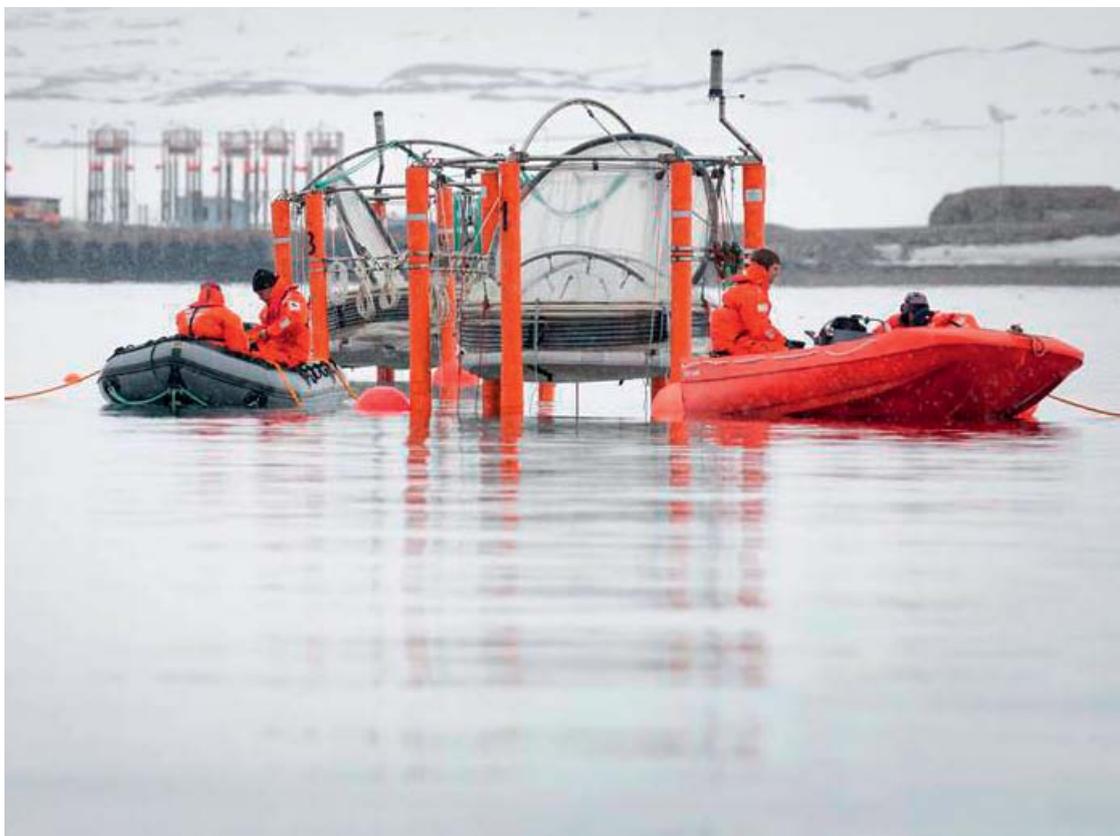


РАДИОИНДИКАТОРЫ: ВАЖНЕЙШИЕ ЯДЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, УЛУЧШАЮЩИЕ ПОНИМАНИЕ ОКЕАНОВ



Исследования с помощью радиоиндикаторов могут проводиться в плавающих или устанавливаемых на морском дне тентово-каркасных конструкциях, которые называются мезокосмы. Эти ценные экспериментальные средства позволяют изучать природную среду в контролируемых условиях, давая возможность сочетать преимущества работы в лаборатории и при полевых испытаниях.

(Фото: Ник Коббинг)

Работа МАГАТЭ по оказанию помощи в понимании и в конечном счете в защите наших океанов зависит от исследовательских инструментальных средств, которые называются “радиоиндикаторы”. Радиоиндикаторы – это химические соединения, содержащие специфические по свойствам радиоактивные изотопы. Все изотопы одного элемента имеют одинаковое число протонов в ядре, но различное число нейтронов. Таким образом, изотопы – это формы одного и того же элемента с разной массой. У стабильных изотопов состав ядра с течением времени не меняется. Нестабильные, или радиоактивные, изотопы с течением времени распадаются. Другими словами, они преобразуются в другой элемент, или энергетическое состояние, в ходе процесса, известного под названием трансмутация, при котором атомные ядра (протоны и нейтроны) испускают высокоэнергичные заряженные ионизирующие частицы и/или высокоэнергичные электромагнитные волны, называемые гамма-излучением.

Радиоэкологи в рамках обычной практики вводят мельчайшие количества того или иного “радиоиндикатора” – радиоактивного изотопа – в сложные биологические системы, например, для получения возможности наблюдать за функционированием клеток или тканей. Ученые могут распознать радиоиндикатор среди всех других

природных и почти идентичных соединений. Уникальная “изотопная сигнатура” радиоиндикатора оставляет хорошо видимый след, который тянется вместе с питательными веществами, энергоносителями или загрязнителями через организм, пищевую цепь или экосистему. Радиоиндикаторы легко обнаружить в ничтожно малых количествах, в связи с чем исследования можно проводить без отравления организмов или экосистем или оказания воздействия на химический состав или гидрогазодинамику системы. МАГАТЭ применяет радиоиндикаторы при работе как в лабораторных, так и в полевых условиях, каждая из которых имеет свои сильные стороны. Преимущество проведения экспериментов в лабораторных условиях состоит в создании упрощенных и искусственных экосистем, в которых природные процессы и взаимодействия можно изучать непрерывно. В ходе исследований в полевых условиях изучаются сложные системы реального мира, которые могут позволить дать ответ на вопросы о поведении того или иного соединения, динамике между различными видами и о том, каким образом соединения входят в состав осадочных отложений и/или рассеиваются в окружающей среде в качестве загрязнителей.

