

# РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА ОТСЛЕЖИВАЯ ПЕСТИЦИДЫ В ТРОПИКАХ

Ф.П. КАРВАЛЬО, Д.Д. НХАН, Ц. ЧЖУН, Т. ТАВАРИС И С.КЛЕЙН

**Н**ачиная с 40-х гг. использование пестицидов постоянно возрастало примерно на 11% в год и достигло в 1995 г. 5 млн. т. Пестициды и удобрения действительно играют важную роль в сельском хозяйстве, обеспечивая рост производства продуктов питания.

В настоящее время такой подход начинает постепенно изменяться. Использование агрохимикатов, особенно в развитых странах, неуклонно снижается, одновременно все шире применяются биологические методы ведения сельского хозяйства. Но в большинстве стран в обозримом будущем агрохимикаты останутся важным компонентом сельскохозяйственного производства.

Пестициды, особенно фунгициды и инсектициды, более интенсивно используются в производстве товарных тропических культур, таких как бананы, кофе, хлопок и овощи, нежели в растениеводстве регионов с умеренным климатом. Например, применение пестицидов на банановых плантациях Коста-Рики составляет 45 кг (активного ингредиента) на гектар, в то время как сравнимое использование пестицидов для сельскохозяйственных культур в Японии составляет в среднем 10,8 кг.

Эксперты оценили, что только крайне незначительная часть применяемых пестицидов — менее 0,1% — поглощается теми видами вредителей (виды-мишени), против которых они направлены; избыток пестицидов распространяется в окружающей среде, потенциаль-

но загрязняя почву, воду и биоту. Для надежной оценки риска, связанного с использованием пестицидов, важно охарактеризовать их судьбу и неспецифическую токсичность.

Сельскохозяйственные угодья расположены в основном на прибрежных равнинах и в долинах рек, поэтому неудивительно, что реки принимают сельскохозяйственные стоки и выносят остатки пестицидов в эстуарии и прибрежные зоны морей. Например, по оценкам, река Миссисипи в США в 1989 г., вероятно, перенесла с плантаций зерновых и сои Среднего Запада в Мексиканский залив 430 т атразина.

Влияние остаточных пестицидов на окружающую среду и их воздействие на здоровье человека вызывают все большую озабоченность. Последние исследования по эстрогеноподобному действию ДДТ и ПХД на человека позволяют предположить "вклад" этих соединений в возникновение рака молочной железы. Кроме того, растущая опасность присутствия органических загрязнителей в окружающей среде (пестицидов и промышленных органических химикатов) недавно побудила правительства принять международное соглашение — Конвенцию о стойких органических загрязнителях, — направленное на постепенное прекращение

применения вредных веществ, включая ДДТ, ПХД и другие хлорированные углеводороды. Несмотря на это, по всему миру будет продолжаться использование сотен старых и новых соединений в качестве химических средств защиты растений. Поэтому необходимо безотлагательно выработать стратегию по обеспечению сосуществования продуктивного, здорового и экономически жизнеспособного земледелия с сохранением природных ресурсов.

Для этого нужны дополнительные исследования в тех экосистемах, которые несут значительную нагрузку от использования пестицидов. Большинство исследований по циркулированию в окружающей среде, судьбе и воздействию пестицидов выполнены в странах с умеренным климатом (в Северной Америке и Западной Европе). Гораздо меньше информации имеется о поведении этих веществ в тропических экосистемах.

