

Управление водным балансом при помощи метода анализа содержания трития/гелия-3

Николь Яверт

Управление водными ресурсами похоже на управление денежными средствами на вашем банковском счете: вам нужно точно знать, сколько денег поступит, сколько вы можете потратить и что может это изменить. Какой-либо просчет может иметь серьезные и, возможно, долгосрочные последствия. Применительно к воде это может означать нехватку водных ресурсов или их загрязнение и непригодность для использования.

Чтобы правильно свести водный баланс, крайне важно, в частности, знать точный возраст воды. В отношении молодой воды, которая с большей вероятностью может быть подвержена воздействию текущих климатических условий и загрязнению, ученые используют метод анализа содержания трития/гелия-3. Применяя этот и другие методы, ученые из 23 стран сотрудничают с МАГАТЭ в деле сбора данных о водных ресурсах.

«Возраст воды говорит о том, откуда она, скорее всего, взялась, как быстро она пополняется и насколько вероятно ее загрязнение, — сообщил Хамид Марах, научный директор Национального центра ядерной энергии, науки и технологии Марокко (CNESTEN). — Благодаря методу анализа содержания трития/гелия-3 мы можем сказать, что возраст воды составляет 1 год, 5 или 25 лет, а не просто заявить, что она молодая, старая или смешанная».

Возраст воды может варьироваться от нескольких месяцев до миллионов лет. Например, если воде один год, то

это означает, что для ее пополнения потребуется один год и что она со значительно большей вероятностью может быть подвержена воздействию текущих климатических условий и загрязняющих веществ. Если воде 50 000 лет, то на ее пополнение уйдет 50 000 лет, и она с меньшей вероятностью будет загрязнена или затронута текущими климатическими изменениями.

Почти все имеющиеся в мире запасы пресной воды сосредоточены в водоносных горизонтах, которые представляют собой пористые слои проницаемых пород под поверхностью земли. Содержащаяся в них вода называется подземной водой. По мере своего пополнения подземные воды попадают в море или выходят на земную поверхность естественным путем в виде рек, родников и озер.

«Растущий спрос на подземные воды в сочетании с воздействием сельского хозяйства, изменения климата и деятельности человека делает проблему устойчивости еще более важной, — отметил г-н Марах. — Если из водоносного горизонта извлекать слишком много воды, то уровень воды падает, что может иметь катастрофические последствия. Речь не идет об одном или двух десятилетиях: последствия могут ощущаться на протяжении поколений».

Метод анализа содержания трития/гелия-3 является одним из наиболее распространенных методов изучения молодой воды, возраст которой составляет менее 60 лет (см. вставку «Наука».) Данные, собранные в ходе этих исследований, могут помочь директивным органам в разработке более предметных и устойчивых стратегий и принципов управления водными ресурсами.

«Использование ядерных методов для изучения водных ресурсов разрушает устоявшиеся парадигмы и меняет наше классическое понимание основных факторов, лежащих в основе гидрологических процессов, — заявил Рикардо Санчес-Мурильо, специалист по изотопной гидрологии и доцент Национального университета Коста-Рики. — Например, в Коста-Рике результаты, полученные благодаря использованию изотопных методов, находят отражение в планах управления водными ресурсами и принимаемых решениях в этой сфере, помогая стране в достижении к 2030 году цели 6 в области устойчивого развития, касающейся водных ресурсов».

Более точный баланс

В последнее десятилетие метод анализа содержания трития/гелия-3 приобретает все большую актуальность, поскольку прежние методы, предусматривающие использование одного трития, становятся менее полезными.

«Тритий позволяет нам узнать о возрасте подземных вод и о том, пополняются ли они, что является очень важной информацией, однако один тритий не может дать нам

