

# Управление городским водным хозяйством: роль изотопной гидрологии и уроки кризиса водоснабжения в Кейптауне

Джоди Миллер

Случившийся в 2017–2018 году в Кейптауне (ЮАР) кризис водоснабжения дал возможность оценить роль изотопной гидрологии в поддержании функциональности городских водопроводных сетей. Полноценное функционирование систем водоснабжения — это залог долгосрочной устойчивости южноафриканской экономики, и чтобы его добиться, необходимо понимание взаимосвязей между климатом и использованием водных ресурсов, а также тех последствий, которые эти взаимосвязи могут повлечь в социально-экономическом плане. Водный баланс в регионе — т. е. отношение между приходом и расходом воды — оказывает значительное воздействие на социально-экономическую сферу, включая возможности по снабжению населенных центров, сокращение масштабов нищеты, обеспечение продовольственной и энергетической безопасности и развитие научных знаний для обоснования региональных стратегий водопользования.

Ситуация достигла критической точки несколько лет назад, когда Кейптаун — город с населением около 3,8 млн человек на южной оконечности африканского континента — испытал на себе последствия сильной засухи. В период с 2014 по 2017 год там выпадало меньше средней нормы атмосферных осадков, в результате чего в летний сезон 2017–2018 года Кейптаун столкнулся с жесточайшей нехваткой воды. Большая часть водных запасов города находится в шести поверхностных водохранилищах суммарной вместимостью 828 991 млн литров. К марту 2018 года общий объем запасов в этих сооружениях достиг минимального зарегистрированного уровня в менее чем 20%, при этом в крупнейшем из них — водохранилище Зеевотерсклуф — осталось всего лишь 13,5% от его номинальной вместимости в 480 188 млн литров. Высказывалось много прогнозов о неотвратимом наступлении «часа X» — момента, когда в городе в интересах обеспечения наиболее важной инфраструктуры, например, больниц, будет отключено коммунальное водоснабжение. В качестве экстренной меры от всех жителей требовалось сократить потребление воды до всего лишь 50 литров на человека в сутки.

В конечном итоге «час X» так и не наступил. Благодаря общим усилиям по экономии воды запасов в водохранилищах хватило до начала сезона зимних дождей. Так или иначе, вероятность отключения городской водопроводной сети изменила отношение людей к тому, как они расходуют и ценят воду, и стала причиной реальных изменений в привычках потребления воды. В то же время, вопрос о том, как можно укрепить и дополнить меры по обеспечению краткосрочной безопасности водоснабжения в крупном населенном центре, обозначил ряд важных научных проблем, в частности — как отследить и измерить относительный вклад самых разных



Джоди Миллер — доцент факультета наук о Земле в Стелленбошском университете (ЮАР). Ее работа преимущественно связана с проектами в области изотопной гидрологии в Мозамбике, Намибии и Южной Африке. Она также участвует в проекте МАГАТЭ по координированным исследованиям в области изотопной гидрологии в городской среде, является вице-президентом Международной ассоциации геохимии (IAGC) и инициатором

Платформы по предоставлению инфраструктуры для биогеохимических исследований по поручению министерства науки и техники ЮАР.

источников поступления воды в сети водоснабжения. Для пополнения запаса поверхностных водохранилищ, обслуживающих многие городские сети, в разных масштабах используются такие способы, как опреснение воды, регенерация сточных вод, непосредственный сбор дождевого стока и забор подземных вод. В той или иной мере это может сказываться на качестве воды. В свете постоянно растущей номенклатуры источников поступления воды управление водным хозяйством как с точки зрения количества, так и качества требует применения новых подходов и научных инструментов, которые помогают выработать оптимальные практические методы.

## Изотопная гидрология в городской среде

Одним из научных методов, позволяющих отслеживать различные источники поступления воды в городские сети, является исследование содержания стабильных изотопов. В основе изотопной гидрологии лежит изучение и практическое применение данных об изотопах водорода и кислорода, которые естественным образом присутствуют в рамках водного цикла.

Вследствие повсеместной урбанизации и увеличения населения в последние годы изотопная гидрология получила широкое распространение как инструмент анализа процессов, характерных для городского водопроводного хозяйства. Ключевым механизмом применения изотопной гидрологии в городских условиях является составление «отпечатка» изотопных характеристик каждого источника поступления воды в городскую сеть, что позволяет отслеживать его роль в рамках всей системы водоснабжения. Данная информация может использоваться руководителями соответствующих предприятий для планирования стратегий управления



**Установившаяся с 2014 года средняя норма выпадения осадков привела к тому, что уровень воды за плотиной Зеевотерсклуф в Западной Капской провинции ЮАР упал до критических отметок.**

(Фото: А. Сильва Гардуно / МАГАТЭ)

водным хозяйством в краткосрочной и долгосрочной перспективе. С ее помощью контролируется вклад тех или иных источников, время пребывания воды в водопроводной сети, утечки воды и соответствующие потери в системе, а также организуются меры по устранению загрязнения воды или окружающей среды.

В городе Стелленбош, вокруг которого раскинулись самые известные винодельческие районы страны, находится Стелленбошский университет. Его сотрудники отобрали пробы водопроводной воды из частных домовладений и проанализировали соотношение в них изотопов кислорода-18 ( $^{18}\text{O}$ ) и дейтерия ( $^2\text{H}$ ). Результаты исследования открыли захватывающую картину того, насколько чутко изотопная гидрология

позволяет отслеживать любые колебания в городской водопроводной сети. Привычная нам вода, которая течет из кранов, с точки зрения изотопного анализа предстает в виде многообразных сочетаний высоких и низких, совпадающих и различающихся концентраций изотопов.

В сущности, с помощью изотопов можно получить «отпечаток» каждого сегмента местной водопроводной сети: откуда берется вода, через какую водоочистную станцию она проходит и как долго циркулирует в сети. В условиях, когда во всем мире возникает запрос на обеспечение долгосрочной устойчивости водоснабжения для растущего населения городов, данные исследований изотопной гидрологии в городской среде становятся важнейшим элементом инструментария руководителей в сфере водного хозяйства.

**Джоди Миллер берет образец воды в Западной Капской провинции.**

(Фото: А. Сильва Гардуно / МАГАТЭ)