При проведении более широкомасштабных полевых исследований радиоиндикаторы используются главным

образом для установления процессов переноса, рассеивания и осаждения химических веществ в окружающей природной среде. Такие исследования применимы к прибрежной среде, где оцениваются и анализируются масштабы и воздействие сточных вод и других сбросов эфлюентов. Проведенная в 1970-х годах на озерных системах Канады серия экспериментальных исследований с применением радиоиндикаторов из тяжелых металлов (кадмия-109, цинка-65, ртути-203, железа-59, кобальта-60, цезия-134 и селена-75) и радиоиндикаторов, содержащихся в питательных веществах (углерода-14), показала, каким образом индикаторы поглощаются осадочными отложениями и питательными веществами. Они показали также, каким образом загрязнители переносятся из воды и осадочных отложений в организмы. Из последних они попадают в пищевую цепь и перемещаются по ней. Позднее стали высказываться опасения в отношении

Последние данные о состоянии наших океанов как минимум вызывают беспокойство. Эксплуатация их ограниченных ресурсов, рост загрязнения морской среды и разрушение океанических сред обитания, предоставляющих разнообразные услуги, оказывают серьезное негативное воздействие на морские организмы.

возможного радиологического воздействия, которое могли оказать такие полевые исследования на окружающую среду. В ходе оценки дозы на биоту, не связанную с человеком (инструментальное средство ERICA)¹, проведенной при исследовании одного из озер, главное внимание было уделено тому, были ли концентрации применявшихся радиоиндикаторов достаточно высокими для того, чтобы иметь отрицательные последствия для экосистемы; результаты подтвердили, что дозы были ниже референтных уровней, установленных Международной комиссией по радиологической защите. Это говорит о том, что радиоиндикаторы можно безопасно применять при проведении исследований в масштабах экосистемы.

Оказывая ограниченное воздействие на окружающую среду, радиоиндикаторы могут использовать в целом ряде новых применений в целях повышения информированности об окружающей среде и тех вызовах, с которыми она сталкивается. Применяя углерод-14 или фосфор-32, можно изучать динамику питательных веществ и получить лучшее представление об основах экосистемы. Применяя короткоживущие аналоги продуктов ядерной отрасли, такие как цезий-134 и стронций-85, или изотопы тяжелых металлов, радиоэкологи могут исследовать накопление загрязнителей в морских организмах и биомагнификацию (повышающуюся концентрацию веществ в организмах в каждом последовательном звене пищевой цепи).

Биомагнификация – это важный аспект загрязнения морской среды, который вызывает особое беспокойство в отношении долгоживущих млекопитающих, таких как люди. Другие потенциальные применения радиоиндикаторов включают их использование на наноуровне и мечение органических молекул, таких как лекарственные препараты, для отслеживания их поведения в процессе взаимодействия этих молекул с организмами после их выделения организмом человека и прохождения по канализационным системам.

Несмотря на их потенциально широкое использование, радиоиндикаторы имеют свои ограничения, в первую очередь в силу того факта, что для изучения некоторых процессов необходимо, чтобы индикаторы были поглощены, а затем рассеивались в окружающей среде в течение нескольких дней или более. В открытой водной среде это может привести к очень широкому рассеиванию из-за течений, волновой активности и миграции животных, перемещающих индикаторы на далекие расстояния от изучаемого района. Однако это нарушение не является ограничением для изучения некоторых из наших важнейших морских сред обитания. Районы образования морских заливов на побережье, предприятия аквакультуры, коралловые рифы и плавающие или устанавливаемые на морском дне тентово-каркасные конструкции – все они могут использоваться для сдерживания движения организмов и индикаторов, что делает их очень жизнеспособными средами для таких исследований с применением современных ядерных технологий.

Последние данные о состоянии наших океанов как минимум вызывают беспокойство. Эксплуатация их ограниченных ресурсов, рост загрязнения морской среды и разрушение океанических сред обитания, предоставляющих различные услуги, оказывают серьезное негативное воздействие на морские организмы. Радиоиндикаторы являются уникальными ядерными инструментальными средствами, которые могут использоваться для изучения загрязнения и его переноса в прибрежных зонах и океанах. МАГАТЭ и его партнеры стремятся обеспечить доступность этих ядерных технологий для улучшения понимания “состояния здоровья” океанов и призывают страны предпринимать практические шаги для предотвращения любого дальнейшего ухудшения этого состояния.

Кэт Хьюз, Австралийская организация по ядерной науке и технике

¹ Экологический риск, связанный с ионизирующими загрязнителями: оценка и управление (ERICA) – <http://www.ERICA-tool.com/>