

Ратнавеера Харша, PhD  
Норвежский университет естественных наук, Норвегия, г. Ос

## ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

**Введение.** Согласно ООН, вода является основной средой, благодаря которой изменение климата влияет на экосистему Земли, а, следовательно, на жизнедеятельность и благосостояние населения. Повышенные температуры и изменения экстремальных погодных условий оказывают влияние на доступность и распределение осадков, снеготаяния, речных потоков и грунтовых вод. В большинстве случаев, наиболее уязвимыми являются бедные страны.

Глобальная средняя температура увеличилась на 0,8 °С по сравнению с доиндустриальными временами. По сравнению с средней мировой температурой, температура в Европе достигала больших значений. Изменение количества осадков показывает пространственно-изменяющиеся тенденции по Европе. Примером является, ежегодное увеличение осадков в северной части Европы на 10–40% и снижение до 20% в некоторых южных частях в XX веке. На протяжении 20 столетия, в Северных частях Европы прослеживается тенденция возрастания годового количества речных потоков (в основном зимой), в Южных частях наблюдается обратная ситуация – небольшое снижение. Замечено значительное ускорение таяния европейских ледников с 1980 года. В последние годы наблюдалось большое количество осадков (сильные дожди) и наводнений (OECD, 2013).

Изменение климата также может иметь позитивные последствия; существует ряд значительных преимуществ, касательно здоровья и развития при адаптации к изменению климата. Например, стимул напрямую нацеливаться на более высокий уровень обслуживания для тех, кто в настоящее время не обслуживается, без прохождения промежуточного этапа коммунального уровня услуг. Сосредоточенность на адаптации к изменению климата делает больший акцент на необходимости решения проблем, связанных с устойчивостью водных источников с самого начала возникновения новых программ, а не в последствии возникших проблем. Обеспокоенность в связи с адаптацией к изменению климата создает более сильное давление для рационализации выбора технологий, которые будут использоваться для обеспечения устойчивых и эффективных услуг (WHO, 2009).

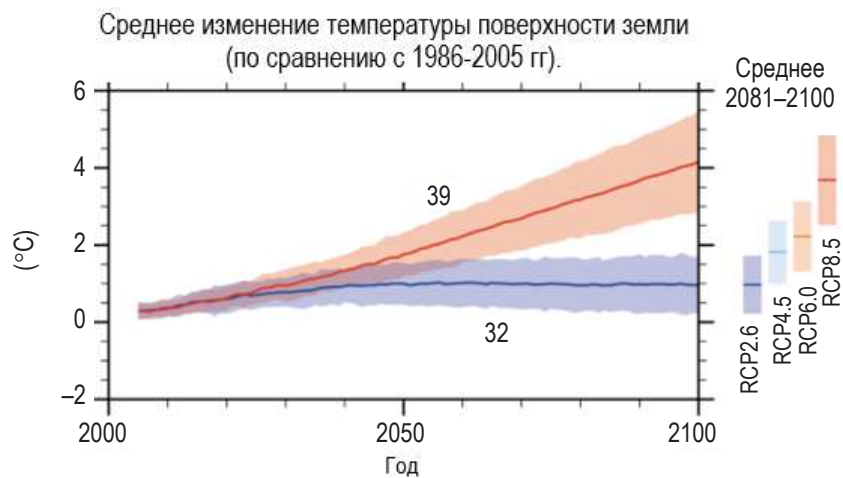
При увеличении населения мира на 50 % и городского населения на 30 % начиная с 2000 по 2050 год в большинстве случаев мир столкнется с огромными проблемами. Вода не является исключением. При наличии менее чем 0,3 % всей воды в виде пресных вод для пользования человечества, а также неравномерного использования воды, многие регионы мира столкнулись с физическим и экономическим дефицитом уже в начале 21<sup>го</sup> века. Воздействие изменения климата еще больше ухудшит ситуацию с созданием экстремальных условий, которые принесут катастрофические последствия. Стоит ожидать беспрецедентный хаос и кризис, если мы не ответим сейчас, действиями и дальновидными мерами.

Данная статья приводит обзор воздействий изменения климата относительно вопросов водных ресурсов, водоснабжения и управления сточными водами.

