

## Промышленность



### Радиоиндикаторы и закрытые источники помогают отслеживать движения отложений

#### РЕЗЮМЕ

1. Больше половины населения Земли живет на морских побережьях, в дельтах рек и по их берегам, где ускоренная эрозия прибрежных зон приводит к появлению проблем, связанных с переносом отложений.
2. Исследования переноса отложений в реках и прибрежных зонах крайне важны для строительства и обслуживания таких ключевых объектов инфраструктуры, как порты и доки, а также для осуществления проектов по мелиорации побережья, углублению дна и организации орошения.
3. Радиоиндикаторы и закрытые источники применяются в основном для отслеживания движения отложений в реках и морях для получения важнейшей информации, необходимой для строительства и обслуживания речных и морских гидротехнических сооружений, например, плотин и гаваней.

#### ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона и морское дно — динамичные среды, в которых отложения проходят этапы эрозии, переноса, осаждения и уплотнения. Основными причинами таких перемен являются повышение уровня моря, волны и цунами, вызываемые землетрясениями, грязевые оползни, интенсивные ливневые осадки и штормы. Деятельность человека, например строительство волноотбойных стенок и волнорезов, а также дноуглубительные работы в устье водотока также может нарушить естественное движение потоков песка.

Социально-экономические последствия изменения характера отложений представляют собой проблему общемирового масштаба. Однако есть эффективные способы получения актуальной информации, позволяющие отследить и оценить перенос отложений, и одним из таких способов является



Измерительные приборы с рассеянным гамма-излучением и гамма-проникающим излучением, например, прибор для измерения помутнения JJD3, используются для полевых измерений высоких концентраций отложений в гаванях, судоходных каналах, резервуарах плотин и реках. (Фото: П. Бриссе/МАГАТЭ)

применение радиоиндикаторов и закрытых источников.

МАГАТЭ оказывает странам содействие в отслеживании переноса отложений с помощью радиоиндикаторов. Эти радиоактивные методы могут применяться в исследованиях динамики отложений для получения важных данных, позволяющих повысить эффективность проектирования, обслуживания и выбора

оптимальных параметров гражданских сооружений. В качестве индикаторов и закрытых источников с 1960-х годов применялись радиоизотопы; это полезный (а зачастую просто незаменимый) инструмент для изучения переноса отложений.

## ПОЧЕМУ ВАЖНО ИЗУЧАТЬ ПЕРЕНОС ОТЛОЖЕНИЙ?

Регулирование отложений — крайне важный вопрос для всех стран, который необходимо учитывать при защите прибрежных зон и их населения от движения отложений, могущего вызывать крупные наводнения, оползни, разрушение пойм и утрату сельскохозяйственных угодий.

Важно понимать динамику отложений и воздействие их движения при проектировании портов и гаваней, проведении дноуглубительных работ, осуществлении инженерных проектов, определении переноса загрязнений, организации защиты от наводнений, защиты прибрежных зон и населения, обеспечении качества воды, организации туризма, рационального использования прибрежных зон и охраны среды обитания.

Наличие точных и надежных наборов данных полевых наблюдений за движением отложений и условиями эрозии и переноса отложений позволяет странам разрабатывать эффективные стратегии регулирования, помогающие избежать экологического ущерба, а также экономически эффективные меры защиты и предотвращения истощения отложений.

Распространенная проблема, связанная с движением отложений, — регулирование глубины воды в портах и гаванях, чтобы она была достаточной для движения судов. Для этого проводятся дноуглубительные работы. Очень важно выбрать правильное место сброса отходов, чтобы снизить повторное попадание осадков в судоходный канал.

## ЧТО ТАКОЕ РАДИОИНДИКАТОРЫ?

Индикаторы — это вещества, обладающие атомными, ядерными, физическими, химическими или биологическими свойствами, помогающие выявлять различные физические, химические или биологические процессы, а также наблюдать или следить за ними. Радиоактивные индикаторы широко используются для измерения потока жидкостей, газов и твердых веществ.

## РАДИОИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ ПОМОГАЮТ ОТСЛЕЖИВАТЬ ДВИЖЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ

Ученые используют ядерные методы для изучения накопления и переноса отложений в крупных портах и гаванях, что дает ценную информацию, применяемую во многих проектах гражданского строительства. Радиоизотопные методы используются в основном для отслеживания перемещения отложений (гравия, песка и ила) в реках и морях. Эта информация необходима для строительства и обеспечения функционирования речных и морских гидротехнических сооружений, например плотин, судоходных каналов и акваторий гаваней, а также для проектирования и обслуживания барьеров для защиты пляжей и морского побережья от эрозии.

Для изучения переноса отложений применяются два радиоизотопных метода:

1. радиоиндикаторы, отслеживающие передвижение твердых частиц под воздействием водных течений и волн;
2. радиоизотопные закрытые источники (контрольно-измерительные приборы, основанные на ядерной технологии, или ядерные приборы) для измерения концентрации отложений или плотности смеси отложений и воды в реках, дельтах, плотинах и судоходных каналах.

Данные методы помогают получать количественную информацию, например, направление и скорость перемещения отложений, а также их толщину. Индикаторы помогают определить перенос отложений, отображая приливно-отливные течения и динамику волн, а также такие процессы переноса отложений, как эрозия, перенос, осаждение и отложение. Для отслеживания отложений используются измерительные приборы с рассеянным гамма-излучением и гамма-проникающим излучением, а радиоиндикаторы применяются для статического или динамического измерения концентрации осевших отложений.