Чтобы помочь заполнить этот информационный пробел, МАГАТЭ разработало программу координированных исследований (ПКИ) "Изучение распределения, поведения и воздействия пестицидов на биоту в тропической морской среде", финансируемую Шведским агентством международного

---

*Г-н Карвальо — руководитель Лаборатории по изучению морской среды ЛМС в Монако; г-н Нхан — исследователь из Института ядерной науки и техники в Ханое, Вьетнам; г-н Чжун — профессор Университета Чжуншань (Сунь Ятсен), Гуаньчжоу, Китай; г-н Таварис — профессор Федерального университета Баия, Бразилия; г-н Клейн — профессор Университета Клифтона, Южная Каролина, США.*

## РАДИОИЗОТОПЫ ДЛЯ ПРОГРЕССА

Восемнадцать лабораторий в 17 странах — Бангладеш, Бразилии, Вьетнаме, Индии, Испании, Кении, Китае, Колумбии, Коста-Рике, Кубе, Малайзии, Мексике, Нидерландах, Соединенных Штатах, Филиппинах, Эквадоре и Ямайке — приняли участие в программе координированных исследований МАГАТЭ по изучению судьбы и воздействия пестицидов на окружающую среду в тропиках.

Среди наименее дорогих и наилучших методов исследования, используемых в лабораториях, были методы меченых атомов. Меченные радиоизотопами пестициды используются в модельных системах, которые помогают исследователям изучать, например, стойкость пестицидов, пути деградации и перемещения пестицидов по морским пищевым цепям. Этим способом можно быстро обработать и измерить на стандартном жидкостно-сцинтилляционном оборудовании большое количество образцов при низкой стоимости. Данный метод используют несколько участвующих в проекте лабораторий для получения не доступных ранее данных по поведению пестицидов в тропической морской среде.

Исследования с использованием соединений, меченных углеродом-14, были внедрены в 12 лабораториях, а аналитические методы газовой хроматографии теперь используются в 14 участвующих лабораториях. Большинство лабораторий применяют процедуры обеспечения качества данных, включая регулярное участие в проведении взаимосравнений анализов и использование в этих целях сертифицированных эталонных материалов.



Результаты исследования были представлены на различных научных форумах, в том числе на Международном симпозиуме по поведению в окружающей среде химических средств защиты растений, организованном совместно МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) в 1996 г.

На Международном симпозиуме по загрязнению морской среды, который состоится в Монако в октябре 1998 г., будет представлено 14 научных докладов. (Информация о симпозиуме содержится во вставках на стр. 4 и 5.)

*Фото: аналитическая работа в химической лаборатории в Университете Малайя на Филиппинах. В 1995 г. Университет принимал совещание участников ПКИ.*





развития. Данная статья освещает результаты этого проекта, включая те, которые были получены в некоторых национальных исследованиях.

### ЦЕЛИ И УЧАСТНИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Технические цели ПКИ — измерить уровни остатков пестицидов в прибрежной окружающей среде в настоящее время; охарактеризовать круговорот и судьбу пестицидов с использованием радиоактивно меченных соединений и ядерных методов исследования; оценить воздействие остатков пестицидов на морскую биоту; оценить риск, связанный с остатками пестицидов в прибрежных тропических экосистемах, и подготовить рекомендации по мероприятиям для защиты тропической морской среды.

МАГАТЭ получило большое число запросов на участие и на получение информации, что подтверждает значение проекта для разных стран и их заинтересованность в принятии мер по решению связанных с пестицидами проблем окружающей среды. Восемнадцать лабораторий из 17 государств — членов МАГАТЭ согласились участвовать в проекте, который возглавила Лаборатория морской среды (ЛМС) МАГАТЭ в Монако (см. вставку на стр. 25).

Первое совещание по координации исследований состоялось в ЛМС в июне 1994 г. На нем были рассмотрены использование пестицидов и данные о загрязнении пестицидами в странах-участниках. Были выявлены те соединения, на которые должно быть направлено основное внимание, и соответствующие целям проекта методы. Кроме того, были определены потребности лабораторий-участниц в оборудовании и подготовке кадров, с тем чтобы МАГАТЭ организовало соответствующую

### ШИРОКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Химикаты для защиты растений применяются в сельском хозяйстве всего мира. Наибольшее количество гербицидов используется в Северной Америке, Западной Европе и в Азии, тогда как инсектициды наиболее широко применяются в Восточной Азии, Северной Америке и Латинской Америке. Около 50% мирового потребления инсектицидов приходится на развивающиеся страны, в особенности тропических регионов, где они применяются в основном для борьбы с вредителями, уничтожающими урожай, и домашними паразитами. В предстоящие годы общее увеличение использования пестицидов ожидается в Азии, в то время как в Западной Европе оно будет продолжать снижаться.

