

ПАРТНЕРСТВО В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ МАГАТЭ ДЛЯ АФРИКИ

ИСПОЛЬЗУЮТ НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ

АЛИ БУССАХА И РОЙАЛ Ф. КАСТЕНС

Пресная вода — ценный и ограниченный ресурс. Лишь около 0,007% всей воды на земле доступно для потребления ее человеком. Если приравнять все запасы воды на земле к одному галлону, пресная вода (включая снег и лед) заняла бы менее половины чашки (около 3%), а имеющейся доступной пресной воды было бы примерно всего две капли!

Конкуренция за обладание этими каплями возрастает по экспоненте. С 1990 г. спрос на пресную воду в мире возрос в 6 с лишним раз, более чем вдвое превысив темпы роста населения. По имеющимся оценкам, около 400 млн. человек живут в настоящее время в районах с острой нехваткой воды. Через 50 лет в таких условиях могут оказаться 4 млрд. людей. Численность населения в мире увеличивается ежегодно примерно на 90 млн. человек, и в течение следующих трех десятилетий почти каждая страна испытает сокращение имеющихся ресурсов воды в расчете на душу населения.

Африка может оказаться перед лицом наиболее грозной опасности по сравнению с другими регионами. Ежегодный прирост ее населения уже высок и, как ожидается, в обозримом будущем сохранится на уровне более 2%. Для континента в целом положение усугубляется длительными засухами в засушливых и полусухих зонах в сочетании с ростом численности и потребностей населения, в особенности в городских районах, и быстро усиливающейся



конкуренцией за воду в сельском хозяйстве и промышленных секторах. Большинство городских центров в Африке испытывают трудности в удовлетворении потребностей в водоснабжении и санитарии своего нынешнего населения; они стоят перед необходимостью решения в будущем проблем, возникших в результате воздействия нехватки воды на здоровье человека, социальное и экономическое развитие и окружающую среду.

Вопросы нехватки воды стоят на первом месте в программах работы правительств. В своих усилиях по решению этих вопросов африканские государства — члены МАГАТЭ полагаются на удовлетворение потребностей во все более сложных аналитических средствах, технологиях и институциональных возможностях. Повышается внимание к национальным программам в области рационального использова-

Г-н Буссаха — руководитель Секции Африки Отдела Африки, Восточной Азии и Тихого океана Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ; г-н Кастенс — руководитель Секции концепций и планирования Департамента. Соавторами статьи являются руководитель Секции изотопной гидрологии Отдела физических и химических наук Департамента ядерных наук и применений МАГАТЭ г-н Прадип Аггарвал и сотрудник Секции изотопной гидрологии Департамента г-н К.Б. Гайе.

Фото: В рамках поддерживаемых МАГАТЭ исследований гидрологи в Эфиопии занимаются научным картографированием подземных водных источников. (Kinley/IAEA)

ния водных ресурсов, и большое число партнеров в целях развития на основе двусторонних и многосторонних соглашений активно участвуют в обеспечении технической и финансовой поддержки.

В прошедшие годы учреждения системы Организации Объединенных Наций, сообщество доноров и неправительственные организации (НПО) играли ключевую роль в качестве пропагандистов политики и технических консультантов по использованию водных ресурсов. Из всех источников капиталовложений самым важным был Всемирный банк. За период с 1961 по 1995 г. он финансировал многочисленные завершённые и текущие проекты в области водного хозяйства на общую сумму около 60 млрд. долл.

Тем не менее главные проблемы остаются. Способность правительств решать проблемы в водном секторе часто ограничена из-за отсутствия соответствующих политических и аналитических структур, в том числе регулирующих аспектов управления водным хозяйством и поставок услуг. Это приводит к распылению усилий и нечеткости в разработке и осуществлении оценок водных запасов и программ управления. Даже беглого взгляда на документы в области политики, страновые оценки и аналитические сводные данные, подготовленные правительствами и международным сообществом, достаточно, чтобы увидеть: системы управления данными по национальным водным ресурсам являются, как правило, неадекватными повсюду в регионе.

