсивного и обширного массового развития фитопланктона, толчком к которому служит избыток питательных веществ, — происходит массовая гибель более высоких организмов. Из-за этого также значительно уменьшается биологическое разнообразие и гибнут промысловые рыбы.

Г-жа Осват — сотрудник Лаборатории морской среды (ЛМС) в Монако; г-н Самии возглавляет Секцию Европы в Департаменте технического сотрудничества.

Г-н Карвальо — руководитель Лаборатории по изучению морской среды ЛМС; г-н Вилльнёв — сотрудник Лаборатории.

Другим крупным фактором, влияющим на рыбную популяцию, является внезапное появление колоний нескольких видов морской фауны, для развития которых возникли благоприятные условия. Наиболее катастрофические последствия вызывает распространение гребневика *mnetriopsis leidyi*, который питается мальками рыб. Уже пострадавшая от загрязнений экосистема становится еще более уязвимой для нашествия экзотических видов.

В конце 80-х гг. произошло взрывное распространение гребневика. Его общая масса в Черном море достигла пика в 10^9 т (т. е. более чем в десять раз превысила суммарный годовой улов рыбы во всем мире), и это совпало с катастрофическим падением уловов рыбы. Рыболовство пострадало также от перемен в водном балансе, связанных с резким уменьшением поступления пресной воды вследствие увеличения использования речной воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд.

Ежегодный экономический и социальный ущерб из-за деградации черноморской среды был оценен в 1993 г. в 1 млрд. долл., и, скорее всего, за последующие годы он возрос. Еще одну серьезную задачу по охране окружающей среды предстоит решать в будущем в связи с планами прокладки нефтепровода по дну Черного моря на глубинах до 2100 м.

РАДИОНУКЛИДЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Согласно распространенной точке зрения, радиоактивное загрязнение Черного моря занимает одно из первых мест в списке приоритетных экологических проблем региона.

Причерноморские государства неоднократно обращались к МАГАТЭ за советом и помощью в проведении всеобъемлющей и

достоверной оценки уровня радиоактивности в Черном море. В 1993—1996 гг. ЛМС совместно с Секцией изотопной гидрологии Департамента научных исследований и изотопов МАГАТЭ осуществили программу координированных исследований (ПКИ) на тему "Применение радионуклидных методов в исследованиях процессов и загрязнения Черного моря". Результаты ПКИ показали, что, хотя концентрации антропогенных радионуклидов в черноморской среде значительно выше по сравнению с другими районами Мирового океана, их уровень таков, что никаких значительных радиологических последствий для населения не предвидится*.

Благодаря этой исследовательской программе получил широкое признание уникальный потенциал применения изотопных индикаторов для изучения океанических процессов в Черном море. В результате попадания радиоактивных осадков вследствие испытаний ядерного оружия в атмосфере и чернобыльской аварии в Черном море появился целый ряд радиоактивных элементов, таких как стронций-90, цезий-137 и изотопы плутония, которые служат отличными радиоактивными индикаторами. Их основное поступление произошло в результате прямого выпадения радиоактивных осадков на поверхность моря. После чернобыльской аварии крупным источником поступления радиоактивности стал Днепр. Наряду с цезием-137 стронций-90 может быть использован для отслеживания смешения и циркуляции воды на северо-западном шельфе в прибрежных районах близ устьев Дуная и Днепра. Для замеров как в этой зоне, так и в глубоководном бассейне наряду со ста-

бильными соотношениями изотопов используется также тритий. Цезий-137 и изотопы плутония могут использоваться в качестве временных индикаторов и наряду с природным свинцом-210 помогают установить хронологию отложений.

Наиболее ценным методом является датирование отложений с помощью свинца-210. Это позволяет провести количественную оценку смешения отложений или темпов седиментации в различных типах морской среды по шкале десятилетий. Для более длительных интервалов времени может использоваться углерод-14. Изотопы тория и урана также дают информацию о потоках частиц и активных по отношению к частицам поллютантов. Информация о происхождении определенных водных масс, например холодного промежуточного слоя, или о смешении и рассеивании более глубоких слоев вод Черного моря вблизи Босфора была выведена на основе изотопных соотношений цезия-134/цезия-137 или степени окисления плутония-239 и плутония-240.

