

Список использованных источников

- 1 Космическое земледование / В. В. Козодеров [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
- 2 Калабин, Г. В. Дистанционный мониторинг природной среды / Г. В. Калабин // Вестник Российской академии наук. – 2004. – Том 74. – № 7. – С. 606–609.
- 3 Шабанов, В. В. «Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов» / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин. – М.: МГУП. – 2009. – С. 154.
- 4 Савиных, В. П. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2001. – С. 228.

УДК 621.311.213 + 911.8:911.9

Р. М. Коробов, д-р геогр. наук
Международная ассоциация хранителей реки Есо-TIRAS, г. Кишинев

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА ВОДНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Водная безопасность как концепция воплощает сложные и взаимосвязанные вызовы, подчеркивая центральную роль воды в достижении чувства большей безопасности, устойчивости развития и благосостояния людей. В то же время, нет единственного, широко признанного определения термина «водная безопасность»; обычно это зависит от его приложений, например, к человеку или окружающей среде. Из различных имеющихся определений для целей настоящей публикации наиболее приемлемым представляется следующее: «Водная безопасность есть способность населения к безопасному и устойчивому доступу к адекватным количествам приемлемой по качеству воды, необходимой для поддержания его средств к существованию, благосостояния и социально-экономического развития, а также для обеспечения защиты от связанных с водой загрязнений и сохранения экосистем в условиях мира и политической стабильности» (UNU, 2013). Это, своего рода «рабочее» определение обеспечивает общие рамки и платформу для сотрудничества по проблемам водной безопасности между регионами, странами и речными бассейнами.

Многие факторы способствуют сохранению водной безопасности, от биофизических до инфраструктурных, институциональных, политических, социальных и других, неразрывно связанных с водой. В результате, во избежание нехватки воды требуется междисциплинарное сотрудничество между секторами, сообществами и пограничными странами. Только в этом случае конкуренция или потенциальные конфликты за водные ресурсы будут адекватно управляемы. Иными словами, водная безопасность, охватывающая все связанные с водой проблемы, заключается не только в том, чтобы иметь достаточное количество качественной пресной воды.

Изменение климата вводит новый аспект в концепцию водной безопасности, обусловленный отрицательными последствиями этого природного явления. Изменения в гидрологическом цикле вследствие глобального потепления ведут к разнообразным воздействиям и рискам, вызванным взаимодействием климатических и не климатических стимулов изменений, с соответствующими ответами на них управления водными ресурсами. Вода является агентом, который доставляет большинство воздействий изменения климата до общества, в частности, до его социальных, энергетических, сельскохозяйственных, транспортных и других отраслей. Хотя вода проходит через глобальный гидрологический цикл, она, тем не менее, является локально изменчивым природным ресурсом, вследствие чего уязвимости к связанным с ней опасностям, таким, например, как наводнения и засухи, различаются между регионами в зависимости от местных и, зачастую, не только климатических драйверов. Рост народонаселения, экономическое развитие, урбанизация, землепользование и природные геоморфологические трансформации также бросают вызов стабильности водных ресурсов, увеличивая потребности в них или сокращая их предложение. В этом контексте нехватка воды в условиях изменения климата вносит весомый вклад в доступность ее пресноводной составляющей.

Одним из антропогенных факторов воздействия на поверхностные водные ресурсы, а следовательно – и на водную безопасность, является *гидроэнергетика*, связь которой с водной безопасностью приобрела новые оттенки на фоне изменяющегося климата. Парижское соглашение по изменению климата, вступившее в силу в ноябре 2016 г, по своей сути является энергетическим соглашением (IEA, 2016). Чрезвычайно большое значение для его реализации имеет преобразование энергетического сектора, являющегося источников двух третей выбросов парниковых газов.

Гидроэнергетика – один из важнейших возобновляемых источников электроэнергии, который покрывает порядка 16 % ее мирового потребления. Согласно прогнозам [2], в период с 2010 г по 2035 г она будет обеспечивать примерно половину от почти трехкратного производства электроэнергии из возобновляемых источников. Благодаря созданию локальных и, как правило, относительно недорогих источников электричества, гидроэнергетика поддерживает устойчивое развитие, снижая зависимость многих стран от импортируемого топлива с риском волатильности его цен, неопределенностей в предложениях и необходимости в иностранной валюте. Гидроэнергетические комплексы предполагают также многочисленные сопутствующие выгоды, такие, как накопление воды для бытовых, коммунальных и сельскохозяйственных нужд, обеспечение водой в период засух, предотвращение наводнений, расширение рекреационного потенциала и т.п.