Отсутствие надежной информации приводит к вполне очевидным последствиям, и прежде всего является основным препятствием, сдерживающим осуществление эффективных национальных стратегий и программ

по рациональному использованию водных ресурсов.

Африканские страны при активном сотрудничестве со своими партнерами по развитию уделяют все больше внимания укреплению национальных инфраструктур по рациональному использованию водных ресурсов. Эта деятельность охватывает создание потенциала и повышение квалификации национальных кадров в области планирования, разработки и осуществления проектов развития в водном секторе. Предпринимаемые в настоящее время усилия в рамках работы по созданию национального технического потенциала включают интеграцию всех соответствующих средств в целях дальнейшего облегчения доступности данных, обеспечивающих принятие обоснованных решений.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО МАГАТЭ

Важным аспектом укрепления национального потенциала в области рационального использования водных ресурсов является требование более полного понимания взаимовлияния человеческой деятельности и естественных процессов в гидрологическом цикле на многих уровнях. Например, поверхностные воды остаются главным источником пресной воды для двух третей населения в мире, однако для сельского населения все большее значение приобретают подземные воды, которые к тому же служат основным источником ирригации в целях удовлетворения потребностей национальной продовольственной безопасности. Далее, во многих регионах подземные воды подвергаются чрезмерной откачке и не успевают пополняться. Часть подземных вод, называемая "палеоводой", не может быть пополнена, поскольку ее

запасы образовались в более ранние эпохи.

Чрезмерная откачка подземных вод привела в некоторых районах к снижению уровня водоносного горизонта на десятки метров, что во все большей мере затрудняет и удорожает обеспечение доступа к воде и/или влияет на качество этих источников, поскольку они подвергаются воздействию естественных и искусственных загрязнителей. Чрезмерная откачка может также иметь серьезные последствия для базисного стока рек и оказывать негативное влияние на рыболовные промыслы и экосистемы. Как ожидается, на протяжении последующих 30 лет проблема чрезмерной эксплуатации подземных вод будет обостряться.

Из этого прогноза вытекает необходимость в точной и своевременной информации. Требуются данные о возрасте, скорости пополнения и местах расположения источников пополнения, о процессах перемешивания водоносных пластов, об источниках засоления, особенно в засушливых и полусушливых зонах, и о других параметрах, влияющих на объемы, качество и устойчивость водных ресурсов.

Ядерные и связанные с ними применения. Применение ядерных методов в гидрологии является важным, а иногда уникальным средством получения ценной информации, необходимой для рационального использования водных ресурсов. В большинстве случаев методы изотопной гидрологии обеспечивают качественное определение или решение гидрологической проблемы, а количественное определение гидрологических параметров в некоторых обстоятельствах возможно лишь с применением этих методов. Такая информация важна для определения долгосрочной отдачи водоносного пласта, защиты уязвимых источников пополнения от

загрязнения или для ограничения интрузии соленой воды. Изотопы могут также обеспечить получение полезных данных для установления ограничивающих условий и подтверждения правильности моделей подземных вод, используемых в целях управления водным хозяйством. Для многих проблем развития изотопы могут оказаться практически «незаменимыми» (см. вставку на стр. 20).

Использование изотопных гидрологических методов приносит значительные технологические и экономические выгоды, в особенности когда они применяются в качестве составной части гидрологической практики в водном секторе. В целях реализации этих преимуществ необходимо, чтобы сектор управления водным хозяйством располагал возможностями для проведения точных измерений концентрации изотопов и подготовленными опытными кадрами, способными применять, развивать или адаптировать имеющуюся технологию к местным условиям.