В дополнение к радионуклидам из окружающей среды в экспериментах можно успешно использовать изотопные индикаторы. С этой целью применяются углерод-14 для первичных исследований процессов, ведущих к эвтрофикации, или сера-35 для оценки производства сероводорода. Методы радиоизотопной индикации охватывают практически весь спектр океанографических процессов и временных рядов от дней до тысячелетий. В сочетании с другими средствами анализа радиоизотопная индикация может способствовать значительному повышению уровня наших знаний об океанографических процессах и играет важную роль в понимании судьбы поллютантов в Черном море.

Результаты ПКИ ясно показали, что в данных по радиоактив-

* См. статью в Бюллетене МАГАТЭ, том 35, № 2 (1993 г.).

ности в Черноморском бассейне остается много пробелов и что региону требуются более высокие технические возможности для применения ядерных методов при проведении исследований и мониторинга загрязнения моря. С этой целью осуществляется региональный проект Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ при научной и технической поддержке ЛМС.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В РЕГИОНЕ

В 1995 г. МАГАТЭ начало осуществление регионального проекта технического сотрудничества "Оценка морской среды в регионе Черного моря". Его цель — оказать содействие причерноморским государствам-членам в разработке координируемых в масштабе региона программ мониторинга и чрезвычайного реагирования в отношении радионуклидов в морской среде; а также в оценке с помощью радиоактивных индикаторов ключевых процессов, влияющих на судьбу поллютантов в Черном море.

На первом этапе проекта полные группы экспертов должны были выявить потенциальные лаборатории для участия в исследованиях и выяснить в деталях степень подготовленности их персонала, уровень компетенции и потребности в оборудовании. Затем была разработана и начала осуществляться широкая программа соответствующих мероприятий. На втором этапе проекта (1997—1998 гг.) усилия были сосредоточены на создании необходимого потенциала, проведении квалификационного тестирования и применении полученных возможностей для осуществления координированных в масштабе региона мониторинга и оценки загрязнения морской среды. На третьем этапе (1999—2000 гг.) планируется

укрепить недавно созданный функциональный потенциал, завершить начатые оценки состояния окружающей среды и выпустить рекомендации и руководящие принципы для будущей деятельности с целью повышения качества черноморской среды.

Основными участниками проекта являются шесть лабораторий — по одной из Болгарии, Грузии, России, Румынии, Турции и Украины, — играющих главную роль в программах мониторинга и оценки морской радиоактивности в своих странах. Кроме того, в программы проекта вносят вклад еще 12 сотрудничающих организаций. На сегодня уже поставлены оборудование для пробоотбора и радиометрии, различные материалы и лабораторные принадлежности общей стоимостью 700 тыс. долл. США. Благодаря предоставлению стипендий, организации практикумов и учебных курсов прошли подготовку по отбору морских проб и использованию радиоаналитических и радионуклидных методов свыше 50 специалистов.

Была создана система целевых групп, которая стала функциональной базой постоянного регионального сотрудничества после завершения проекта. Группы соответствуют основным целям центральной программы: методология, контроль качества, мониторинг и оценка, применение изотопных индикаторов, управление данными, научные морские экспедиции (*см. текст в рамке на стр. 35*) и информация о проекте. Деятельность целевых групп при консультативной помощи экспертов включает разработку методологических принципов с целью гармонизации методов пробоотбора и анализа, проведение взаимосравнения результатов определения содержания радионуклидов в морских пробах, координированную программу мониторинга, разработку мероприятий и методов чрезвычайного

реагирования, создание совместной базы данных, работу по отбору и анализу проб и публикацию докладов. Было налажено и продолжается успешное сотрудничество и обмен информацией с программами по Черному морю Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО и осуществляемой Европейской комиссией программой "Европейская система река — океан". В конечном счете проект МАГАТЭ наряду с другими программами внесет вклад в разработку регионального потенциала оценки, контроля и коррективных мер в отношении загрязнения морской среды.

Подтверждение обязательств.

