

## Мониторинг морской среды

*Лаборатория МАГАТЭ в Монако дает ценные рекомендации относительно измерения загрязнителей моря*

С.У. Фоулер, Е. Холм, Л.Д. Ми

В Международной лаборатории радиоактивности моря (МЛРМ) в Монако национальные кадры государств-членов Агентства проходят обучение в области усовершенствованных технических методов и аспектов измерения радиоактивных и нерадиоактивных загрязнителей моря и их возможного переноса в организм человека\*. В силу того, что проблема загрязнения морской среды является многоаспектной по своему характеру, подготовка кадров, осуществляемая в Монакской лаборатории, охватывает довольно широкий круг вопросов.

Основной целью в этой области, которую ставят перед собой слушатели курсов из разных стран мира, является изучение соответствующих методов полезного и эффективного с точки зрения затрат исследования или „мониторинга” морской среды в районе предполагаемой или существующей ядерной установки. Часто эти государства имеют в своем распоряжении ограниченное число местного персонала, поэтому важно точно знать, что нужно контролировать, как часто и каким образом проводить измерения и, наконец, как интерпретировать результаты измерений. Для адекватного осуществления такой деятельности необходимо обладать хорошими знаниями морской радиохимической и биологической методологии. Радиохимическая и радиоэкологическая секции МЛРМ проводят подготовку кадров в этих областях.

В центре внимания программ мониторинга и изучения радиоактивности моря находятся пути биоаккумуляции радионуклидов в морские пищевые цепочки и поступление их в организм человека. В целях нахождения ответов на эти вопросы радиоэкологическая секция МЛРМ осуществляет программу исследования пищевых цепочек. Стажеры и стипендиаты широко привлекаются к этой деятельности в целях изучения методов культивирования животных клеток, методологии оценки потенциальных возможностей различных организмов биоаккумулировать радионуклиды, а также стандартных методов измерения радионуклидов в живых морских организмах. Такой тип практической подготовки стажеров дает им возможность лучше про-

гнозировать перемещение и биологический перенос радионуклидов в типичные пищевые цепочки, существующие в местных водах.

### Радиоэкологические программы

Существующие морские радиоэкологические программы направлены на идентификацию потенциальных организмов, способных аккумулировать некоторые радионуклиды до относительно высоких концентраций, легко поддающихся измерению с помощью стандартных радиометрических методов. Такие „контрольные” организмы выступают в роли биологических средств быстрой индикации радиоактивного загрязнения, которое в ином случае могло бы остаться незамеченным, так как на проведение длительных и сложных измерений низких уровней радиоактивности в морской воде требуется значительное время. В этой области стажеры изучают возможности различных видов таких организмов – „биоиндикаторов”, причем основное внимание в этой работе они сосредотачивают на организмах, обитающих в водах их стран. Особое внимание обращается на методы сбора и культивации таких организмов. Такие биологические факторы и факторы окружающей среды, как засоленность, температура, освещенность, сезон, рост, стадия размножения, пол и размер могут сильно влиять на характер и скорость биоаккумуляции радионуклидов в этих организмах, поэтому особое значение придается методологиям определения подобного воздействия.

Кроме того, программа радиоэкологической подготовки кадров сфокусирована на преподавании практических методов сбора биологических материалов, включая живые организмы. На двух судах, принадлежащих Океанографическому музею в Монако – *Winnereta Singer* и *R/V Physalie* – часто совершаются экспедиции и плавания. В плавании стажеры и стипендиаты МАГАТЭ изучают разнообразные типовые океанографические методы отбора проб, к числу которых относится использование фитопланктонных и зоопланктонных сеток, разноглубинных тралов для ловли крупных креветок и рыб, бентосных драг для сбора организмов, живущих на поверхности и в толще донных отложений. Стажеры учат правильному обращению и хранению живых организмов, которые будут использованы в лабораторных исследованиях, а также подготовке чистых проб биологических материалов для анали-

Г-да Фоулер, Холм и Ми являются соответственно руководителями радиоэкологической, радиохимической лабораторий и лаборатории по изучению морской среды Международной лаборатории радиоактивности моря МАГАТЭ (2 avenue Prince Héréditaire Albert, MC 98000, Монако).

\* Более подробный отчет о работе МЛРМ см. в *Бюллетене МАГАТЭ* т. 29, № 3 (1987 г.)

за низких уровней радиоактивного загрязнения окружающей среды. В последнее время персонал МЛРМ накопил опыт в установке на большой глубине сложных ловушек с таймером для отбора проб небольших биологических частиц, которые переносят радионуклиды вниз в донные отложения. Такие исследования непосредственно используются в рамках многих программ радиоизотопного мониторинга в прибрежных экосистемах.