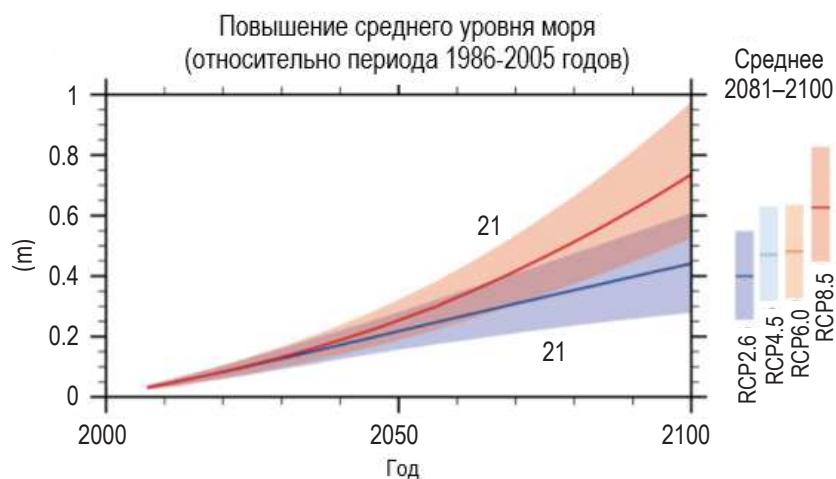
**Четыре воздействия изменения климата, относящиеся к водному сектору.** Повышение уровня моря, увеличение и в то же время снижения количества осадков, и повышение температуры – четыре основных воздействия (см. рисунок), которые могут повлиять на водные ресурсы, инфраструктуру водоснабжения и процесс очистки сточных вод.

**Влияние повышения уровня моря.** Во многих прибрежных районах Европы наблюдается повышение абсолютного уровня моря по сравнению с уровнем суши, но существуют значительные различия среди стран. Глобальный средний уровень моря поднялся на 19,5 см с 1901 по 2015 год, со средней скоростью 1,7 мм/год, но со значительными декадными изменениями. Скорость повышения уровня моря с 1993 года, измеренная с по-

мощью спутника, была выше, составляя около 3 мм/год. Средний уровень моря в 2015 году был самым высоким за год, что в свою очередь на ~ 70 мм выше, чем в 1993 году. Повышение среднего уровня моря в течение 21<sup>го</sup> века, скорее всего, произойдет быстрее, чем в период 1971–2010 (ЕЕА, 2016).



а



б

**Глобальное изменение температуры поверхности земли (а) и глобальное повышение уровня моря (б) с 2006 по 2100 гг., как это определено в мультимодельных симуляциях. Все изменения относятся к 1986–2005 годам (IPCC, 2014)**

Увеличение уровня моря может сопутствовать возрастанию солёности в трубах подачи питьевых и отвода сточных вод в следствие утечек. Наиболее дорогостоящие повреждения могут возникнуть в следствие затопления очистных сооружений, которые не могут нарушать основные процессы во время наводнений, а также дорогостоящие потребности в замене оборудования. Адаптационные меры включают в себя перемещение объектов.

**Увеличение количества осадков.** Последние исследования прогнозирует увеличение количества осадков на 5–15 % при повышении температуры воздуха на каждый 1°C (Pfahl et al, 2017). Учитывая возможное повышение температуры на 2–4 градуса в ближайшие сто лет, это может быть значительным увеличением. В 2016 году, во всем мире насчитывается 384 наводнений, что демонстрирует значительное увеличение количества бедствий за последние 35 лет по сравнению с 58 в 1980 году. 200–400 мм дождя, которые наблюдались в течение нескольких часов на территории Европы привели к наводнению

с разрушительными последствиями. В целом, в большинстве регионов Европы наблюдается более частое возникновение дождей.

Увеличение количества осадков требует инфраструктуру, способную поглощать или транспортировать дождевую воду быстрее. Быстрая урбанизация привела к уменьшению проницаемой для воды площади земли и вследствие – наводнений, что усиливает влияние изменения климата. В большинстве европейских городов по-прежнему имеется 30–70 % канализационных коллекторов, так как большое количество осадков приводит к более частому переполнению резервуаров. Они приводят как к ущербу для инфраструктуры, так и к увеличению загрязнения средств транспортировки к потребителям.