Взятые правительствами причерноморских государств обязательства по восстановлению и охране морской среды подтверждены принятием серии документов о создании региональных политических, юридических и организационных рамок для ее охраны и рационального использования. В их число входят Конвенция о защите Черного моря от загрязнения 1992 г., Одесская декларация министров 1993 г. и Стратегический план действий по Черному морю 1996 г.

Эти документы были приняты в итоге дипломатических конференций с участием министров по вопросам окружающей среды всех шести причерноморских государств. Значительная часть подготовительной работы была проделана при поддержке организаций системы ООН, включая ЮНЕП, ПРООН и Всемирный банк, осуществлявшейся последние пять лет через Глобальный экологический фонд и его Программу по окружающей среде Черного моря.

В рамках своего регионального проекта МАГАТЭ в октябре 1998 г. созывает в Монако совещание министров причерноморских стран для согласования вопросов будущего сотрудниче-

ВРЕМЕНА ПОТЕРЬ ДЛЯ ПРИЧЕРНОМОРСКИХ СТРАН

Черное море традиционно было зоной богатого рыболовства, где рыбный промысел в свое время обеспечивал средства к существованию примерно 2 млн. человек, значительную часть которых составляли семьи рыбаков. В конце 80-х гг. рыбный промысел на Черном море потерпел крах. Суммарный улов упал с 650 тыс. т в 1988 г. до примерно 100 тыс. т в 1992 г. и с тех пор никогда не поднимался, что принесло огромный экономический урон и вызвало безработицу. В результате ежегодные потери одной только рыболовной отрасли оцениваются по крайней мере в 300 млн. долл.

Другим важным источником доходов причерноморских стран был туризм. Загрязнение моря и нерегулируемое развитие прибрежной зоны



Фото: BSEP

привели к закрытию пляжей и ежегодному ущербу в размере свыше 400 млн. долл.

ства. Это совещание пройдет во время Международного симпозиума по загрязнению морей, в повестке дня которого предусмотрено специальное заседание по проблемам Черного моря.

После проведения совещания министров будет подписан Меморандум о взаимопонимании, согласно которому мероприятия, получающие совместную поддержку МАГАТЭ и национальных органов причерноморских стран, будут официально включены в национальные и региональные планы действий.

Это совещание на высоком уровне создаст новые условия для разработки будущих национальных и региональных стратегий, конкретизирующих необходимые для восстановления окружающей среды Черного моря коррективные меры.

ПРОГРАММА ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Программа по окружающей среде Черного моря (БСЕП) была официально учреждена в сентябре 1993 г. Она финансировалась ГЭФ с дополнительным долевым покрытием расходов за счет вкладов из программ Комиссии Европейских сообществ (ФАРЕ и ТАСИС), а так-

же Канады, Нидерландов, Швейцарии и Франции.

Главные цели программы состоят в укреплении и создании регионального потенциала по управлению экосистемой Черного моря; в разработке и реализации политической и правовой основы по оценке, контролю и предотвращению загрязнений и по сохранению и увеличению биологического разнообразия; и в содействии обоснованию рациональных инвестиций в экологические программы.

ГЭФ и его партнеры вложили почти 2 млн. долл. в оборудование и подготовку кадров. В причерноморских странах были определены лаборатории, которым обеспечивались поддержка и надлежащее оснащение для производства измерений загрязняющих веществ.

Лаборатория по изучению морской среды (ЛИМС) ЛМС осуществляла сотрудничество с БСЕП и лабораториями региона в целях увеличения потенциала мониторинга нерадиоактивных загрязняющих веществ. В Монако проводились практикумы для подготовки специалистов по анализу из Болгарии, Грузии, России, Румынии, Турции и Украины; кроме того, в России и Украине были проведены практикумы в их лабораториях.

Также организовывалось проведение взаимосравнений анализов с целью обеспечения сопоставимости результатов, а национальные лаборатории и ЛИМС совместно провели работу по предварительному скринингу поллютантов в нескольких районах Черного моря, включая континентальный шельф Украины, море у берегов Сочи, Россия, и вход в пролив Босфор, Турция. Эти полевые обследования проводились в 1995 г., а полученные результаты анализировались учеными региона в ходе совместной оценки загрязнения Черного моря.