Как и в других областях, техническое сотрудничество в изотопной гидрологии четко опреде-

лено в соответствии с мандатом и технической компетентностью Агентства. В течение более 40 лет программа изотопной гидрологии Агентства обеспечила создание национальных потенциалов для сбора, интерпретации и применения изотопных данных в практической гидрологии. Признавая огромный потенциал изотопной гидрологии, особенно в условиях Африки, Совет управляющих МАГАТЭ одобрил в 1994 г. комплексный региональный подход в целях максимизации преимуществ поддерживаемой Агентством деятельности по передаче технологий в водном секторе. С 1995 г. предпринимаются согласованные и систематические усилия для эффективного внедрения методов изотопной гидрологии в гидрологическую практику государств-членов. Принятие в 1997 г. новой Стратегии технического сотрудничества МАГАТЭ создало необходимую основу и обеспечило методы дальнейшей консолидации инициатив, предпринятых государствами-членами и Агентством в целях повышения эффективности проектов изотопной гидрологии в Африке.

КОНКРЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ ДЛЯ АФРИКИ

Страны все больше убеждаются в важной роли и больших возможностях изотопной гидрологии в деле решения практических проблем, касающихся рационального использования водных ресурсов. Это побудило несколько государств-членов из Африки обратиться за технической помощью к Агентству в целях разработки соответствующего подхода для внедрения изотопных методов в национальные программы управления водными ресурсами.

Региональный модельный проект по применению изотопов для развития ресурсов подземных вод. В ответ на эти просьбы Агентство разработало региональный проект технического сотрудничества, связанный с обеспечиваемыми правительством и/или донором крупными инвестициями в водный сектор. В 1995 г. началось осуществление первого этапа проекта (1995—1997 гг.), охватывавшего четыре страны (Египет, Марокко, Сенегал и Эфиопия). На втором этапе в 1997 г. проект был расширен, и к нему присоединились еще пять стран (Алжир, Мали, Нигер, Нигерия и Судан).

Цели данного мероприятия заключались 1) в демонстрации практических результатов применения изотопных гидрологических методов в краткосрочной перспективе и 2) в оказании содействия долговременным усилиям государств-членов в создании потенциала в целях совершенствования управления водными ресурсами.

Одной из важных целей было выйти на конечных пользователей с целью максимизации выгод технического сотрудничества. При планировании и разработке оперативной деятельности особое внимание уделялось национальным институциональ-

**СТРАНЫ — УЧАСТНИЦЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ВОДНЫХ ПРОЕКТОВ МАГАТЭ В АФРИКЕ**



ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Изотопные методы обеспечивают ценную информацию и данные для понимания проблем развития, связанных с управлением водными ресурсами. Их конкретные применения включают:

Совершенствование оценки водных ресурсов

■ **Естественное пополнение/расход — в качестве исходных данных для оценки водного баланса.** Применение изотопных методов помогает устанавливать источники и зоны пополнения (необходимо для водного баланса и получения воды); определять процессы пополнения (как они протекают и их динамика); оценивать скорость пополнения; и оценивать скорость диффузионного расхода.

■ **Искапаемые/палеоводы, обычно встречающиеся в засушливых зонах.** Изотопные методы позволяют картографировать места появления воды, в особенности в трансграничных водоносных пластах; совершенствовать оценки гидравлических связей палеовод с прилегающими массами поверхностных/подземных вод; проводить оценки ресурсов.

■ **Контроль водного баланса с помощью моделирования потоков подземных вод.** Применение изотопных методов может обеспечить подтверждение наблюдений, получен-

ных с помощью традиционных гидрологических исследований.

Проблемы рационального использования подземных вод

■ **Загрязнение подземных вод.** Изотопные методы помогают определять некоторые конкретные источники и процессы; устанавливать режимы и динамику переноса загрязнителей; подтверждать/калибровать модели переноса загрязнителей; оценивать уязвимость водоносного пласта с точки зрения загрязнения в целях учета при принятии решений.