*Распыление гербицидов на рисовых полях во Вьетнаме.  
(Фото: Carvalho/MEL)*



техническую поддержку. С этого времени организуются ежегодные совещания по координации для представления и обсуждения результатов проекта, полученных в каждой из стран, и, кроме того, постоянная связь и обмен данными между участниками поддерживаются с помощью периодических циркулярных писем.

Были осуществлены крупные совместные мероприятия для удовлетворения общих потребностей и достижения общих целей.

Они включали курсы (лекции) по химии пестицидов, водной токсикологии и оценке экологического риска; учебные семинары-практикумы по анализу пестицидов (один был организован в Коста-Рике, другой — в Малайзии) для обучения участников ПКИ аналитическим методам; и практические занятия по взаимному сравнению лабораторных результатов с целью проверки их точности и поощрения успехов в обеспечении качества данных при анализе хлорорганических пестицидов и радиоактивно меченных соединений. При этом в качестве анализируемых образцов использовались гомогенаты объектов морской среды, соответствующие их субстанциям (отложений, морских водорослей и мидий).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ОТДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каждый институт — участник ПКИ планировал выполнение полевых исследований для контроля остатков пестицидов в прибрежных экосистемах в своих соответствующих странах. Исследуемые области охватывали различные экосистемы, такие как Манильский залив на Филиппинах, дельта реки Чжуцзян (Жемчужная) в Китае, залив Картахена в Колумбии, несколько водосборных бассейнов близ Кингстон-Харбор в Ямайке, залив Всех Святых в Бразилии, долина Красной реки во Вьетнаме и побережье Индийского океана в Кении.

Присутствие остаточных пестицидов, идентифицированных в прибрежной окружающей среде этих регионов, как и ожидалось, соответствовало их локальному применению. Однако летучие соединения, которые переносятся в результате атмосферных процессов и перераспределяются по всему миру, могли быть также измере-

ны в регионах, весьма удаленных от мест их исходного применения. Примеры полученных результатов приведены ниже.

#### ■ *Исследование в Бразилии.*

Анализ отложений и моллюсков, собранных на нескольких станциях в заливе Всех Святых, Бразилия, выявил содержание остатков ДДТ в тканях моллюсков, колебавшееся от 0,24 до 44 нанограммов на грамм (мокрого веса). Регулярное потребление этих съедобных моллюсков, обычное для жителей рыбацких поселков, приводит к потреблению ДДТ между 75 и 589 нанограммами в день. Эти уровни, хотя и не опасны, считаются высокими. Далее, при сравнении с измерениями, выполненными десять лет назад в тех же местах, обнаружено увеличение концентрации ДДТ в заливе, несмотря на то что Бразилия запретила в 1976 г. использовать ДДТ. Это увеличение позволяет предположить, что фермеры в данном регионе используют ДДТ.

ДДТ был не единственным из обнаруженных хлорорганических пестицидов. Анализ ГХБ, альдрина, диэлдрина и эндрина в тех же образцах показал, что эти соединения присутствовали в нескольких местах, хотя и в количестве обычно ниже одного нанограмма на грамм.

Благодаря ПКИ была значительно улучшена способность лабораторий измерять остатки пестицидов в объектах морской среды, например остатки ДДТ в моллюсках.

