

# Взгляд на будущее водных ресурсов и последствия изменения климата

Николь Яверт

Как изменение климата может отразиться на состоянии мировых запасов воды через сто лет? Чтобы дать ответ на подобные вопросы, ученые прибегают к помощи научных моделей. Одной из них является разработанная МАГАТЭ изотопная модель водного баланса, благодаря которой специалисты могут с достаточной точностью и надежностью прогнозировать воздействие изменения климата на водные ресурсы в далеком будущем. Собранные ими информация может быть полезной для директивных органов при разработке стратегий устойчивого водопользования для будущих поколений.

Подобные модели основываются на имеющихся данных и применяются для изучения и осмысления гипотез, объектов и процессов, непосредственное наблюдение за которыми может быть затруднительно. Это относится и к предварительным расчетам, таким как прогноз погодных условий на ближайшую неделю или оценка показателей безработицы в течение следующих пяти лет. Хотя модель по сути является более общей и упрощенной картиной реального мира, каждая ее составляющая тщательно калибруется, чтобы обеспечить точное представление происходящих в реальности процессов.

Модели водного баланса описывают гидрологический цикл с точки зрения процессов выпадения атмосферных осадков, суммарного испарения, речного стока и изменения объема водных запасов. В отличие от многих традиционных моделей водного баланса, калибровка и верификация модели МАГАТЭ выполняется на основе данных об изотопах, так как изотопы характеризуются отчетливо выраженными свойствами и постоянством поведения (см. стр. 4). Опираясь на тщательно откалиброванную и верифицированную модель водного баланса, ученые могут получить точную оценку тех процессов, которые будут происходить в будущем, например, воздействие изменения климата на водные ресурсы через сто лет и более.

## Точные долгосрочные прогнозы

«Для любой страны и климатической зоны важна точность долгосрочных исследований водных ресурсов, ведь пере- или недооценка доступных запасов воды в будущем может иметь негативные последствия», — говорит Десси Нидав Абтемариам, доцент Университета Аддис-Абебы (Эфиопия).

«Например, если мы неправильно спрогнозируем скорость восстановления запасов воды и, допустим, наша оценка окажется завышенной, то, попав в распоряжение директивных органов, эти результаты могут спровоцировать принятие решений, из-за

которых истощение подземных вод будет происходить быстрее, чем их пополнение», — поясняет он.

Подземные воды — то есть запасы воды в толще проницаемой породы ниже поверхности земли — являются для большей части населения Эфиопии основным источником питьевой воды. Как добавляет г-н Абтемариам, «это приведет к резкому сокращению доступных запасов подземных вод, в результате чего некоторые скважины могут быть заброшены, и даже может возникнуть дефицит питьевой воды».

Недооценка запасов, с другой стороны, может подразумевать установление излишне строгих правил водопользования или влиять на решения по развитию территорий, например, сдерживать рост городов по причине недостаточности водных ресурсов.

По словам Триши Стаднок, доцента кафедры гидротехники в Университете Манитобы (Канада), в контексте долгосрочных исследований с временным горизонтом в 100 лет и более получение точных результатов с помощью других моделей водного баланса всегда представляло значительную сложность. «Многие модели водного баланса очень хорошо воспроизводят сток воды в ручьях, реках и других водных объектах, но при этом дают очень плохое представление об объемах суммарного испарения, — уточняет она, говоря об испарении воды с поверхности суши, а также о ее возвращении в атмосферу в процессе дыхания растений. — Это серьезная проблема при составлении прогнозов об изменении климата, ведь суммарное испарение является одним из ключевых факторов».

По мере повышения температур вследствие изменения климата увеличивается и величина суммарного испарения. Соответственно, чем больше величина суммарного испарения, тем меньше воды остается на поверхности суши, и наоборот. Это, в свою очередь, влияет на весь годовой гидрологический цикл и может спровоцировать возникновение не поддающихся прогнозированию экстремальных условий, когда недостаток воды приводит к засухам, а ее переизбыток — к наводнениям.

От подобных изменений не застрахован ни один климатический регион. Так, например, они могут затрагивать климат такой страны, как Канада, где более 60% массива суши находится в условиях вечной мерзлоты — то есть замерзшего грунта — и где отчетливо выделяются четыре времени года, либо такой страны, как Эфиопия, где большая часть территории находится в зоне тропического климата и на протяжении всего года держится более-менее постоянная температура.



**Благодаря разработанной МАГАТЭ изотопной модели водного баланса специалисты могут с достаточной точностью и надежностью прогнозировать воздействие изменения климата на водные ресурсы в далеком будущем.**

(Фото: Л. Торо/МАГАТЭ)

Все эти разнообразные условия могут быть учтены путем корректировки модели, что делает ее применимой в глобальном масштабе. В настоящее время ученые из ряда стран сотрудничают с МАГАТЭ для прохождения обучения и получения поддержки в том, что касается применения разработанной Агентством изотопной модели водного баланса и других моделей для улучшения управления водными ресурсами. Например, в Эфиопии стартует рассчитанный на три года проект технического

сотрудничества по изучению Верхнеавашского бассейна — крупного массива подземных вод, который служит источником питьевой воды для более чем 2,6 млн человек. Другие страны, такие как Канада, развертывают сети станций по отбору проб для изотопного анализа или уже завершили их создание. Благодаря данным сетям можно повысить точность моделирования с помощью таких инструментов, как модель МАГАТЭ.

## Изотопная модель водного баланса, разработанная МАГАТЭ

Ученые используют разработанную МАГАТЭ изотопную модель водного баланса для имитации и оценки долгосрочного влияния климатических изменений на движение и доступность воды на протяжении всего гидрологического цикла — из атмосферы, на поверхность земли, под землю и далее по кругу. Для улучшения калибровки и обоснования адекватности модели в ней учитывается массовое соотношение изотопов для каждого компонента водного баланса с шагом в один месяц.

Программная реализация модели, которая была впервые представлена в 2015 году, имеет удобный пользовательский интерфейс и основана на ПО с открытым исходным кодом, включает инструменты предварительной обработки, моделирования и анализа для упрощения загрузки данных, визуализации и анализа результатов. В ней предусмотрена поддержка различных локальных и глобальных массивов данных, относящихся, в том числе, к климату, растительности, осадкам, водному стоку, топографии и почвенному составу. Используемые для калибровки модели и обоснования ее результатов изотопные данные, как правило, основываются на локально собранных данных, а также на данных из глобальных репозиториях, таких как созданные МАГАТЭ Глобальная сеть «Изотопы в осадках» (ГСИО, см. стр. 18) и Глобальная сеть по изотопам в реках (ГСИР).

