

**Оценка воздействий изменения климата на горную гидрологию: выработка методологии на основе ситуационно-го примера из перуанских Анд  
(Assessment of the Impacts of Climate Change on Mountain Hydrology: Development of a Methodology Through a Case Study in the Andes of Peru)**

Author: Байтайерт (Wouter Buytaert), Боутер

Source: Mountain Research and Development, 32(3RU)

Published By: International Mountain Society

URL: <https://doi.org/10.1659/mrd.mm106.ru>

---

The BioOne Digital Library (<https://bioone.org/>) provides worldwide distribution for more than 580 journals and eBooks from BioOne's community of over 150 nonprofit societies, research institutions, and university presses in the biological, ecological, and environmental sciences. The BioOne Digital Library encompasses the flagship aggregation BioOne Complete (<https://bioone.org/subscribe>), the BioOne Complete Archive (<https://bioone.org/archive>), and the BioOne eBooks program offerings ESA eBook Collection (<https://bioone.org/esa-ebooks>) and CSIRO Publishing BioSelect Collection (<https://bioone.org/csiro-ebooks>).

Your use of this PDF, the BioOne Digital Library, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at [www.bioone.org/terms-of-use](http://www.bioone.org/terms-of-use).

Usage of BioOne Digital Library content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

---

BioOne is an innovative nonprofit that sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Оценка воздействий  
изменения климата на  
горную гидрологию:  
выработка методологии  
на основе ситуационно-  
го примера из перуан-  
ских Анд (Assessment of  
the Impacts of Climate  
Change on Mountain  
Hydrology: Development  
of a Methodology  
Through a Case Study in  
the Andes of Peru)

Уолтер Вергара (Walter Vergara),  
Александр Диб (Alejandro Deeb),  
Айрин Лейно (Irene Leino), Акио  
Кито (Akio Kitoh), и Мариса  
Эскобар (Marisa Escobar).  
Washington, D.C.: World Bank,  
2011. xix + 157 pp. US\$ 25.00.  
ISBN 978-0-8213-8662-0

Предполагается, что изменение климата окажет сильное воздействие на водные ресурсы во всем мире. Горные районы являются особенно уязвимыми к таким последствиям, потому что, по сравнению с низменностями, они, как правило, в куда меньшей степени полагаются на подземные воды – по причине сложной геологической обстановки и ограниченной доступности больших подземных водоносных слоев в горной местности. Вместо этого, источник воды – это уязвимые поверхностные источники, в том числе заболоченные участки, леса, озера и ледники, то есть все то, что сильно подвержено влиянию внешних отрицательных факторов, как изменение климата. Сложный рельеф также значительно увеличивает затраты и технические трудности при транспортировке воды, что делает трудным восполнение сокращающихся запасов воды. С социально-экономической точки зрения, горные районы, как правило, являются очагами нищеты и концентрации уязвимых групп населения.

Все это веские причины, чтобы проявлять озабоченность в связи с потенциальным воздействием изменения климата в горных регионах и чтобы подчеркивать важность разработки стратегий по адаптации горных регионов к изменяющейся среде водоснабжения. В научной литературе представлено множество методов и инструментов для оценки воздействия изменения климата, в том числе мировые климатические модели, статистические и динамические инструменты масштабируемости, широкий спектр гидрологических моделей, а также глобальных и локальных наборов данных. Поэтому будет очень своевременным проанализировать, насколько эти инструменты пригодны для этих целей в горных районах. В этом и заключается цель данного отчета.

В первой части авторы рассматривают различные методы для прогнозирования климатических изменений в будущем. Во второй части они проводят пробное применение гидрологической модели для целей преобразования прогнозов климатических изменений в прогнозы ежемесячного стока. Они используют 3 экономически важных речных бассейна в Перу в качестве примеров: бассейн реки Санта, которая питается за счет самой крупной ледников системы в тропиках; река Римака, которая поставляет воду для города Лимы, и бассейн реки Мантара, которая обеспечивает большинство продовольствия для Лимы.

К сожалению, вместо того чтобы предоставить всесторонний обзор и обсуждение стратегий по оценке воздействия изменения климата в горных регионах, данный доклад является не более чем набором слабо связанных тематических исследований, в котором приводится весьма ограниченное описание того, каким образом следует выбирать модели и прочие инструменты, и как их применять на практике. Например,

в первых главах приводится анализ климатических прогнозов для Перу, сформированных на основе комплекса планетарных климатических моделей, одной модели планетарного климата с очень высокой детализацией, метода динамического масштабирования и анализа тенденций, полученного на основе данных местных метеостанций. К сожалению, результаты представлены в обобщенного, а не подробного сопоставления. Например, использование как модели планетарного климата с очень высокой детализацией (AGCM3.1) и инструментов динамического масштабирования объясняется тем, что такие методы в лучшей степени учитывают топографию Анд. Это действительно очень обоснованное соображение. Несмотря на то, что использование планетарных моделей изменения климата популяризируется под лозунгом о том, что эти модели позволяют получить «диапазон значений, которые хоть и имеют некоторую долю определенности, но их уже при этом нельзя игнорировать» (Stainforth et al, 2007), то вполне вероятно, что в случае Анд использование всех моделей будет давать одно и тоже искажение (наличие неучтенного недостаточного атмосферного блокирования горной системой). Тем не менее, сопоставление различных моделей в регионе показывает, что модели региона, выполненные в высоком разрешении, не обязательно дают более достоверные результаты, чем планетарные модели, выполненные в меньшем разрешении (Buytaert et al, 2011). Отсутствие сравнения различных моделей и полученных с их помощью результатов, кажется досадным упущением.