Отсюда, по образному выражению Международного Энергетического Агентства (IEA, 2016), «энергия и вода не могут быть друг без друга». И эта взаимозависимость в ближайшие годы будет только усиливаться, поскольку потребности в воде для развития энергетики, равно как и потребности в энергии для водоснабжения, постоянно растут. Вода имеет важнейшее значение на всех этапах производства энергии. На энергетический сектор приходится 10 % глобального водозабора, в основном для обеспечения работы электростанций, а также для добычи ископаемого топлива и производства биотоплива, и эти потребности возрастают, особенно в отношении потребленной воды. Например, широкое развертывание атомной энергетики увеличивает, как забор воды, так и ее потребление. С другой стороны, в 2014 г около 4 % мирового потребления электроэнергии было использовано для извлечения, распределения и очистки воды и сточных вод, наряду с 50 млн. тонн нефтяного эквивалента тепловой энергии, в основном дизельного топлива, необходимого для работы ирригационных насосов, и природного газа – для работы водоопреснительных установок. Прогнозируется, что в период до 2040 г количество энергии, потребленной в секторе водоснабжения, более чем удвоится; к примеру, на Ближнем Востоке с водоснабжением будет связано 16 % потребляемой электроэнергии (IEA, 2016).

Отсюда, отслеживание взаимозависимости энергии и воды имеет решающее значение для перспектив успешной реализации ряда целей в области устойчивого развития в условиях изменения климата, меры по борьбе с которым в некоторых случаях могут обострить проблемы с дефицитом воды, но, в то же время, могут быть сами ограничены доступностью водных ресурсов. Если для некоторых низкоуглеродных технологий, таких как ветровая и солнечная энергетика, требуется очень мало воды, то чем больше процесс декарбонизации полагается на биотопливо, атомную энергетiku и особенно – на гидроэнергетику, тем больше воды он потребляет.

Гидроэнергетические проекты зачастую пропагандируются национальными правительствами и другими субъектами как «чистый и зеленый» источник электроэнергии; они также чаще выигрывают в конкурсах на гранты международной финансовой поддержки как одно из средств сокращения выбросов парниковых газов. Именно с этой точки зрения многие страны наращивают свою гидроэнергетическую экспансию; многочисленные гидроэлектростанции существуют или планируются для строительства, например, на большинстве крупных рек Черноморского бассейна.

Однако взаимосвязь гидроэнергетики, изменения климата и водной безопасности является не столь однозначной.

Прежде всего, любая ГЭС требует перекрытия реки для создания хранилища для накопления воды, необходимой для устойчивой выработки электроэнергии. Из построенных

в мире 50000 крупных дамб около 5000 предназначены исключительно для этой цели. Последствия для окружающей среды от такого накопления воды менее известны, хотя река намного более сложная природная система, нежели просто источник пресной воды. Со своими берегами, поймами, ямами или бродами реки являются одними из самых богатых по своему биологическому разнообразию экологических систем, и как таковые они подвержены серьезному разрушению гидроэнергетикой.

Некоторые наиболее принципиальные экологические последствия эксплуатации плотин и ГЭС, включая и те, что уже выявлены в Черноморском бассейне, можно суммировать следующим образом:

- Гидроморфологические изменения русла и поймы реки, которые вызывают изменения в ее естественной структуре, включая глубину, ширину и режим стока; расчленение водно-болотных угодий, пойм и мест обитания, а также прерывание естественного переноса отложений, имеющих решающее значение для поддержания здоровья биоты реки; аккумуляция горных пород, песка и других природных материалов в водохранилищах, а не их диспергирование через меандры реки. Изучая это явление, Г. И. Швобс (1974) отметил, что водохранилища, построенные на больших реках, могут в 2–2,5 раза уменьшать сток наносов на расстоянии до 20 км, при этом путь, на протяжении которого происходит восстановление их естественного стока, зависит от уклона реки: чем больше уклон, тем больше расстояние, требуемое для восстановления;

- Прерывание стока рек изменяет гидрологию их бассейнов, подчас провоцируя «рукотворные» паводки и наводнения, или локальную нехватку воды. Например, наводнения в Молдове и Украине в августе 2010 г. были вызваны резким сбросом воды из Днестровского водохранилища, а гидрологическая засуха в водно-болотных угодьях Нижнего Днестра в 2012 г. – недостаточным весенним попуском воды;

- Перекрытие рек плотинами сказывается на разнообразии видов рыб (особенно редких) и на традиционных путях их миграции к местам кормления и нерестилищам, что может привести к прекращению их дальнейшего размножения и даже исчезновению;

