

Технология Н₂О

Прадип Аггарвал и Али Буссаха



Научные разработки МАГАТЭ для управления мировыми водоносными горизонтами.

Мы знаем, что вода необходима для жизни. Менее известен тот факт, что пресной водой можно обеспечить всех при условии, что ее мировые запасы хорошо изучены и экономно расходуются.

Вода – это ключевой фактор социально-экономического развития. Она также является основным элементом программ по сокращению бедности. В Декларации тысячелетия государства-члены ООН приняли решение “сократить вдвое к 2015 году долю населения земного шара, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде, в том числе из-за нехватки средств”, и “остановить нерациональную эксплуатацию водных ресурсов, разрабатывая стратегии водохозяйственной деятельности на региональном, национальном и местном уровнях, способствующие справедливому доступу к воде и ее достаточному предложению”.

Устойчивый рост глобальной потребности в пресной воде в сочетании со стремительным промышленным и сельскохозяйственным развитием ставит под угрозу доступность и качество запасов пресной воды. Сегодня значительная часть мирового населения, особенно в регионах с дефицитом воды, страдает от недостаточного обеспечения водой. Махатма Ганди очень точно прокомментировал это более 60 лет назад: “Воды достаточно, чтобы удовлетворить нужды человека, но недостаточно для удовлетворения его жадности”. В докладе Генерального секретаря ООН на Всемирной встрече на высшем уровне по устойчивому развитию, которая состоялась в 2002 году в Йоханнесбурге, отмечалось, что глобальный водный кризис – это также и кризис управления.

В Африке, например, недостаточная доступность воды и приемлемых санитарных условий считается как причиной, так и следствием бедности. Хотя на континенте водных ресурсов более чем достаточно - около 17 крупных рек и 160 озер площадью более 27 км² каждое, - большая часть этих ресурсов находится во влажной и полувлажной зонах вокруг экватора. Поверхностный сток в Африке в среднем намного ниже, чем среднее количество осадков, вследствие высокого уровня испарения и эвапотранспирации. Это приводит к эндемической засухе в некоторых частях континента.

Вот почему для Африки подземные воды – подземные пруды и озера систем водоносных горизонтов – являются жизненно важным ресурсом. Они обеспечивают почти две трети всей питьевой воды на континенте, а для народов Северной Африки даже больше.

Аналогичная ситуация в Южной Америке - там объем водных ресурсов составляет около 3 млн. км³, но ежегодно используется только одна десятая часть от общего количества воды, выпадающей в виде осадков. Основными проблемами, стоящими перед этими странами, являются экологически рациональное использование подземных вод и предотвращение загрязнения имеющихся ресурсов.

Линии жизни подземных вод

В глобальном масштабе подземные воды составляют около 90% имеющихся запасов пресной воды, за исключением ресурсов, заключенных в полярных льдах. Почти половина всей пресной воды, используемой для питья и орошения во всем мире, добывается из-под земли, чем обусловлена связь между устойчивостью ресурсов подземных вод и устойчивым развитием человечества.

Около 20% оросительных систем во всем мире, производящих 40% запасов продовольствия, зависит от подземных вод. Согласно подсчетам почти 10% глобального производства продуктов питания может зависеть от воды для орошения, извлекаемой из ископаемых или невозобновляемых водоносных горизонтов. Согласно сведениям Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) использование подземных вод для орошения на протяжении нескольких последних десятилетий, вероятно, позволило оттянуть время наступления очередного продовольственного кризиса.

Почти половина всей пресной воды, используемой для питья и орошения во всем мире, добывается из-под земли, чем обусловлена связь между устойчивостью ресурсов подземных вод и устойчивым развитием человечества.



Пресной воды может хватить на всех – при условии, что ее мировые запасы хорошо изучены и экономно расходуются.

Изотопная гидрология

Несмотря на важность подземных вод для многих общин, местная общественность, как правило, мало обеспокоена их защитой, возможно, потому, что объемы и наличие подземных вод нелегко определить. Важно также учесть влияние на водные ресурсы нарастающих климатических колебаний, связанных как с временными факторами, так и с особыми условиями. Подземные воды дают возможность до некоторой степени смягчить негативные последствия изменения климата.

Для разработки устойчивых структур управления и определения политики необходимо иметь надежную гидрологическую информацию о качестве и количестве водных ресурсов. Получение доступа к такой информации требует значительного времени и финансовых средств и обычно не может быть осуществлено за то короткое время, в течение которого необходимо удовлетворить потребности общества в воде.