Многие города начали внедрять устойчивые городские дренажные системы, такие как подходящие для осадков ландшафты, открытие подземных каналов, зеленые крыши и т.д. Несколько городов активизировали строительство отдельных канализационных сетей, а также расширение канализационных сетей, для возможности вывоза ливневых вод из городских районов. Однако, необходимый уровень инвестиций, слишком высок, чтобы города могли себе это позволить. Некоторые текущие исследования показали возможность более оптимального использования пропускной способности канализации с использованием метеорологических радиолокаторов, моделей, онлайн-наблюдения и контроля. Концепция основана на том факте, что большинство дождей локальны, таким образом, в то время как часть канализации перегружена, другие части могут иметь резерв. Использование имеющихся объемов может быть лучше, в случае соединения канализационных сетей между собой и возможности их дистанционного управления (Ratnaweera, 2015).

**Воздействие на количество воды.** Несмотря на то, что Европа не является засушливым континентом, дефицит воды становится все более частым и тревожным событием, которое затрагивает не менее 11 % европейского населения и 17 % территории ЕС. Начиная с 1980 года, число засух в Европе увеличилось, с последующим увеличением затрат, которые оценивают в 100 млрд. евро за последние 30 лет. Одна из худших засух произошла в 2003 году, она затронула треть территории ЕС и более 100 миллионов человек. В период с 1976 по 2006 год число людей и районов, пострадавших от засухи, возросло почти на 20 %, а средняя ежегодная стоимость увеличилась в четыре раза (EU, 2010). Кипр, Болгария, Бельгия, Испания, Италия и Мальта в настоящее время используют до 20 % или более от их долгосрочных поставок каждый год. Кипр, который пострадал от сильной засухи, потреблял более чем 40 % своих возобновляемых поставок. Использование воды в некоторых городах намного выше, чем в этих странах.

Несколько десятилетий назад была озвучена проблема, нацеленная на уменьшение количества потребляемой воды. Некоторые страны увеличили использование обессоливания, как метода очистки для получения питьевой воды, который становится все более доступным из-за использования мембран с низким энергопотреблением и рекуператоров энергии. Так же, повторное использование воды становится более популярным в Европе, но необходимо пройти долгий путь, чтобы достичь того, что смогли некоторые другие страны, например, Сингапур, который производит более 40 % необходимого количества питьевой воды из сточных вод.

**Воздействие на качество воды.** Несмотря на то, что количество патогенов в дождевой воде само по себе низко (или даже отсутствует), при увеличении количества дождевых осадков, с последующим стоком в земли, наблюдается увеличение микробиологического загрязнения первичных источников воды. Это связано с передвижением патогенных микроорганизмов в водном бассейне, сбросами из централизованных или децентрализованных систем сточных вод и наводнений. Относительное увеличение E-Coli бактерий может быть на несколько тысяч процентов (%) выше, в то же время как фекальный стрептококк может быть в несколько десятков тысяч процентов (%) выше. Увеличение количества осадков может привести к эрозии и поверхностному стоку питательных веществ, загрязнению сырой воды и возможности цветения водорослей. Если в ресурс забора воды происходит сброс загрязнителей (таких как токсины, пестициды, тяжелые металлы), то это может увеличить их транспорт в питьевую воду.

Последствием является увеличение риска для здоровья, связанный с питьевой водой. Для поддержания необходимого качества воды, коммунальным предприятиям придется увеличить мощность стадии дезинфекции. Увеличение мутности и количества взвешенных твердых веществ в сырой воде, также требуют увеличения процессов удаления частиц, поскольку они могут мешать в последующем процессе дезинфекции.

Северная Европа завысила прирост цвета в источниках сырой воды. Увеличение цвета подразумевает увеличение ПОВ (Природные органические вещества) и связано с изменением климата. ПОВ могут вступать в реакцию с хлором в процессе дезинфекции, генерируя канцерогенные тригалогенметаны, следовательно, процессы удаления ПОВ должны быть усилены.

Коррозия в водопроводных трубах является серьезной проблемой, которая требует огромных средств на реабилитацию. Даже небольшое повышение температуры воды может значительно увеличить вероятность коррозии, и благоприятно влиять на рост биопленки в трубах.

**Воздействие на транспортировку сточных вод.** 30–70 % канализационных коллекторов в Европе объединены в канализационные системы, что означает транспортировку ливневых и сточных вод по одним и тем же трубам. Даже небольшие осадки могут увеличить поступающий поток на станцию очистки сточных вод в 3–4 раза, тем самым снижая эффективность очистки. Изменение климата приводит к более частым дождям с гораздо более высокими амплитудами, тем самым увеличивая количество поступающей воды на СО, что усложняет процесс очистки. Таким образом, часть сточных вод будет сбрасываться в водоемы без очистки.

