

## РАЗРАБОТКА МЕР ПО АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА В БАССЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН

\*Корнеев В.Н., \*\*Гертман Л.Н, \*\*\*Римкус Э., \*\*\*\*Волчек А.А., \*\*\*\*\*Стоневичус Э.,  
\*\*\*\*\*Ануфриев В.Н.,

\*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, [v\\_korn@rambler.ru](mailto:v_korn@rambler.ru)

\*\*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, [lubov.hertman@yandex.by](mailto:lubov.hertman@yandex.by)

\*\*\*Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литва, [egidijus.rimkus@gf.vu.lt](mailto:egidijus.rimkus@gf.vu.lt)

\*\*\*\*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь, [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)

\*\*\*\*\*Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литва, [edvinas.stonevicius@gf.vu.lt](mailto:edvinas.stonevicius@gf.vu.lt)

\*\*\*\*\*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, [vladimir.anufriev@rambler.ru](mailto:vladimir.anufriev@rambler.ru)

*The article presents the general results of the climate and runoff forecast in the Neman river basin take into account climate change scenarios. The measures for adaptation to climate change for the river basin are presented.*

### **Введение**

Данные, представленные в четвертом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [6], свидетельствуют о том, что изменение климата является неоспоримым фактом, который подтверждается наблюдениями за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов, широко распространенным таянием снега и льда, повышением уровня Мирового океана. По оценкам МГЭИК и данным гидрометеорологических наблюдений, изменения климата будут особенно ощутимы в водной среде, обуславливая значительную уязвимость водных ресурсов к изменению климата. Это может привести к широкомасштабным последствиям для человеческого общества и экосистем.

Устойчивое развитие отраслей экономики в бассейне р. Неман с учетом обеспечения экологического функционирования водных объектов возможно при эффективном интегрированном управлении водными ресурсами бассейна, которое должно быть основано на учете среднесрочных и долгосрочных прогнозов региональных климатических изменений и своевременном принятии соответствующих предупреждающих адаптационных мер. Эти меры должны учитывать и максимально эффективно использовать выгоду от прогнозируемых изменений и нивелировать их возможные отрицательные последствия с учетом оценки климатических рисков. Поэтому необходимы меры по совершенствованию управления водными ресурсами с учетом адаптации к изменению климата с использованием бассейнового подхода и общих стратегических направлений адаптации для всех стран бассейна.

В 2011–2014 гг. в Беларуси и Литве реализуется проект «Управление водными ресурсами бассейна реки Неман с учетом адаптации к изменению климата» при поддержке Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) и инициативы «Окружающая среда и безопасность» (ENVSEC) в рамках программы пилотных проектов по совершенствованию управления водными ресурсами трансграничных рек с учетом адаптации к изменению климата через Программу развития ООН в Республике Беларусь (ПРООН) [2].

Главной целью проекта является совершенствование интегрированного управления водными ресурсами с применением бассейнового подхода в условиях изменяющегося климата на примере реки Неман, протекающей по территории Беларуси, Литвы и Российской Федерации и впадающей в Балтийское море.

### **Наблюдаемые изменения климата и стока в бассейне реки Неман**

Анализ и прогноз изменения климатических характеристик и стока в бассейне р. Неман выполнен с использованием информации за период с 1961 по 2010 гг. по 23 метеорологическим станциям (8 на территории Беларуси и 15 на территории Литвы) и по 25 пунктам наблюдений за гидрологическим режимом (12 в Беларуси и 13 в Литве).

За период с 1961 по 2011 гг. выявлены следующие тенденции изменения климата:

- увеличение среднегодовой температуры воздуха в среднем по бассейну р. Неман на  $0,9^{\circ}\text{C}$  с максимальным увеличением в зимний период на  $2,5^{\circ}\text{C}$  (в январе) и в летний период на  $1,4^{\circ}\text{C}$  (в июле);

- незначительное увеличение количества осадков в среднем за год (на 7%), причем наибольшее увеличение произошло в зимнее время (в феврале почти на 40%), в летнее время изменение количества осадков оценивается как незначительное в пределах статистической значимости оценок.

За период с 1961 по 2009 гг. выявлены следующие тенденции изменения стока:

- незначительное увеличение среднегодового стока (в среднем по бассейну на 2,7%);

- снижение стока весеннего половодья с более ранним наступлением его пика;

- увеличение стока в зимний период на большей части территории бассейна Немана;

- незначительное уменьшение стока в летний период на территории Беларуси и увеличение стока в северо-западной части Литвы и в Калининградской области Российской Федерации.

### **Прогноз изменения климата и его влияние на водные ресурсы**

Долгосрочные, на период 35–50 лет (2021–2050), прогнозы изменения климата для бассейна р. Неман получены путем расчетов по региональной климатической модели SCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5.