Ядерные и изотопные методологии обеспечивают гидрологов мощными инструментальными средствами для оперативной оценки водных ресурсов и управления ими при значительно более низких затратах. Стабильные и радиоактивные природные изотопы уже более четырех десятилетий используются для изучения гидрологических систем; особенно эффективными они оказались при исследовании систем подземных вод.

Применение изотопов в гидрологии основано на общем принципе “отслеживания”, при этом используются либо специально введенные, либо встречающиеся в естественных условиях (природные) изотопы.

Природные изотопы (радиоактивные либо стабильные) имеют явное преимущество перед инжектируемыми (искусственными) изотопными индикаторами, выражающееся в том, что они облегчают исследование различных гидрологических процессов в гораздо более крупных временных и пространственных масштабах благодаря своему естественному распределению в гидрологической системе. Таким образом, методы на основе природных изотопов дают уникальную возможность получения пространственно-временных интегрированных характеристик систем подземных вод при региональных исследованиях водных ресурсов. Применение искусственных изотопных индикаторов обычно эффективно в конкретных, локальных условиях.

К числу наиболее часто применяемых природных изотопов относятся изотопы молекулы воды, т.е. водорода (а именно, дейтерий и тритий) и кислорода (кислород-18), а также углерод-13 и углерод-14, встречающиеся в воде в виде компонентов растворенных неорганических и органических углеродных соединений. Дейтерий, углерод-13 и кислород-18 являются стабильными изотопами соответствующих элементов, тогда как тритий и углерод-14 – это радиоактивные изотопы.

Среди наиболее важных областей применения изотопов для исследования подземных вод можно назвать процессы пополнения и истощения водоносных горизонтов, наличие водотока и соединений между горизонтами, а также источники, цикл существования и перенос загрязнителей. В частности, в условиях засушливого и полузасушливого климата изотопные методы составляют фактически

единственный способ выявления и количественной оценки пополнения подземных вод.

Антропогенное загрязнение водоносных горизонтов неглубокого и глубокого залегания из-за чрезмерной эксплуатации пластов неглубокого залегания является одной из центральных проблем управления водными ресурсами. Природные изотопы могут применяться для отслеживания путей проникновения загрязнителей и прогнозирования пространственного распределения, а также для отслеживания изменений моделей загрязнения во времени для оценки сценариев миграции загрязнения и планирования мер по восстановлению водоносных горизонтов.

Глобальные карты мировых водоносных горизонтов

Программа МАГАТЭ по водным ресурсам направлена на разработку изотопных методов управления водными ресурсами и содействие ученым в правильном использовании этих методов. Оценки мировых ресурсов подземных вод обычно страдают неточностью, и надежная информация о доле возобновляемых и невозобновляемых подземных вод носит обрывочный характер. МАГАТЭ, совместно с Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) и Международной ассоциацией гидрологов (МАГ), ведет работы, направленные на углубление понимания глобального распределения

невозобновляемых подземных вод и оценку их объемов. Исследования основываются на маркировочных свойствах изотопов, данные по которым собираются с подземных водоносных горизонтов во всем мире.

Основная часть изотопных данных для глобального картографирования водоносных горизонтов была собрана за последние четыре десятилетия в рамках проектов МАГАТЭ по техническому сотрудничеству. Эти проекты привели к существенному наращиванию национального и регионального научного потенциала и инфраструктуры, одновременно помогая в решении практических вопросов по управлению запасами поверхностных и подземных вод. В настоящий момент действует более 80 функциональных проектов по техническому сотрудничеству, связанных с изотопной гидрологией в регионах Африки, Азии и Латинской Америки, со скорректированным бюджетом в размере около 7 миллионов долларов.

В последние годы МАГАТЭ тесно сотрудничает с государствами-членами в области внедрения изотопной гидрологии в число основных национальных и международных программ, связанных с водными ресурсами, в результате чего должно начаться более широкое применение изотопных методов для управления водными ресурсами. В центральном Марокко результаты изотопных исследований были применены для разработки улучшенной модели использования подземных вод для равнины Тадла, важного сельскохозяйственного региона. В Йемене



Наличие достоверной информации позволяет принимать правильные решения по защите и сохранению запасов подземных вод для грядущих поколений.

изотопное исследование подземных вод в бассейне Сана позволило четко определить характер и источник пополнения систем подземных вод неглубокого залегания. Эта работа позволила продвинуться в осмыслении методов выработки эффективных мер по искусственному пополнению подземных вод, что может открыть путь к использованию воды из более глубоких ископаемых водоносных горизонтов исключительно для питья.