На основании этого предварительного скрининга поллютантов, по-видимому, можно заключить, что экологическая деградация Черного моря вызывается главным образом сбросами питательных веществ и сточных вод. Сброс питательных веществ вызывает ускоренную эвтрофикацию и кислородное обеднение. Источники сбросов прослеживаются не только в прибрежных странах; например, 66% сбросов фосфорсодержащих растворов в Черное море идет из бассейна Дуная.

Загрязнение Черного моря нефтью, по-видимому, в равных долях вызвано прибрежными источниками и сбросами из

ЧЕРНОМОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ МАГАТЭ РАДЭВКС В 1998 г.

Крупным мероприятием в рамках регионального проекта технического сотрудничества МАГАТЭ по экологической оценке Черного моря стала двухнедельная научная экспедиция в сентябре 1998 г. Название морской экспедиции — аббревиатура РАДЭВКС — происходит из древнегреческого названия Черного моря: Понт Эвксинский, что означает "Гостеприимное море" (РА-Дионукиды в Понте ЭВКСинском, 1998 г.).

В экспедиции примут участие 30 ученых из причерноморских стран. В основном это сотрудники лабораторий, участвующих в проекте технического сотрудничества МАГАТЭ.

Дополнительно на основе взаимности были приглашены ученые, принимающие участие в программах МОК/ЮНЕСКО по Черному морю. Район исследований охватывает западный бассейн Черного моря с обращением особого внимания на северо-западный шельф и эстуарии Дуная и Днепра, в первую очередь вызывающие беспокойство в связи с загрязнениями. Пробы будут взяты также из глубоководного бассейна и района Босфора.

Цели экспедиции:

■ **Приобрести умение и опыт измерений содержания радионуклидов в морской среде.** В рамках программы обеспечения/контроля качества группы сотрудников различных институтов, участвующих в экспедиции, займутся взаимосравнением методик отбора и подготовки проб на борту судна. Позднее в лабораторных условиях, с использованием отобранных проб воды, отложений и биоты, взаимосравнение будет расширено и охватит все этапы анализа и интерпретации данных при получении значений концентраций радионуклидов в морских пробах и при определенных ключевых применениях радиоизотопных индикаторов.

■ **Использовать радионуклиды для изучения природных и антропогенных процессов, значимых для океанографии и состояния загрязнения Черного моря.** Эти процессы включают седиментацию, смешение водных слоев и биоаккумуляцию. Будет оцениваться суммарная радиоактивность радионуклидов в воде и отложениях. Приоритетное внимание будет уделено заполнению пробелов в информации, например сбору данных о концент-



рации трансурановых элементов и полония-210 в рыбе. Эти данные, наряду с обычными измерениями содержания цезия-137, нужны для оценки радиологических доз у человека и сравнения антропогенных и природных вкладов в дозу.

■ **Обеспечить новую информацию в базу данных по радиоактивности и интегрировать измерения по сериям интервалов во времени.** Цель состоит в том, чтобы внести вклад в создание полной базы данных, которую можно использовать для всеобъемлющих средовых и радиологических оценок и подтверждения правильности моделей циркуляции и дисперсии в Черном море.

■ **Интерпретировать данные по радиоактивности и вспомогательную информацию; опубликовать результаты в докладах и научных трудах.** Результаты будут опубликованы в докладах МАГАТЭ и открытой научной литературе.

Пробы, взятые во время экспедиции, будут поделены между участвующими лабораториями в целях анализа. Помимо измерений концентраций природных и антропогенных радионуклидов вспомогательные измерения, требуемые для интерпретации данных по радиоактивности, также будут проведены на борту и в лабораторных условиях.

Участники морской экспедиции РАДЭВКС соберут широкий спектр проб для анализа. На фото показан момент учебного упражнения 1996 г. для ученых, участвовавших в региональном проекте МАГАТЭ по Черному морю.

(Фото: Osvath/IAEA)

Дуная. Концентрация нефти в отложениях высока возле некоторых морских портов и в устье Дуная, где уровни загрязнения примерно в десять раз выше, чем в Западном Средиземноморье.