■ **Эксплуатация и чрезмерная эксплуатация ресурсов подземных вод.** Изотопные методы позволяют определить источник и процесс засоления подземных вод; оценить индуцированные негативные эффекты, обусловленные эксплуатацией.

■ **Искусственное пополнение подземных вод.** Изотопные методы позволяют оценить эффективность различных схем пополнения; определить наиболее подходящие места пополнения с учетом гидрогеологических условий.

■ **Воздействие повторного использования сточных вод на ресурсы подземных вод.**

ным и оперативным структурам, были предприняты особые усилия по установлению связей с другими программами, которые выполняются в ряде стран при поддержке доноров.

При разработке проекта проводились широкие консультации с государствами-членами. Эти консультации были предназначены обеспечить активное участие и принятие обязательств национальными водохозяйственными органами в рамках проектов изотопной гидрологии. Подключение национальных водохозяйственных органов или конечных пользователей на ранней стадии проекта технического сотрудничества имело целью установление прочных функциональных связей с национальными органами в области атомной энергии, соответствующими техническими институтами и факультетами гидрологии при университетах.

Деятельность в рамках проекта во всех странах была сосредоточена на вопросах развития, вызывающих особую озабоченность. Несколько конкретных примеров полевых исследова-

ний и мероприятий в отдельных странах служат иллюстрацией проводимой работы.

■ **Египет.** Египет испытывает острую нехватку источников пресной воды. Завершение строительства высотной Асуанской плотины и государственное регулирование стоков воды ниже Асуанской дамбы помогли уменьшить сброс воды в море. Тем самым появилось больше воды для освоения новых земель на границе поймы Нила. Однако ввиду ограниченных запасов поверхностных вод проекты освоения новых земель полностью зависят от выкачиваемых на местах подземных вод. Для проекта изотопной гидрологии были отобраны две таких программы освоения земли в Вади Кена и Эсна. Эти два участка занимают площадь в 4500 кв. км, где водоносные пласты залегают на глубине до 200 м. Устойчивость водоснабжения как по количеству, так и по качеству воды в высшей степени зависит от постоянного наличия подземных вод. Результаты предшествующих исследований указали на

значительное взаимодействие между подземными водами в различных водоносных пластах.

На основе изотопных гидрологических исследований были установлены разные изотопные характеристики подземных вод системы водоносных пластов Нила и водоносного пласта прилегающих нубийских песчаников. Было также установлено соотношение между нынешней и прежней нильской водой (до строительства Асуанской плотины), а также их роль в пополнении водоносных пластов.

По оценкам, наряду с пополнением за счет нынешней нильской воды палеовода из водоносного пласта нубийских песчаников составляет около 30% всех источников пополнения водоносных пластов, используемых для проектов освоения земель. Ожидается, что данные по пополнению подземной воды, полученные в ходе этого полевого исследования, окажутся полезными в работе по обеспечению устойчивого развития водных ресурсов и могут также привести к разработке других проектов ос-

воения земель по границам пустыни.

■ **Сенегал.** В Сенегале была произведена повторная оценка ресурсов подземных вод в районе мыса Зеленый. Здесь расположен главный город страны — Дакар, страдающий от острой нехватки воды. Изотопные исследования позволили получить важные данные для устойчивого управления системами водоносных пластов, которые используются для снабжения города питьевой водой.

■ **Марокко.** Для регионального проекта были отобраны два района, страдающих от нехватки воды (Тафилалет и Гуэльмин), на юге центральной части Марокко. Изотопные исследования позволили получить новое представление о системах водоносных пластов в обоих районах. Было установлено, что один из водоносных пластов в районе Тафилалет эксплуатировался в условиях скважинной добычи, и было решено закрыть пять артезианских колодцев. В районе Гуэльмин была установлена возможность искусственного пополнения водоносного пласта Сейяд с использованием поверхностных вод, и на основе изотопных исследований была определена удобная для этих целей площадка.