- Строительство гидроэлектростанций и плотин для «покорения» рек сопровождается и рядом косвенных последствий, вызванных затоплением сельскохозяйственных земель и охраняемых территорий, строительством линий электропередач и подъездных путей, а также другими инженерными работами, которые объективно представляют собой опасное вторжение в окружающую среду и гидрологию водосборов;

- Развитие гидроэнергетики на трансграничных реках может вызвать конфликты между странами, в которых находятся источники гидроэнергетики, и странами, расположенными ниже по течению, или соседними прибрежными странами. Такого рода конфликтные ситуации находятся в стадии постоянного обсуждения, например, между Словакией и Венгрией, Монголией и Россией, Молдовой и Украиной, тем самым создавая потенциальную опасность для водной безопасности этих стран.

И, наконец, с точки зрения изменения климата, все большее число научных исследований показывает, что водохранилища, особенно в жарких странах, являются значительным источником глобального загрязнения атмосферы парниковыми газами.

Хорошо известно, что в теплое время года водохранилища ГЭС подвергаются термической стратификации с более высоким уровнем растворенного кислорода в верхних слоях воды и низким уровнем – на дне водохранилища, главным образом, из-за накопления здесь органических осадков. Повышенная нагрузка питательных органических веществ приводит к снижению содержания кислорода в воде, поскольку их разложение ведет к его более высокому потреблению. Но так как вода для турбин обычно берется из нижних слоев водохранилища, то низкое содержание в них кислорода влияет на качество воды вниз по течению. Более того, стратификация температур в водохранилищах усложняет выживание водного разнообразия, возникающего при естественном температурном цикле, способствуя развитию эвтрофикации.

Таким образом, хотя гидроэнергетика рассматривается как один из факторов смягчения последствий изменения климата, в реальности же водохранилища выделяют громадные

количества углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4) при гниении и разложении растительных остатков без участия кислорода. Так, например, по оценкам бразильских исследователей, в 2007 г метан из водохранилищ крупных ГЭС отвечал примерно за 4 % антропогенных изменений климата (Yan & Pottinger, 2013). Выделяемые водохранилищами парниковые газы (ПГ), прежде всего метан и углекислый газ, выбрасываются с поверхности воды, на водосбросах и на десятках километров вниз по течению. Эти выбросы возрастают по мере потепления климата. Так, ГЭС с большими водохранилищами в тропиках могут оказывать гораздо большее влияние на глобальное потепление, нежели установки на ископаемом топливе, вырабатывающие эквивалентное количество электроэнергии.

«Топливом» для эмиссий ПГ также является гниение органического вещества из растительности и почв, затопляемых при заполнении водохранилища. Углерод в планктоне и растениях, которые живут и погибают в водохранилище, детрит, вымытый из водораздела выше, и сезонное паводковое затопление растений вдоль балок и берегов водохранилища – все это способствует тому, что выбросы продолжаются в течение всего срока службы водохранилища. Уровни выбросов широко варьируют между различными водохранилищами в зависимости от региона и типа затопленных экосистем, глубины и формы водохранилища, локального климата и того, как эксплуатируется плотина. Кроме того, легальные и незаконные рубки при строительстве плотин для очистки территории под затопление удаляют важные поглотители углерода.

Всесторонние исследования по анализу выбросов жизненного цикла плотины сегодня важнее, чем когда-либо прежде, отчасти потому, что миллионы долларов в углеродных кредитах ищутся для поддержки проектов гидроэнергетики. Поэтому нынешние, все новые конструкции плотин требуют тщательной оценки выбросов ПГ и выбора проектов с низким уровнем выбросов. Как полагают некоторые ученые (см., например, Yan & Pottinger, 2013), плотины, которые могут выделять столько же парниковых газов, что и обычная установка для ископаемого топлива, не должны разрабатываться в принципе.

Более того, изменение климата означает, что чрезмерная зависимость от гидроэнергетики может привести к серьезным рискам не только для водной безопасности, но и для энергетической безопасности как таковой, поскольку непредсказуемость осадков в сочетании с экстремальными погодными явлениями сделает гидроэнергетику все более рискованным бизнесом. В последние десятилетия засуха уже оказала значительное влияние на производство энергии во многих регионах, где доминирует большая гидроэнергетика, и в некоторых местах производство электроэнергии сократилось наполовину (Yan & Pottinger, 2013). Эти изменения иллюстрируют ошибочность важной концепции проектирования гидроэнергетики, известной как *стационарность*, которая исходит из того, что будущая гидрология является предсказуемой и может основываться на прошлых гидрологических данных, и что проекты, зависящие от воды, могут быть спроектированы так, чтобы быть надежными. Но изменение климата и вызванные им изменения в гидрологическом цикле привели к «гибели стационарности» и практической невозможности надежных прогнозов будущих режимов стока.