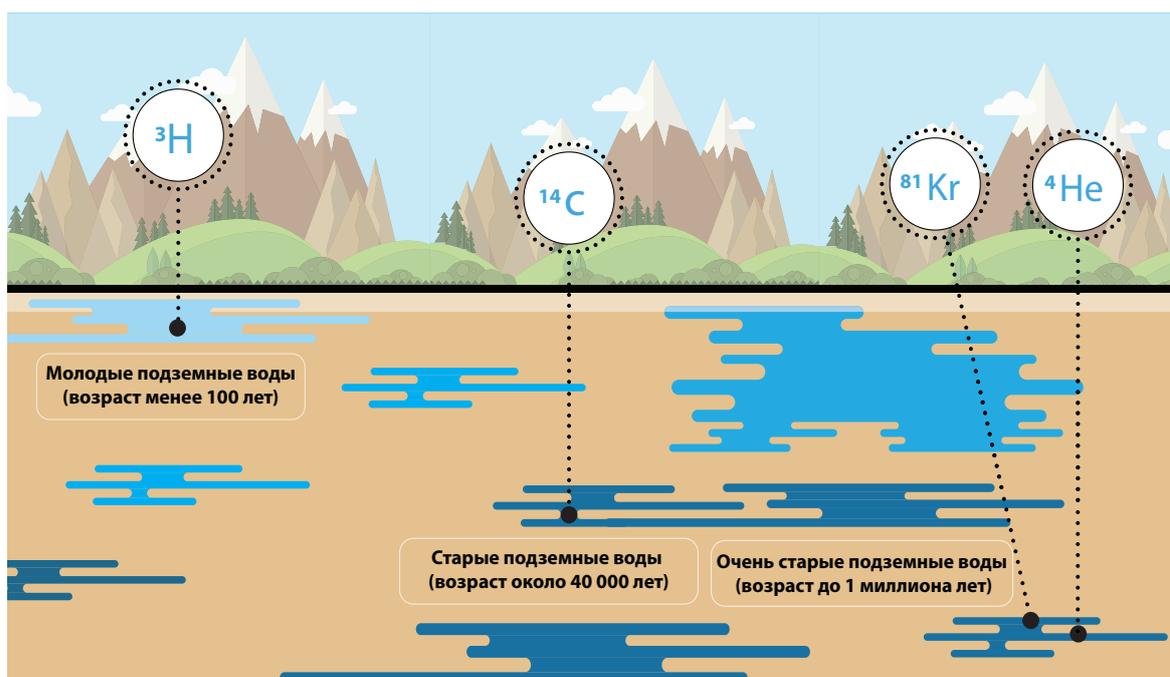


Ученые используют изотопные методы для определения возраста и происхождения воды из источников на севере Марокко.

(Фото: CNESTEN)

Для оценки возраста подземных вод могут использоваться природные радиоактивные изотопы, присутствующие в воде, такие как тритий (^3H) и углерод-14 (^{14}C), и изотопы инертных газов, растворенные в воде, такие как криптон-81 (^{81}Kr).

(Изображение: МАГАТЭ)



нужный уровень детализации. Директивным органам необходимо знать больше: что значит “молодая вода”? Насколько она молода?» — отметил г-н Марах. Поскольку в 1950-х годах проходили атмосферные испытания термоядерных устройств, в 1960-х годах уровень содержания трития в атмосфере резко вырос и с тех пор постепенно снижается. «С 1960-х по 1990-е годы тритий был хорошим индикатором, но сегодня в атмосфере стало меньше трития, поскольку он распадается до гелия-3, поэтому сейчас мы уделяем больше внимания соотношению трития и гелия-3, которое дает значительно более точную информацию».

Гелий является инертным газом, т. е. он устойчив и не вступает в химические реакции с другими элементами, присутствующими в породах или воде. Это делает его постоянным и надежным ориентиром. Зная концентрацию гелия, происходящего из трития — гелия-3, — и сравнив ее с общей концентрацией гелия в воде, а также с концентрацией других инертных газов, ученые могут определить точный возраст молодой воды.

«Использование инертных газов для исследования воды становится все более распространенным, поскольку

в настоящее время аналитические приборы являются достаточно точными для того, чтобы улавливать очень малые количества этих газов, — отметил Такуя Мацумото, специалист по изотопному анализу МАГАТЭ. — Однако для многих стран создание своих собственных лабораторий для проведения таких анализов не является экономически целесообразным или возможным. Благодаря Лаборатории изотопной гидрологии МАГАТЭ страны получают доступ к этой услуге и могут воспользоваться преимуществами, которые дает этот сложный метод».

Лаборатория изотопной гидрологии МАГАТЭ является одной из очень немногих лабораторий в мире, способных проводить такие анализы. Начиная с 2010 года группа экспертов МАГАТЭ и внешних экспертов из десяти стран в течение шести лет занималась установкой, калибровкой и тестированием масс-спектрометра МАГАТЭ, а также математической модели для анализа получаемых результатов. Кроме того, они разработали руководство по использованию метода анализа содержания трития/гелия-3. С тех пор лаборатория работает в круглосуточном режиме, ежегодно обрабатывая от 300 до 400 проб из разных стран мира.

НАУКА

Тритий является одним из трех изотопов водорода. Будучи радиоактивным изотопом, тритий с течением времени распадается и превращается в гелий-3 — стабильный изотоп, не подверженный распаду. Ученые знают, что распад половины атомов трития в воде до гелия-3 занимает около 12 лет.

Для сортировки изотопов по массе и определения их концентраций ученые используют специальный аппарат, называемый масс-спектрометром. Зная эти концентрации и время, необходимое для превращения трития в гелий-3, ученые могут отслеживать и определять возраст воды и периодичность ее пополнения.