Гидрологический раздел основан на единственной гидрологической модели (WEAP), которая реализуется и оценивается с месячным шагом. Хотя в исследовании было уделено много внимания реа-

лизации различных процессов моделирования таяния ледников и парамосов, не совсем понятна актуальность данной части работ. При месячном шаге по времени, баланса водосборов будет преобладать над ошибками моделирования. Поэтому, является исключительно важным получать достоверные данные о выпадающих осадках и исходящих потоках испарений. Значительные колебания в осадках могут привести к крайне значительным ошибкам в прогнозах среднего уровня осадков в районе водосбора, что может отодвинуть или помешать выявлению ошибок в представлении иных конкретных явлений, как, например, надземных потоков или даже таяния ледников. Удивительно, что мало внимания уделяется формированию данных по среднему количеству входящих атмосферных осадков в бассейне исследования и параметризации характера испарений и их воздействию на прогнозирование темпов испарений в будущем. Этот момент также является чрезвычайно важным, особенно с учетом того, что рост температур может оказать потенциально сильное воздействие на процессы испарений.

Подводя итог, можно сказать, что отчет поднимает ряд важных вопросов о применимости определенных методов и моделей для условий горных регионов и подчеркивает потребность в проведении тщательного анализа фактического поведения моделей и связанных с ними неопределенностей. К сожалению, в отчете не приводится систематизированного обсуждения сильных и слабых сторон каждого подхода и способов адекватного использования методов.

Наконец, на более фундаментальном уровне отмечается неиспользованная возможность дать обсуждение того, насколько актуальны и применимы для целей принятия решений и мер реагирования прогнозы, содержащие в себе значительную долю неопределенности. В научном сообществе складывается консенсус о том, что величина неопределенностей, содержащихся в прогнозах климата и связанных с ними оценках воздействия, вряд ли сократится в ближайшем будущем. Для каждого известного недостатка моделей, рассмотренного в отчете, существуют также и несколько неизвестных недостатков (unknown unknowns), которые будут выявлены лишь позднее, что значительно осложняет дело. Учитывая крайнюю величину неопределенностей, особенно в таких регионах, как Перуанские Анды, все это ведет к вопросу о том, могут ли вообще прогнозы, произведенные с помощью моделей, вообще служить сколь-нибудь пригодной основой для принятия мер решений. Вместо того, чтобы полагаться на прогнозы, содержащие в себе высокую степень неопределенности, многие страны предпочитают теперь отходить от подхода «спрогнозировать и-проконтролировать» к более адаптируемому подходу, в рамках которого ключевыми целями является непрерывное пополнение знаний и гибкость. Более действенным средством преодоления неопределенности может быть работа по формированию потенциала, который бы мог действительно реагировать на меняющиеся и неизвестные обстоятельства в будущем, а не

формирование каких-либо необратимых решений сейчас. Такой подход можно реализовать с помощью таких стратегий, которые будут актуальными и работоспособными во всем диапазоне возможных сценариев развития ситуации, которые будут обладать достаточной степенью гибкости, а также за счет диверсификации диапазона самих стратегий (Brugnach et al 2008). Хотя это, возможно, и выходит за рамки этого отчета, данные вопросы имеют высокую степень актуальности для целей содействия устойчивому развитию.

#### ССЫЛКИ

- Brugnach M, Dewulf ARPJ, Pahl-Wostl C, Taillieu T.** 2008. Toward a relational concept of uncertainty: About knowing too little, knowing too differently, and accepting not to know. *Ecology and Society* 13(2):30.
- Buytaert W, Vuille M, Dewulf A, Urrutia R, Karmalkar A, Célleri R.** 2010. Uncertainties in climate change projections and regional downscaling: Implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Sciences* 7(2):1821–1848.
- Stainforth DA, Downing TE, Washington R, Lopez A, New M.** 2007. Issues in the interpretation of climate model ensembles to inform decisions. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 365(1857):2163–2177

#### AUTHOR

**Боутер Байтайерт (Wouter Buytaert)**  
w.buytaert@imperial.ac.uk  
Civil and Environmental Engineering,  
Imperial College London, London  
SW7 2AZ, United Kingdom

Данная статья размещается в открытом доступе: при использовании, пожалуйста, давайте ссылку на полный источник и на автора.