Механизм обратных связей в климатической системе и оценка их возможного нарушения в связи с антропогенной трансформацией подстилающей поверхности на водосборных территориях зарегулированных речных экосистем в результате строительства и эксплуатации плотинных ГЭС детально обсуждаются в монографии С. Г. Шапхаева (2015). Этим автором учтен климатической изменчивости при проектировании и эксплуатации ГЭС рассматривается на основе природоохранных требований и законодательства о безопасности гидротехнических сооружений.

Таким образом, интенсивное развитие гидроэнергетики, даже с потенциалом генерации новых электрических мощностей, создает многочисленные вызовы водной безопасности, и возникающие экологические риски зачастую превышают вероятные выгоды. Исходя из этих соображений, всегда важно разумно взвешивать и контролировать все «за и против» этой формы энергии. При этом, несмотря на некоторые общие черты, в каждом речном бассейне существуют свои ощутимые различия, требующие внимательного и тщательного изучения и учета в процессе организации системы управления региональной водной безопасностью.

Список использованных источников

- 1 Шапхаев, С. Г. Эколого-правовые аспекты климатической адаптации плотинных ГЭС / С. Г. Шапхаев. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 96 с.
- 2 Швевс, Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка / Г. И. Швевс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 183 с.
- 3 IEA (International Energy Agency), 2016: World Energy Outlook. Summary (Russian translation), 16 p. Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016_ExecutiveSummary_Russian_version.pdf.
- 4 Water Security & the Global Water Agenda. A UN-Water Analytical Brief. United Nations University, UNU, 2013. – 37 p.
- 5 Yan K. and L. Pottinger. Civil Society Guide to Healthy Rivers and Climate Resilience. International Rivers, 2013. – 69 p.

УДК 556.5.06+620.92+620.987

А. Г. Ободовский, К. Ю. Данько, С. И. Снежко, О. И. Лукьянец,
З. В. Розлач, В. В. Онищук, И. В. Куприков, Л. Н. Тимуляк,
О. С. Коноваленко, Е. Н. Цвельх, Е. А. Почаевец, А. С. Будько,
С. Н. Панасюк, Е. И. Галицкая, Ю. А. Ободовский, Т. В. Пороховных,
М. А. Заварзин, В. А. Корниенко
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕК УКРАИНСКИХ КАРПАТ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Вопросы энергобезопасности и энергонезависимости актуальны в условиях глобализации и интенсивного использования исчерпывающих топливных энергоресурсов. Использование невозобновляемых источников энергии, в частности углерод содержащих (нефть, природный газ, уголь, торф), заставляет человечество задуматься о двух принципиально важных проблемах, которые являются следствием вышеупомянутой причины. Первая проблема, это перспектива исчерпаемости всемирных запасов нефти, природного газа, угля, торфа, что мотивирует развивать альтернативные, возобновляемые энергоносители. Вторая проблема, это изменения климата, которые в первую очередь проявляются через стремительные темпы роста среднегодовой температуры атмосферного воздуха Земли. Прогревание земной атмосферы вызвано возрастанием концентрации парниковых газов, которые образуются в результате сжигания нефти, природного газа, угля, торфа. Это, в свою очередь, подталкивает человечество и вовсе отказаться от углерод содержащих источников энергии. Потому что, перспектива необратимых климатических изменений и глобального роста температуры воздуха, куда более серьезней, чем указанная выше первая проблема. Таким образом, потребность использования альтернативных возобновляемых источников энергии не только не вызывает сомнения, но и является первоочередной необходимостью. Кроме того, важным требованием к таким энергоносителям является полное отсутствие либо минимизация негативного воздействия на окружающую среду в последствии его использования.

Среди ряда возобновляемых источников энергии, таких как энергия солнца, ветра, волн, воды, энергия воды вызывает особый интерес. Использование энергии воды происходит путем трансформации потенциальной энергии падающей воды, либо кинетической энергии потока воды в электрическую энергию. Для этого, как правило, используют водный сток рек, но его величина не постоянна, как на протяжении года, так и в многолетнем разрезе времени. Это связано с сезонным и многолетним режимом погоды, который находится в постоянной динамике, что в свою очередь и называется изменениями климата, которые постепенно усиливаются в результате не контролируемого использования углерод