Концентрации пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХД), как правило, были низкими. Некоторые слегка повышенные концентрации линдана обнаружены вблизи впадения Дуная в Черное море, но большинство проб были сравнимы со средиземноморскими. Однако полное обследование содержания этих соединений в Черном море еще не проведено.

Был собран большой объем достоверных данных о концентрациях в Черном море тяжелых металлов. Анализы показывают, что в целом концентрации тяжелых металлов практически не отличаются от природных уровней. Однако в некоторых районах наблюдался (вблизи промышленных "горячих точек") повышенный уровень концентрации. Необходимо более детальное обследование береговых участков.

Относительно сброса мусора в Черное море имеется мало количественной информации. Известно, что в некоторых южных и юго-восточных прибрежных районах муниципальные власти практикуют выброс городского мусора на пляжи, в море и по берегам впадающих в море рек. В результате береговая полоса сильно загрязняется. Ситуация ниже уровня воды неизвестна.

Реализация мер надлежащего мониторинга химических загрязнителей окружающей среды, а также охраны и рационального использования окружающей среды в регионе Черного моря требует осуществления координированной программы мониторинга и создания аналитического потенциала. Благодаря БСЕП и

связанным с ней проектам такой потенциал теперь существует в ряде причерноморских стран.

Необходимо продолжить сотрудничество и взаимоподдержку. Желание причерноморских стран продолжать эти усилия недавно получило подтверждение благодаря созданию Группы по осуществлению программ в качестве исполнительного органа Стамбульской комиссии.

В порядке оказания постоянной поддержки странам региона ЛИМС организовала в 1997 г. для руководителей лабораторий учебные курсы по составлению проектов программ мониторинга морской среды с упором на обеспечение качества данных. В 1998 г. в регионе организуются учебные курсы для лаборантов по анализу: в Болгарии — микроэлементов металлов и в Румынии — органических загрязнителей. Кроме того, в сотрудничестве с региональными лабораториями планируется новый проект по скринингу для оценки загрязнений углеводородами нефти и пестицидами вдоль побережья Черного моря.

СФЕРА ДЕЙСТВИЙ

Для координации усилий на региональном уровне, несомненно, еще имеются большие возможности.

В качестве одного из возможных шагов лаборатории, участвующие в программе технического сотрудничества МАГАТЭ и в БСЕП, могли бы разработать совместные мероприятия. Планируются координированные программы мониторинга радиоактивных и нерадиоактивных загрязнителей в таком широко распространенном биоиндикаторе, как мидия *mytilus* sp.

Отличный пример сотрудничества демонстрируют МАГАТЭ и МОК/ЮНЕСКО в таких формах, как проведение совместных учебных курсов, полевых

работ и радиоиндикаторных исследований. Кроме того, МАГАТЭ оказало помощь путем предоставления оборудования для отбора проб несколькими черноморским исследовательским морским экспедициям, организованным лабораториями региона и западноевропейскими организациями. Участники регионального проекта Агентства по техническому сотрудничеству проводили радиоаналитическую работу с пробами, отобранными во время этих экспедиций.

Таким образом, укрепление регионального потенциала уже приносит плоды. Продолжение исследований радиоактивности поддерживается национальными органами, а также рекомендациями независимых групп экспертов. В число таких групп входят эксперты, принимавшие в 1997 г. участие в совещании, созванном Советом по общим проблемам рыболовства в Средиземном море при Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), а также консультативный орган ГЭФ по глобальным оценкам международных водных ресурсов. Мероприятия в рамках программы МАГАТЭ по Черному морю хорошо согласуются с задачами новой крупной программы ООН в текущем десятилетии — Глобальной программы действий по защите морской среды от наземной деятельности — и поддерживают ее.

Важно, что координация международных усилий в настоящее время способствует более надежной и полной оценке загрязнения морской среды и его разнообразных последствий для Черноморского региона. Необходим объединенный подход для защиты морской среды и рационального использования морских ресурсов, от наличия которых в столь решающей степени зависит благополучие причерноморских стран. □