В последнее время проекты МАГАТЭ по техническому сотрудничеству в области водных ресурсов более четко сфокусированы на налаживании партнерских отношений с другими агентствами по развитию. В Уганде проект, осуществленный совместно с Австрийской программой сотрудничества в целях развития, позволил выполнить картографирование областей пополнения подземных источников Чухо близ города Кисоро. Эти источники подготавливаются к эксплуатации для снабжения питьевой водой целых районов на юго-западе страны. В результате изотопных исследований получена уникальная информация, имеющая решающее значение для обеспечения устойчивости нового источника воды.

Основная часть изотопных данных для глобального картографирования водоносных горизонтов была собрана за последние четыре десятилетия в рамках проектов МАГАТЭ по техническому сотрудничеству.

В Бангладеш МАГАТЭ в сотрудничестве со Всемирным банком и правительством оказывало помощь по подготовке к эксплуатации устойчивых альтернативных источников снабжения безопасной для здоровья питьевой водой. В настоящее время значительная часть потребляемой в стране воды поступает из мелких буровых колодцев, питаемых водоносным горизонтом, который загрязнен мышьяком. Изотопные исследования позволили определить объем и возобновляемость более глубокого водоносного горизонта.

Три проекта технического сотрудничества по проблемам водоносных комплексов, совместно используемых несколькими африканскими странами, были недавно приняты к реализации в сотрудничестве с Глобальным экологическим фондом (ГЭФ), Программой развития ООН и Программой ООН по окружающей среде. Эти проекты сосредоточены на изотопных гидрологических исследованиях:

- ◆ Нубийского водоносного комплекса, совместно используемого Чадом, Египтом, Ливией и Суданом;
- ◆ водоносного комплекса Северо-Западной Сахары, совместно используемого Алжиром, Ливией и Тунисом;
- ◆ Юллемеденского водоносного комплекса, совместно используемого Мали, Нигером и Нигерией.

Расширение знаний о Нубийском водоносном горизонте

Нубийский водоносный горизонт, совместно используемый Чадом, Египтом, Ливией и Суданом, представляет огромную важность в качестве источника питьевой воды и воды для орошения. Древние воды Нубийского водоносного горизонта раскинулись на площади приблизительно в два миллиона квадратных километров под этими четырьмя странами на северо-востоке Африки. Этот водоносный горизонт является важным источником питьевой воды и воды для орошения и единственным источником пресной воды в пустыне на западе Египта, которая занимает около 67% территории страны.

С 2003 года МАГАТЭ оказывает помощь использующим Нубийский водоносный горизонт странам в применении изотопных методов для составления карты водных ресурсов. На сегодняшний день известно, что в существующих климатических условиях Нубийские подземные воды в ряде областей пополняются (хотя и скудно) за счет просачивания воды из Нила, в некоторых горных районах - благодаря осадкам, а также за счет притока подземных вод из системы Голубого Нила/ системы Главного Нильского разлома.

Цель проекта МАГАТЭ заключается в расширении и объединении научных знаний и базы данных по Нубийскому водоносному горизонту и разработке плана управления подземными водами на основе создания сети станций мониторинга водоносного горизонта. Создание структуры управления водоносным горизонтом станет важным вкладом в развитие региона и в конечном счете приведет к устойчивому получению питьевой воды и улучшению качества сельскохозяйственной продукции.

В 2003 году МАГАТЭ вступило в партнерство с Глобальным экологическим фондом (ГЭФ) в целях выработки основ для устойчивого управления Нубийским водоносным горизонтом с использованием методов изотопной гидрологии. Работа МАГАТЭ по оказанию помощи странам, расположенным на Нубийском водоносном горизонте, в изучении совместно используемых запасов подземных вод и управлении этими запасами недавно получила достойный грант в 1 миллион долларов от ГЭФ, расположенного в Вашингтоне, США. Грант предоставляется через Программу развития ООН. Финансовая помощь ГЭФ позволит расширить рамки поддерживаемой МАГАТЭ программы сотрудничества и даст возможность использующим водоносный горизонт странам разработать эффективный план управления подземными водами.

Таким образом, научные исследования и применения в области изотопной гидрологии расширяют глобальные знания о водоносных комплексах. Наличие достоверной информации позволяет принимать правильные решения по защите и сохранению запасов подземных вод для грядущих поколений.

Прадип Аггарвал является начальником Секции изотопной гидрологии Департамента ядерных наук и применений МАГАТЭ. Адрес электронной почты: P.aggarwal@iaea.org

Али Буссаха является начальником Секции Африки Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ. Адрес электронной почты: A.boussaha@iaea.org