#### ■ *Исследование в Китае.*

Обследование окружающей среды, выполненное по гексахлорбензолу (ГХБ) и ДДТ в дельте реки Чжуцзян (Жемчужная), вызвало большой интерес в связи с тем, что Китай, важнейший мировой производитель риса и пшеницы, для борьбы с насекомыми-вредителями в 50-х и 60-х гг. использо-

вал главным образом ДДТ, ГХУ и ГХБ. В 1990 г. общее потребление пестицидов в Китае достигло  $2 \times 10^6$  т активного ингредиента (около трети мирового количества), и официально использование ДДТ и ГХБ в сельском хозяйстве было прекращено.

Река Чжуцзян собирает воду с обширных плодородных земель и потенциально выносит остатки пестицидов в Южно-Китайское море. В исследовании по этому ПКИ обнаружен низкий уровень переноса остатков водами реки Чжуцзян, что явилось следствием запрета этих пестицидов в настоящее время. Тем не менее в донных отложениях и в морских пищевых цепях — от фитопланктона до моллюсков и морских птиц — концентрации ДДТ были высокими, достигая 1,3 и 2,1 микрограмма на грамм (мокрого веса) в тканях моллюсков и морских птиц, соответственно. Эти высокие концентрации связаны с использованием упомянутых пестицидов в регионе в прошлом и подтверждают весьма длительное сохранение ДДТ в окружающей среде.

#### ■ *Исследование во Вьетнаме.*

Исследования, выполненные в дельте Красной реки во Вьетнаме, показали, что в ее водной среде практически отсутствуют пестицидные соединения циклодиенового ряда, такие как альдрин, диэлдрин и эндрин. Это позволяет предположить, что данные стойкие вещества, некогда очень популярные в Америке и Европе, а теперь полностью запрещенные, по-видимому, никогда не использовались во Вьетнаме. С другой стороны, во всех образцах был обнаружен ДДТ в измеряемых количествах. Далее, в пресноводных карпах, пойманных вблизи рисовых плантаций, концентрация ДДТ (13 микрограммов на грамм веса липидов) была много выше, чем

максимально допустимый уровень, принятый для пищевых продуктов по европейским стандартам.

Поскольку использование ДДТ во Вьетнаме запрещено, выявленные данные могут потребовать вмешательства компетентных органов для усиления контроля за использованием пестицидов. Кроме того, в связи с высокой плотностью населения в долине Красной реки и практикой многократного использования воды по ее течению необходимо тщательное рассмотрение проблем, связанных с загрязнением. Чтобы сохранить и, возможно, улучшить качество воды, необходим тщательный контроль с помощью комплексного регулирования водотоков.

■ *Исследование в Мексике.* При исследовании остатков пестицидов в прибрежных лагунах Мексики, штат Синалоа, было выявлено присутствие следов ДДТ, альдрина, диэлдрина и фосфорорганических соединений — хлорпирифоса и паратиона. Обнаружение фосфорорганических соединений в лагунных системах было несколько неожиданным. Считалось, что они в основном быстро разрушаются и поэтому не сохраняются в окружающей среде. Наличие этих остатков, источником которых являются плантации сахарного тростника и фруктовые сады в долине реки Кулиакан, рассматривается как возможная угроза развитию промысла по выращиванию креветок в Синалоа. Региональным властям и фермерам было рекомендовано проявлять осторожность при сбросе сточных вод и смыве с полей в процессе сельскохозяйственной деятельности.

#### ■ *Исследование на Ямайке.*

Изучение остатков пестицидов на Ямайке сосредоточивалось на загрязнении горных ручьев, принимающих стоки с кофейных плантаций. Вызывающими





беспокойство загрязнителями ресурсов питьевой воды и пресноводной биоты являются эндосульфат, а также несколько фосфорорганических пестицидов. Сток ручьев в прибрежную окружающую среду вызывает загрязнение морских экосистем, хотя и низкого уровня. Тем не менее для защиты водоносных пластов от загрязнителей, по-видимому, необходимо срочно установить строгий контроль за использованием пестицидов на горных склонах.