Монакская лаборатория особенно подходит для практического и лабораторного обучения биологическим методам, так как она расположена непосредственно на берегу моря, имеет в своем распоряжении океанографические суда для сбора материалов, а для проведения экспериментов – различные аквариумы с морской водой. Как ожидается, возможности МЛРМ по подготовке кадров значительно возрастут после недавнего переезда МЛРМ в новые лаборатории.

### Радиохимическая подготовка специалистов

Радиохимическая секция МЛРМ осуществляет широкомасштабную программу практической и лабораторной подготовки кадров, уделяя особое внимание регистрации низкоактивных радионуклидов в окружающей среде. Ключом к правильному проведению измерений в рамках всех исследований по мониторингу морской среды, как правило, является выбор аналитического метода. Иногда этот метод может быть очень простым, однако, чаще всего для проведения исследований окружающей среды требуются усовершенствованные методы, включая методы радиохимического разделения проб материалов окружающей среды и сложные методы ядерной спектрометрии. В программу подготовки входит изучение разнообразных методов химического разделения гамма-, бета- и альфа-излучающих радионуклидов, а также различных ядерных методов, используемых для их измерения. Программы подготовки составляются таким образом, чтобы дать возможность стажерам достаточно хорошо освоить надежные радиохимические методологии и по возвращении на родину в свою лабораторию соответствующим образом проводить измерения в рамках существующих национальных программ. Достижение этой цели, как правило, автоматически гарантирует качество данных измерений. К числу программ, требующих данных такого высокого качества, относится дозиметрический контроль вблизи ядерных установок, дозиметрический контроль радиоактивных веществ после трансграничных инцидентов и использование радиоактивных материалов в геохимических исследованиях. Такие проекты очень часто являются важной составной частью программ технической помощи МАГАТЭ.

В своих заявках на подготовку кадров в области радиохимического анализа морской среды государства-члены основное внимание сосредотачивают на расширении возможностей по анализу актинидов, преимущественно изотопов плутония и америция-241. Многолетний опыт МЛРМ по проведению измерений трансурановых элементов сделал привлекательной эту область подготовки кадров для государств-членов Агентства. Опыт показал, что для проведения таких анализов требуется

много времени и их очень трудно выполнить без соответствующей подготовки. Как правило, просьбы государств о приоритетах подготовки принимаются во внимание. Однако в случае анализа актинидов такая подготовка даст наилучшие результаты вероятнее всего при проведении геохимических исследований морской среды, а не рутинных измерений уровня радиоактивности вокруг ядерных установок. После аварии на Чернобыльской АЭС заметно возрос интерес к изучению новейших гамма-спектрометрических методов мониторинга окружающей среды.

Как правило, даются общие рекомендации относительно правильного выбора контрольно-измерительных приборов для проведения бета-измерений, альфа- и гамма-спектрометрии, а также относительно того, где можно приобрести необходимое оборудование для радиохимических измерений, например, детерминант радиохимического выхода. Оказывается также помощь в проектировании и строительстве блоков электроосаждения, изготовлении источников, калибровке спектрометров и оценке данных.

Стажеры обычно проводят в МЛРМ от 3 до 12 месяцев в зависимости от уровня подготовки и имеющегося опыта; как правило, этого времени достаточно для приобретения соответствующей квалификации в использовании требуемой аналитической методологии. Большинство стажеров, обучавшихся в МЛРМ по крайней мере в течение одного года, принимали участие в реализации какого-либо конкретного проекта с целью практического освоения соответствующего метода.

Важным аспектом измерения радиоактивности морской среды является потребность в типовых эталонных методах и тщательном контроле качества в лаборатории. Для используемых в настоящее время международным сообществом методов очень часто требуются довольно дорогие химические реагенты, которые нужно тщательно выбирать и которые можно приобрести у ограниченного числа поставщиков в мире, поэтому внимание стажеров обращают на эти потенциальные трудности. Кроме того, их информируют о наличии эталонных материалов и программе МЛРМ по предоставлению услуг в области контроля качества.

### Дополнительная помощь

Помощь, оказываемая в дополнение к радиохимической и радиоэкологической подготовке в Монако, также является фактором, обуславливающим конечный успех подготовки стажера. Очень часто после возвращения стажера на родину персонал МЛРМ направляется в данное государство для оказания помощи в разработке аналитических методологий и проведении измерений в местных условиях. Он помогает устранить неполадки в приборах, импровизирует со стандартизированными методами и проводит оценку результатов местных измерений. Такая работа в реальных условиях, существующих на родине стажера, является ценным источником обратной связи для разработчика МЛРМ, которая используется для разработки более совершенных программ МАГАТЭ по подготовке кадров в Монако.