Применение радиоиндикаторных методов представляет собой эффективный способ исследования динамики отложений, поскольку они позволяют получить в режиме реального времени точную оценку того, где, как и почему отложения перемещаются. Обычно процедура предполагает введение небольших количеств радиоизотопа (например, золото-198 или

иридий-192) в измеряемые пробы отложений, размещение их в ключевых точках пробоотбора, а затем отслеживание их движения с использованием буксируемых судами детекторов.

Индикаторные методы также часто используются для подтверждения результатов применения других методов оценки отложений, например батиметрической съемки, помогающей измерить глубину воды, или математических или физических моделей, адаптированных для таких исследований. Наблюдается также тенденция все более широкого использования анализа результатов экспериментов с радиоиндикаторами с помощью вычислительной гидрогазодинамики, раздела механики жидкостей и газов, в котором для анализа жидкостных потоков используются цифровой анализ и алгоритмы. Предполагается, что это приведет к построению более надежных моделей и более точной выверке результатов.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТЛОЖЕНИЙ

На перенос отложений влияют в первую очередь ветер, волны и климатические условия. Чтобы понимать динамику отложений в различных условиях, полезно знать некоторые определения и свойства отложений.

Плотность большинства отложений составляет примерно  $2,65 \text{ г/см}^3$ , однако они могут иметь различные размеры и форму. Отложения можно классифицировать по размеру зерна от глины до гравия. Одной из наиболее распространенных классификаций, используемых в седиментологии, является классификация Вентворта (1922 год)<sup>1</sup>. В ней выделяются четыре основных класса частиц:

1. гравий: частицы размером свыше 2 миллиметров (мм) в диаметре;
2. песок: частицы размером от 63 микрометров (мкм) до 2 мм в диаметре;
3. ил: частицы размером от 2 до 63 мкм;
4. глина: частицы размером менее 2 мкм в диаметре.

<sup>1</sup>Wentworth, C. K., 1922, A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, in The Journal of Geology, Vol. 30, No. 5, pp. 377-392. Available at: [www.jstor.org/stable/30063207](http://www.jstor.org/stable/30063207)



Мобильная система гамма-спектрометрии для целей обнаружения GISPI (Gamma in Situ Portable Device, мобильное устройство для гамма-спектрометрии in situ), которое монтируется на переднюю часть транспортного средства, например, автомобиля, и используется для создания карт естественной радиоактивности отложений в прибрежных зонах.

(Фото: Ж. Бецуденхут/Школа наука и технологии, Стелленбошский университет, Южная Африка)

Чаще всего изучается перенос песка и ила в морях, реках и на плотинах. Существует также различные подклассы песка в зависимости от его зернистости.

## ПОМОЩЬ МАГАТЭ

МАГАТЭ помогает своим государствам-членам в развитии и применении радиоизотопных технологий для защиты инженерных работ в прибрежных зонах и повышения эффективности охраны окружающей среды. Это способствует:

- расширенному применению радиоиндикаторов и закрытых источников в инженерных работах в прибрежных зонах, в целях рационального использования речных ресурсов и обслуживания плотин;
- углублению знаний выпускников факультетов охраны окружающей среды и гражданского строительства о методах применения радиоиндикаторов и закрытых источников в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, а также применению этих методов;
- повышению осведомленности инженеров и руководителей, работающих в сфере охраны окружающей среды и участвующих в инженерных работах в прибрежных зонах, о потенциале радиоиндикаторных методов для целей изучения прибрежных зон и структур со сложным строением.



Проводимое экспертами МАГАТЭ обучение по вопросам применения контрольно-измерительных приборов, основанных на ядерной технологии, для слежения за концентрацией отложений в подходном канале в гавани города Лараш (Марокко).  
(Фото: П. Бриссе/МАГАТЭ)

В рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ организуется обучение на базе лабораторий МАГАТЭ в Зайберсдорфе (Австрия), и соответствующие лаборатории государств-членов предоставили обучающимся спонсорскую поддержку в области применения радиоиндикаторов в целях исследования отложений. МАГАТЭ играет ключевую роль в обеспечении передачи технологии использования радиоиндикаторов. Оно помогает странам в развитии людских ресурсов, способствует образованию молодых специалистов и содействует соблюдению надлежащей практики, необходимой для обеспечения устойчивого характера технологий и передачи знаний. Разработка учебных материалов для специалистов и практиков, работающих с радиоиндикаторами, является одной из ключевых целей этой важной помощи, направленной на укрепление защиты прибрежных зон и рек.


## В ЧЕМ МАГАТЭ МОЖЕТ ПОМОЧЬ ГОСУДАРСТВАМ-ЧЛЕНАМ

- Создание потенциала в области применения радиоиндикаторов для защиты прибрежных зон.
- Повышение осведомленности о том, как эти методы могут применяться в усовершенствованных программах регулирования отложений.
- Установление региональных контактов для определения проблемных областей переноса отложений и оценки потенциала применения радиоиндикаторов для повышения эффективности действий по предупреждению и контролю истощения отложений.

Обозрение МАГАТЭ издается Бюро общественной информации и коммуникации

Редактор: Аабха Диксит • Дизайн: Риту Кенн

С более подробной информацией о МАГАТЭ и его работе можно ознакомиться на сайте [www.iaea.org](http://www.iaea.org)

или на наших страницах 

или в ведущем издании Агентства «Бюллетень МАГАТЭ» по адресу: [www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

МАГАТЭ, Венский международный центр, а/я 100, 1400 Вена, Австрия

Эл. почта: [info@iaea.org](mailto:info@iaea.org) • Телефон: +43 (1) 2600-0 • Факс: +43 (1) 2600-7