#### ■ **Исследование в Коста-Рике.**

В Коста-Рике программа по мониторингу загрязнения остатками пестицидов с банановых плантаций была выполнена в двух водостоках — на Карибском побережье (Тортугеро-Парисмина) и на побережье Тихого океана (эстуарий реки Темписке). Коста-Рика импортирует около 5 тыс. т пестицидов (активного ингредиента) в год, из которых 56% составляют фунгициды, 30% — гербициды и 12% — инсектициды/нематоды, — почти все они используются на банановых плантациях. Высокий уровень осадков и широкое применение агрохимикатов вызывают



просачивание остаточных пестицидов в основные реки страны, которые текут через заповедники (природные резерваты) в обоих прибрежных регионах. Остатки эдифенфоса, хлорпирифоса, диазинона, аметрина, карбофурана и этопрофоса были обнаружены либо в воде, либо в собранных на побережье двусторчатых моллюсках. Однако влияние этих остатков пестицидов на экосистемы еще предстоит оценить.

#### ■ **Исследование в Никарагуа.**

Совместное исследование в Никарагуа по контролю загрязнения пестицидами основных прибрежных лагун Тихого океана было выполнено Университетом Никарагуа и ЛМС. На протяжении десятилетий большая часть сельскохозяйственных работ с использованием пестицидов в стране приходилась на этот регион.

В результате исследования был выявлен широкий спектр стойких хлорированных пестицидов, уровни которых в нескольких лагунах были низкими. Но в прибрежных лагунах хлопковых районов Чинандега и Леон их уровни были чрезвычайно высокими, особенно для токсафена и ДДТ. Там концентрация токсафена достигла 6,9 микрограмма на грамм (сухого веса) в отложениях и 1,6 микрограмма (сухого веса) в мягких тканях двусторчатых моллюсков.

Токсафен и ДДТ использовались в этом регионе при выращивании хлопка на протяжении нескольких десятилетий. Хотя в начале 90-х гг. их использование было прекращено, суммарное накопление этих соединений в почве и в отложениях в лагунах очень высокое, и их присутствие в окружающей среде будет очень длительным.

Результаты этого исследования были представлены на

Национальной конференции по пестицидам, состоявшейся в Манагуа в ноябре 1997 г., которая предшествовала долгожданному одобрению Национального закона по пестицидам. Теперь власти Никарагуа могут осуществлять рациональное комплексное управление и принимать меры по снижению загрязнения прибрежных территорий.

■ **Другие исследования.** Аналогичные исследования по оценке загрязнения окружающей среды остатками пестицидов были проведены в прибрежных тропических районах в Кении, Индии, Бангладеш и Эквадоре. Из полученных в этих исследованиях результатов явствует, что стойкие хлорорганические пестициды присутствуют повсюду, хотя на некоторых территориях, к счастью, только в следовых количествах. В тех случаях, когда их удается выявить, фосфорорганические пестициды обычно, по-видимому, присутствуют в концентрациях более низких, чем хлорорганические соединения.

## МЕТОДЫ МЕЧЕНЫХ АТОМОВ

Для исследования поведения пестицидов в водной окружающей среде была проделана экспериментальная работа с использованием меченных углеродом-14 соединений и жидкостно-сцинтилляционной детекции. Исследование было сосредоточено на отдельных соединениях, а именно на ДДТ, эндосульфате, линдане, хлорпирифосе и паратионе, которые были обнаружены в прибрежной тропической окружающей среде.

*Вверху: жидкостно-сцинтилляционный счетчик — часть лабораторного оборудования, которое исследователи пестицидов используют во Вьетнаме.*

*Слева: сбор бананов в Коста-Рике. (Фото: ISTN/VINATOM)*

Целью экспериментов было получение информации по нескольким аспектам, связанным с судьбой, стойкостью и биоаккумуляцией этих пестицидов в морских водах. Исследования были выполнены в лабораторных микрокосмах и в модельных экосистемах в соответствии с общей методологией, принятой в участвующих в ПКИ институтах.