Мониторинг загрязнения морской среды

Лаборатория изучения морской среды (ЛИМС) была создана в 1986 г. в целях объединения интересов МАГАТЭ и других организаций, находящихся под эгидой ООН, а также неправительственных организаций в области мониторинга загрязнителей морской среды, что явилось ответом на озабоченность международного сообщества ее загрязнением. В системе ООН такая лаборатория единственная и активную поддержку ее деятельности оказывает Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) через Региональную морскую программу и Межправительственную океанографическую комиссию (МОК) Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). Учитывая, что МАГАТЭ явилось инициатором усилий в области аналитического контроля качества, ЛИМС стала основным центром разработки и проверки аналитических методов, проведения глобальных и региональных сравнений, экспериментальных научно-исследовательских программ и программ мониторинга, разработки и реализации региональных программ гарантии качества данных. Ядерные методы являются также важным инструментом изучения нерадиоактивных загрязняющих веществ в морской среде с помощью „эталонных методов”, как, например, нейтронного активационного анализа или путем использования меченых аналогов органических загрязнителей в исследованиях микрокосма с помощью радиоизотопных индикаторов.

Подготовка кадров является неотъемлемой частью деятельности ЛИМС, в частности, в области региональных программ гарантии качества данных. В настоящее время такие программы ведутся в экспериментальных масштабах в Средиземноморье и районе Персидского залива (в рамках Планов мероприятий ЮНЕП в Средиземноморье и Кувейте), в будущем они вполне могут распространяться и на другие регионы (например, на Западную Африку, Карибский бассейн и Южную Америку). Аналитики, принимающие участие в реализации национальных программ мониторинга загрязнения морской среды, могут пройти подготовку в Монакской лаборатории на курсах специалистов в области анализа хлорированных углеводородов (полихлорированные дифенилы или пестициды), микроскопических количеств токсичных металлов или остатков нефтепродуктов.

После возвращения стажеров на родину организуется совместный отбор проб, в котором участвует штатный сотрудник ЛИМС и инженер по КИП этой же лаборатории (расходы на поездку которого несет ЮНЕП), направляемые в национальную лабораторию стажера для проведения обычных контрольных измерений. Инженер по КИП обеспечивает работу соответствующих аналитических приборов и инструктирует пользователей по основным вопросам обслуживания и калибровки оборудования. Штатный сотрудник ЛИМС работает вместе с группой местных специалистов, давая им практические советы и в случае необходимости восполняя

пробелы в их подготовке в Монако. В конце визита этот сотрудник и местные специалисты подготавливают и калибруют крупную партию соответствующих эталонных материалов. После завершения работы в региональном центре проводятся рутинные измерения подготовленного материала в целях непрерывной проверки качества данных. Кроме того, всем участникам рекомендуется принять участие в межлабораторных сравнениях и калибровках, проводимых Агентством, и использовать эталонные методы анализа загрязнения морской среды МАГАТЭ-ЮНЕП-МОК, которые также прошли проверку в Монакской лаборатории.

В 1988 г. для реализации программы „Гарантия качества в странах Средиземноморья” были выбраны три страны: Египет, Алжир и Марокко. В течение первых трех месяцев этого года восемь аналитиков из этих стран прошли специальную подготовку в Монако; первый совместный отбор проб состоялся в апреле (в Египте).

Кроме того, ЛИМС проводит индивидуальную подготовку специалистов из государств-членов области измерения и оценки данных о загрязнителях морской среды. Диапазон исследуемых параметров постоянно пересматривается, и в лабораторные программы включаются новые приоритетные загрязнители (вызывающие беспокойство у международного сообщества), как, например, ртуть- и оловоорганические соединения. Акцент в данном случае делается не только на применение аналитических методов, но и на пробоотбор, стратегию пробоотбора и использование данных для проведения оценки загрязнителя. Недавно в лаборатории в течение 1-2 месяцев проходили подготовку стажеры из Ирака и Нигерии, а в конце 1988 г. ожидаются стажеры из Латинской Америки.

Персонал лаборатории проводит групповую подготовку кадров по различным аспектам исследований загрязнения морской среды в государствах-членах, причем рабочими языками курсов являются английский, французский и испанский. В настоящее время планируется организовать программу групповой подготовки по техническому обслуживанию и оптимальной калибровке аналитических контрольно-измерительных приборов.

Как и в других секциях МЛРМ, подготовка кадров в ЛИМС рассматривается не как курс пассивных „классных” или „демонстрационных” лабораторных занятий, а как динамичный взаимно-активный процесс, в котором стажеры продолжают принимать участие и после завершения первоначальных учебных курсов в Монакской лаборатории. Активное участие персонала ЛИМС в экспериментальных научно-исследовательских программах мониторинга, конференциях и научных рабочих группах позволяет им сбалансировать внедрение новейших разработок в методологии и науку о загрязнении окружающей среды с реальными возможностями и приоритетами лабораторий государств-членов в данной области и разработать, таким образом, полезные программы учебных курсов и дополнительную подготовку.