Для прогнозирования изменения климата использованы два сценария изменения климата, представленные в четвертом отчете МГЭИК в 2007 г. [6]: A1B (relatively high-emission scenario) – более «жесткий» сценарий и B1 (low-emission scenario) – более «мягкий» сценарий. Следует отметить, что выбранные сцена-

рии в основном отражают наблюдаемые за последние 50 лет умеренные тенденции (закономерности) климатических изменений в бассейне р. Неман.

Тенденция увеличения температуры воздуха сохранится и в будущем периоде (до 2050). Среднегодовая температура воздуха вырастет на  $1,4^{\circ}\text{C}$  –  $1,7^{\circ}\text{C}$  с учетом различных климатических сценариев с увеличением на  $2,0^{\circ}\text{C}$  –  $2,8^{\circ}\text{C}$  в зимний период и на  $0,7^{\circ}\text{C}$  –  $1,1^{\circ}\text{C}$  в летний.

Также вероятно увеличение годового количества осадков в бассейне реки Неман. Более существенные изменения ожидаются в первой половине года, в то время как для летне-осеннего периода эти изменения будут не столь значительными. Вследствие наиболее значительного повышения температуры воздуха в зимний период и изменения количества и состава осадков снежный покров будет сокращаться в ближайшем будущем.

Уточненные климатические прогнозы до 2050 г. для бассейна р. Неман, выполненные с использованием результатов мультимодельного ансамбля CMIP5 по четырем сценариям, представленного в пятом отчете МГЭИК в 2013 г. [4], подтвердили выявленные прогнозные тенденции увеличения температуры воздуха и количества осадков в среднем по бассейну. При этом выявлено незначительное изменение распределения роста температуры воздуха по сезонам. Повышение температуры воздуха в летний период будет большим, чем прогнозировалось по сценариям A1B и B1, и меньшим в зимний период, чем прогнозировалось по указанным сценариям. Максимальное повышение температуры воздуха будет также в зимний период. Наибольшее количество осадков прогнозируется в холодное время года, а во второй половине лета, так же как и в начале осени, количество осадков будет мало меняться или даже незначительно уменьшится.

Прогноз изменения стока на период с 2021 по 2050 гг. выполнялся с использованием двух методологически схожих гидрологических моделей:

- с использованием модели WatBal с расчетами суммарного испарения и водного баланса (выполнены экспертами из Литвы) [5];
- белорусской модели гидролого-климатических расчетов на основании совместного решения уравнений водного и теплоэнергетического баланса (выполнены экспертами из Беларуси) [1].

По прогнозам изменения стока на период 2021–2050 гг. сохраняются выявленные за период с 1961 по 2009 гг. тенденции незначительного увеличения среднегодового стока в среднем по бассейну р. Неман.

Максимальное увеличение стока может произойти в зимний период (до +40%), в основном в январе и в феврале, за счет увеличения количества осадков и частоты оттепелей.

Прогнозируемый поверхностный сток в летний период в 2021–2050 гг. может быть меньше в белорусской части бассейна реки Неман (максимальное сокращение стока может составить до -20%), а в литовской части бассейна и в Калининградской области Российской Федерации может увеличиться до +20%.

Одним из отрицательных последствий изменения климата для бассейна р. Неман является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлений: интенсивные дожди, засухи, поздние заморозки, дождевые паводки и весенние половодья, приводящие к наводнениям.

Интенсивность весенних половодий и связанных с ними наводнений в бассейне р. Неман значительно снизилась за последние 50 лет – максимальный

сток весеннего половодья в среднем по бассейну уменьшился на 27,3 % с более ранним наступлением пика. Поэтому весенние половодья не являются приоритетной проблемой в бассейне р. Неман, за исключением верховий Немана на территории Беларуси, западной части Литвы и Калининградской области Российской Федерации. Прогнозируемое снижение максимального стока весеннего половодья может быть не столь значительным, как его снижение, отмеченное в последние 50 лет. Повышается вероятность возникновения внезапных дождевых паводков за счет усиления неравномерности внутригодового перераспределения стока. Причем интенсивность этих паводков как в период лето-осень, так и в другие периоды может стать сравнимой с интенсивностью половодья, особенно в случае наложения факторов снеготаяния с интенсивными дождями. Поэтому необходимо поддержание инженерных гидротехнических сооружений по противопаводковой защите в надлежащем техническом состоянии.

Проблема возникновения маловодных периодов, приводящих к засухам, актуальна для всего бассейна р. Неман. Хотя в настоящее и в будущее время оснований для возникновения дефицита водных ресурсов в целом в бассейне р. Неман не имеется, но повышается вероятность наступления длительных маловодных периодов.