■ **Эфиопия.** Оценка пополнения подземных вод была проведена в районе Мойяле на юге Эфиопии. Периодически повторяющаяся засуха в данном районе с населением около 3 млн. человек вызвали хроническую нехватку воды для питья и ирригации. Результаты изотопных гидрологических исследований показывают существенное пополнение подземных вод за счет атмосферных осадков, но в значительно меньшей степени по сравнению с предыдущими оценками. В процессе исследований был установлен также устойчивый потенциал двух водоносных пластов в осадочных и разломных горных породах в районе Мойяле, которые могут быть ис-

пользованы для водоснабжения сельской местности.

Региональный модельный проект устойчивого развития ресурсов подземных вод. На основе успешного осуществления регионального проекта 1995 г. и полученных уроков в отношении проблем разработки и осуществления конкретных проектов, в 1999 г. был инициирован второй Модельный проект для Южной и Восточной Африки. Он охватывает семь стран (Зимбабве, Кения, Мадагаскар, Намибия, Танзания, Уганда и Южная Африка). Данный проект был разработан в виде серии параллельных национальных субпроектов, в которых внимание было сосредоточено на полевой деятельности на страновом уровне. Региональный компонент Модельного проекта был предназначен для содействия сотрудничеству и обмену информацией и опытом между участвующими странами, а также дальнейшему укреплению регионального потенциала в области изотопных применений. Общая цель проекта заключается в решении практических проблем развития и управления подземными водными ресурсами в разломных твердоскальных водоносных пластах и системах аллювиальных водоносных пластов, где проблемы засоления, загрязнения и чрезмерной эксплуатации вызывают особую озабоченность. Отдельные примеры деятельности на страновом уровне освещаются ниже.

■ **Мадагаскар.** Конкретные цели помощи МАГАТЭ в Мадагаскаре состоят в определении динамики подземных вод и в оценке природы и происхождения проблем качества подземных вод в южной части страны. Эти мероприятия дополняют более широкомасштабную деятельность в области развития и управления водными ресурсами, осуществляемую национальными и международными учреждениями, включая Детский фонд ООН

(ЮНИСЕФ), Всемирный банк, Программу развития ООН и Японское агентство международного сотрудничества, и интегрируются в нее. Данный проект осуществляется совместно с национальным органом по управлению водными ресурсами (Директорат по эксплуатации водных ресурсов) и ядерным научным институтом (Национальный институт науки и ядерных методов). Кроме того, создается национальный комитет по руководству проектом, включающий все заинтересованные стороны водохозяйственного сектора.

■ **Южная Африка.** Южноафриканский национальный субпроект сосредоточен на оценке наличных ресурсов подземных вод в зоне сдвига горных пород Тааибосх в Северной провинции. Разработан предварительный проект системы водоснабжения для нескольких деревень с населением около 60 тыс. человек. Осуществление данного субпроекта зависит от подтверждения того, что местных ресурсов подземной воды достаточно для удовлетворения прогнозируемого спроса на воду в долгосрочной перспективе. Управление проектной группой осуществляется через Министерство водного и лесного хозяйства; руководство рассматривает проект Тааибосх в качестве пилотного исследования для оценки подземной воды в регионе и всей Южной Африке.

Значительная часть проекта осуществляется по контракту частной консультативной фирмой. Аналитические услуги и услуги специалистов по интерпретации данных предоставляются школой и Центром ядерных исследований, который также оказывает поддержку (в качестве региональной организации) деятельности в других странах, участвующих в региональном Модельном проекте. Министерство водного и лесного хозяйства работает с Комиссией

ПОДДЕРЖКА ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОТОПНОЙ ГИДРОЛОГИИ В АФРИКЕ

МАГАТЭ разрабатывает основу стратегического плана по консолидации и поддержке потенциалов стран Африки по использованию возможностей изотопной гидрологии. Главная цель разработки — содействовать комплексному и устойчивому рациональному использованию водных ресурсов.