Перенос, распространение и, наконец, биологическое воздействие пестицидов в лагунных системах зависят от стойкости этих химикатов в условиях тропического климата и их биоаккумуляции и биодеградации. Обычно полагают, что солнечный свет и повышенные температуры в тропиках способствуют быстрому распаду этих соединений. Однако предварительные результаты экспериментов показали, что фотолит играет очень незначительную роль в распаде этих соединений в сравнении с химическим гидролизом.

Результаты экспериментальных исследований показали, что периоды полураспада растворенных пестицидов при 32°C в зависимости от солёности воды находятся в диапазоне от 1,4 до 10 дней для хлорпирифоса, от 9 до 46 дней — для паратиона и от 130 до 155 дней — для ДДТ.

В экспериментах, включающих системы отложения — вода, было показано, что период полураспада пестицидов, адсорбированных на отложениях лагун, в 10 — 100 раз дольше, чем для тех же соединений в окружающей воде, несмотря на то что микробная биомасса в отложениях больше, чем в воде. Таким образом, быстрая сорбция пестицидов на частички отложений может увеличивать их стойкость. Весьма вероятно, что самые большие накопления этих соединений будут обнаружены в отложениях тех лагун, которые принимают стоки с окружающих полей.

Аналогичные эксперименты были выполнены несколькими участвующими в ПКИ институтами в Бангладеш, Китае, Индии, Филиппинах, Вьетнаме, Малайзии, Ямайке и Мексике. Они исследовали судьбу ДДТ и хлорпирифоса в аквариумах, имитирующих условия окружающей среды в тропических морях, с использованием местных видов морской биоты. Результаты показали, что накопление этих пестицидов мидиями, съедобными моллюсками, креветками и рыбами происходит очень быстро — в интервале от минут до часов. Кроме того, коэффициент биологического концентрирования липофильных соединений, таких как ДДТ и его метаболиты, обычно очень высок.

Значительных успехов добились лаборатории, использующие в исследованиях пестицидов метод меченых атомов (см. вставку на стр. 25). В их числе — разработка уменьшенных экспериментальных систем для исследования процессов деградации и улетучивания соединений, а также получение результатов, показывающих, что стойкость и биоаккумуляция пестицидов в морской среде связаны с конфигурацией молекул и содержанием хлора.

Результаты экспериментов с радиоактивно мечеными соединениями позволяют сделать вывод, что такие хлорорганические соединения, как ДДТ, распадаются в окружающей среде очень медленно. С другой стороны, некоторые фосфорорганические соединения могут сохраняться достаточно долго, рассеиваясь в эстуарии и прибрежной окружающей среде и влияя на водную биоту. Несмотря на это, такие соединения распадаются в морской среде в общем гораздо быстрее, чем хлорорганические соединения.

## ВЛИЯНИЕ НА ВИДЫ МОРСКОЙ ФАУНЫ

Несколькими институтами на Филиппинах, Ямайке, в Коста-Рике и Мексике проводится анализ на токсичность видов морской фауны в тропических условиях. Его целью является оценка чувствительности распространенных тропических видов, которые могут подвергаться воздействию остатков пестицидов (например, цихлиды и выращиваемые в промышленных целях креветки) в условиях тропических экосистем.

Одной из особенностей всех тропических прибрежных лагун, окруженных мангровыми лесами, является повышенная концентрация гумусных веществ. Гумусные вещества образуются при постепенном распаде подстилки из листьев мангровых деревьев. Благодаря гидрофобности хлорорганических и фосфорорганических соединений возможное соединение таких пестицидов с макрочастицами гумуса или с растворенными гумусными веществами может полностью изменить судьбу таких остатков пестицидов и их биодоступность.

Эта гипотеза была проверена с использованием морских мидий, на которых действовали пестицидами, растворенными в морской воде или без гумусных веществ, или с гумусными макрочастицами, уже содержащими связанные пестициды. Результаты показали, что накопление мидиями пестицидов, растворенных в воде, быстро увеличивается в первые 12 часов, а затем продолжается более медленно. Пестициды, связанные гумусными веществами, также накапливались в тканях мидий, хотя и в меньшей степени, чем непосредственно из воды.