Увеличение пропускной способности СОСВ, которые смогли бы обрабатывать такое количество осадков является невыполнимой задачей. В настоящее время, СОСВ рассматривают более надежные и гибкие очистные сооружения, которые способны справляться с внезапными пиковыми потоками. Примерами являются процесс коагуляции, с возможностью вариации дозировки, а также процессы седиментации с очисткой разных объемов воды. Некоторые очистные сооружения начали строить дополнительные, более простые ступени очистки взвешенных частиц, для использования в период увеличения количества осадков. Целостный контроль и управление канализационными сетями и СОСВ сосредоточены на решении этих проблем.

**Воздействие на процессы очистки сточных вод.** При увеличении температуры воздуха наблюдается снижение температуры сточных вод во время холодных периодов. Повышенная температура воздуха увеличила количество дней с температурой выше 0°C, в то время, как более частое таяние снегов приводит к меньшим температурам и большим объемам. (Plosz и др, 2011). Разбавленные сточные воды могут создавать проблемы при достижении необходимых требований к процессу очистки в процентном соотношении. В целом, биологические процессы замедляются при более низких температурах. Так, например, скорость нитрификации будет снижена на 50 % на каждые 10 °C снижения температуры сточных вод. Рост флора также замедляется при более низких температурах.

Хоть увеличение объемов биологических процессов могло бы быть решением, но нехватка ресурсов и земли может быть препятствием. Исследователи работают над поиском специальных ферментов, которые могут увеличить биологическую активность до показателей сравнительных с летним периодом. Увеличение дозы коагулянта и использование полимеров в процессе коагуляции продемонстрировали хорошие результаты и являются успешным решением.

**Стоимость адаптации.** Первые глобальные оценки потенциальных затрат на адаптацию показали, что необходимо примерно \$9–11 млрд./год дополнительных инвестиций для адаптации к потенциальным изменениям в доступности водоснабжения в 2030 году (UNFCCC, 2007). Эта цифра находится в том же порядке, что и дополнительные инвестиции, необходимые для достижения Целей тысячелетия в области развития для обеспечения устойчивого доступа к безопасной питьевой воде и основным санитарным услугам. Однако, эти цифры, по-видимому, являются недооцененными, поскольку не учитывают такие

важные издержки, как управление повышенным риском наводнений, поддержание стандартов качества воды и поддержка экономических и экологических последствий. В то время, как решение этих проблем до 2030 года оценено в 640–800 млрд. долларов (PIED, 2009), в других источниках, в таких как репорт США, эта цифра достигает 950 миллиардов долларов инвестиций сроком до 2050 года (CH2M HILL, 2009).

**Выводы.** Результаты изменения климата имеют огромное значение в водном секторе, в следствии с повышенным риском для здоровья, окружающей среды, а также большие экономические затраты. В то время, как большинство специалистов водоподготовки и водоочистки работают над минимизацией всех возможных последствий, все же, не похоже на то, что все проблемы будут решены в ближайшем будущем. Звуковая среда, долгосрочное планирование, а также устойчивые политические обязательства будут необходимыми для минимизации негативных последствий, с которыми может столкнуться человечество в следствии изменения климата.

*Список использованных источников*

1 OECD (2013) Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters, OECD Studies on Water, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200449-en>.

2 UNFCCC (2007), Investment and Financial Flows to Address Climate Change, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, 270 pages.

3 IPIED (2009) Assessing the costs of adaptation to climate change A review of the UNFCCC and other recent estimates.

4 CH2M HILL (2009) Confronting Climate Change: Early Analysis of Water and Wastewater Adaptation costs.

5 WHO (2009) Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change.

6 EEA (2016) Global and European sea level rise.

7 S. Pfahl, P. A. O’Gorman, E. M. Fischer (2017). Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation. Nature Climate Change, DOI: 10.1038/nclimate3287.

8 H. Ratnaweera (2015). Holistic Optimization of Sewers and Treatment Plants using Real Control, 11<sup>th</sup> Brussels IWA conference.

9 EU (2010). Water Scarcity and Drought in the European Union.

10 Plosz, B; Liltved, H; Ratnaweera, H; (2009): Climate change impacts on activated sludge wastewater treatment: a case study from Norway, Water Science & Technology, 60, 2, 533–541.

11 IPCC, (2014), Climate Change 2014 Synthesis Report, Fifth Assessment Report.