Основные компоненты стратегического плана имеют целью:

- **Укрепление институционального потенциала и повышение компетентности людских ресурсов.**
- **Поощрение участия заинтересованных сторон и вовлечение частного сектора.**
- **Содействие региональному сотрудничеству и взаимодействию.**
- **Оказание поддержки средне- и долгосрочным национальным программам.**
- **Укрепление систем данных и информационных систем.**

по водным исследованиям для согласования состава руководящего комитета проекта и включения представителей других правительственных организаций Южной Африки, действующих в водном секторе.

■ **Зимбабве.** В Зимбабве определяются ресурсы подземных вод на площади около 4 тыс. кв. км в аллювиальных отложениях реки Саби в южной части страны. Река Саби течет на юг, в Мозамбик. Установлена концептуальная модель системы подземных вод, которая используется для руководства полевыми исследованиями.

Национальные субпроекты, включенные в это региональное мероприятие, являются частью высокоприоритетных правительственных программ. Во многих случаях эти программы финансируются в рамках двусторонних и многосторонних соглашений с донорами, а помощь от Агентства запрашивается для подкрепления текущих исследований, когда невозможно сделать твердые выводы на основе традиционных гидрологических методов. Недавние изменения в водном законодательстве и распределении водных ресурсов в некоторых странах также содействуют более правильному пониманию технической стороны использования имеющихся водных ресурсов, с тем чтобы мож-

но было добиться их справедливого и эффективного распределения.

БУДУЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

Программа Агентства в области изотопной гидрологии сыграла решающую роль в содействии осуществлению концептуальных разработок и практических применений в данной области, однако остаются еще существенные проблемы, связанные с интегрированием изотопных методов в водный сектор. В этих целях МАГАТЭ определило компоненты стратегии по поддержке потенциалов государств-членов в области применения изотопной гидрологии для рационального использования водных ресурсов (см. *вставку вверху*).

Изотопная гидрология может обеспечить общее улучшение рационального использования природных ресурсов, однако сначала ее необходимо признать в качестве ключевого инструмента для совершенствования процесса принятия решений по конкретному комплексу проблем. Зачастую партнеры Агентства в лабораториях изотопной гидрологии не знают потребностей в данных и требований технических фирм, с которыми водохозяйственные органы заключают контракты на проведение исследований и решение проблем нехватки воды и ее качества.

Поэтому стратегия, которую осуществляет Агентство в рамках Программы технического сотрудничества, заключается в сосредоточении усилий на проектах, ориентированных на конкретное решение какой-либо проблемы развития, и на создании партнерств с национальными и международными заинтересованными сторонами. Особенно важны партнерства со Всемирным банком и другими международными финансовыми учреждениями, поскольку программы, финансируемые в рамках помощи, поступающей из внешних источников капитала, обычно отражают как их высокую приоритетность, так и безусловную приверженность национальных органов делу их осуществления.

Опыт показывает, что изотопные методы обеспечивают технические данные и знания, которые могут содействовать совершенствованию процесса принятия решений основными заинтересованными сторонами в области управления водным хозяйством и защите национальных инвестиций. Однако ценность этого вклада не осознается в полной мере до тех пор, пока он не отвечает непосредственно целям управления национальными водными ресурсами. Поэтому необходимо тщательно программировать проекты технического сотрудничества МАГАТЭ в области изотопной гидрологии, с тем чтобы они отвечали потребностям национальных водохозяйственных органов в данных и знаниях. Дейтельность, связанная с последними региональными проектами в Южной и Восточной Африке, отражает эти усилия. Возможный третий этап применения изотопной гидрологии будет направлен на то, чтобы увязать потенциалы, созданные в северном, южном и восточном регионах Африки, с потенциалами, нарождающимися в Западной Африке. □