Поэтому представляется, что предварительное связывание пестицидов гумусными веществами может приводить к



снижению биоаккумуляции этих соединений фауной лагун. Однако для выяснения точных механизмов, которые управляют распространением, судьбой и тем самым воздействием остатков пестицидов в тропических лагунах, необходимы дальнейшие исследования.

## ОЦЕНКА РИСКОВ И СТРАТЕГИЙ

Одной из общих целей ПКИ являются определение характеристик существующего риска как для человека, так и для прибрежных морских экосистем и — если установлено, что этот риск неприемлем уже сейчас, — разработка стратегии на будущее для его уменьшения.

В нескольких исследованиях, проведенных в рамках ПКИ в отдельных районах, было получено достаточное количество данных в отношении остатков пестицидов и данных о токсичности для начала оценки экологического риска в конкретных экосистемах. В некоторых экосистемах, в особенности в системах эстуарий/прибрежная лагуна, принимающих сельскохозяйственные стоки, содержание остатков пестицидов в придонных отложениях и в биоте достигает уровня острой токсичности. Чаще, однако, содержание остатков пестицидов ниже летальных значений и становится потенциальной проблемой лишь при попадании в пищевые цепи.

Одновременно эти же экосистемы являются идеальной средой для выращивания рыб, креветок и устриц. Следовательно, при промышленной аквакультуре остатки пестицидов могут поступать в общую популяцию. Кроме того, они представляют измеримый риск для стабильности экосистем в этих районах. Нестабильность экосистемы

может возникнуть в результате гибели критического вида морской биоты или утраты трофического уровня либо в результате ухудшения общего качества воды (например, из-за растворенного кислорода), вызванного микробной деградацией этих загрязнителей. Сохранение данных систем и связанных с ними ресурсов потребует осуществления комплексных планов рационального использования прибрежных зон для гармонизации интересов



сельскохозяйственных, аквахозяйственных и рыболовных сообществ.

Осуществление ПКИ способствовало оценке загрязнения пестицидами основных прибрежных районов. Кроме того, были получены экспериментальные данные по циклированию пестицидов для обеспечения более полного понимания воздействия и судьбы остатков пестицидов в прибрежной тропической среде, а также в отношении осуществления стратегий управления окружающей средой.

Другой непосредственной пользой ПКИ для стран-участниц является улучшение способности измерять остатки пестицидов в пробах из окружающей среды и проводить исследования по циклированию пестицидов в тропических регионах. В целом проект повысил осознание

необходимости снижения уровня загрязнения окружающей среды стойкими органическими соединениями.

Планируется более всесторонняя оценка экологического риска с учетом водосборов. В нее будут включены имеющиеся данные об остатках пестицидов и их токсичности вместе с данными о землепользовании в водосборных бассейнах, что позволит определять причинно-следственные связи в рамках различных действий. Исследова-

ние заложит основу для разработки стратегии рационального использования земельных и водных ресурсов в целях сохранения стабильности экосистем и обеспечения ресурсов для сельского и водного хозяйства, развития индустрии, создания рекреационных зон и жилищного строительства.

Необходимо также изучить и испытать практические решения по очистке загрязненных

отходами вод и смывов с поверхности обрабатываемых сельскохозяйственных земель. В ряде случаев предлагались такие экспериментальные решения, как создание вокруг сельскохозяйственных полей природных или искусственных увлажненных зон для удаления остатков химикатов из воды. В конечном счете это и другие предложения могут быть испытаны в виде пилотных проектов в тропиках, например на банановых плантациях. Такое движение вперед явилось бы логичным применением на практике результатов работы, уже проделанной лабораториями всего мира в рамках данного поддержанного МАГАТЭ исследовательского проекта. □

*Фото: лов рыбы на Филиппинах, Манильский залив.*