За последние 50 лет произошло незначительное снижение стока в летний период на территории Беларуси (в среднем – на 4,4%), а также незначительное увеличение стока на территории Литвы (в среднем на 6,6 %, при снижении стока в южных районах и незначительное его увеличение в северных и западных). Приведенный вывод в принципе согласуется с результатами исследований засушливых периодов по суббассейнам р. Неман с использованием рекомендованных Всемирной метеорологической организацией (ВМО) индекса стока в период засух SDI (streamflow drought index) и стандартизованного индекса осадков SPI (standardized precipitation index) [5].

Однако в будущем вероятность наступления маловодных и особо маловодных периодов будет повышаться. Прогнозное снижение минимального стока в период лето-осень для территории Беларуси в будущем может быть более значительным, чем его снижение за последние 50 лет и в среднем составлять до 11 % (максимально – до 20 %). Менее значительное снижение минимального стока может быть в будущем в южной и восточной части территории Литвы и даже его некоторое увеличение в северной и западной части.

В течение маловодных периодов может произойти ухудшение экологического состояния и рекреационного потенциала поверхностных водных объектов и прилегающих территорий, изменение гидрогеологического режима грунтовых вод, истощение почвенного покрова на пойме и т.п. Помимо экономических ущербов (в основном - для сельского хозяйства), в сельских населенных пунктах, не связанных с системами централизованного водоснабжения, может оказаться под угрозой безопасность водоснабжения за счет снижения уровней грунтовых вод и обмеления колодцев. Кроме того, за счет возможного увеличения частоты и продолжительности засушливых периодов повышаются риски существенного уменьшения стока малых рек в летний период со снижением в них уровней воды, ухудшением качества и их рекреационного потенциала.

### **Разработка мер по адаптации к изменению климата**

Адаптация к изменению климата является необходимым условием при управлении водными ресурсами. Для этого необходима разработка и внедрение соответствующих мер, разработанных на основании оценки уязвимости

природных ресурсов и отраслей экономики от изменения климата и водных ресурсов. При своевременном внедрении таких мер через конкретные мероприятия и проекты можно не только снизить ущерб и риски от негативных проявлений климатической изменчивости, но даже извлекать определенную экономическую выгоду от положительных эффектов этой изменчивости.

Для разработки мер по адаптации необходимо учитывать уязвимость природных ресурсов и отраслей экономики к изменению климата, причем как по отдельным их видам, так и по их совокупности. В настоящее время не существует общепринятых единых подходов количественной оценки уязвимости. Наиболее употребительными являются подходы, основанные на установлении степени уязвимости с использованием балльной оценки с учетом степени воздействия изменения климата и адаптационного потенциала.

Для бассейна р. Неман в разрезе административных единиц (районов) проведена оценка степени уязвимости природных ресурсов и отраслей экономики. В ее основу положены следующие критерии: степень изменения стока; потенциал адаптации, оцененный для различных типов природных ресурсов и отраслей экономики в контексте их связи с водными ресурсами; последствия воздействия изменения климата.

По результатам оценки уязвимости можно сделать следующие выводы. Наибольшая уязвимость к изменению климата оценивается для территорий с высокой степенью снижения стока. Это районы в верховье Немана и Вилии. Высокая уязвимость к изменению климата может быть характерной и для регионов в нижнем течении Немана, в первую очередь для Калининградской области. Здесь значительное влияние может оказать высокая степень мелиорированности территории, износ дренажных систем. Кроме того, этот регион в сильной степени зависит от общей экологической и социально-экономической обстановки расположенных выше по течению территорий.

В центральной и верхней части бассейна расположены регионы с хорошо развитой промышленностью, крупными населенными пунктами, что в значительной степени влияет на гидрохимический режим в нижнем течении.

Важной проблемой является зарегулированность рек гидротехническими сооружениями. Что также может вызывать определенное социально-экономическое напряжение в регионе.

Согласно Руководству по водным ресурсам и адаптации к изменению климата [3] и на основании международных консультаций, проведенных в трех государствах бассейна р. Неман (Беларусь, Литва, Калининградская область Российской Федерации), определены основные стратегические направления адаптации к изменению климата для различных видов природных ресурсов и отраслей экономики.

Стратегические направления адаптации определяют базовые подходы, основные направления деятельности и состав мероприятий по совершенствованию управлением водными ресурсами в бассейне р. Неман с учетом адаптации к изменению климата.

## **Выводы**

Влияние климатических изменений не ограничивается административными границами регионов и государств. Следовательно, при разработке и внедрении мер по адаптации нужна кооперация и интеграция между регионами, государствами и отраслями экономики на всех уровнях. Необходимо понимание выгод взаимного сотрудничества между заинтересованными сторонами,

направленного на достижение положительного долгосрочного эффекта, взамен решений, сфокусированных только на краткосрочных выгодах. Сотрудничество и диалог становятся ключевыми понятиями в процессе изучения изменчивости климата и управления климатическими рисками.

Стратегические направления адаптации бассейна р. Неман к изменению климата включают перечень основных возможных мер, разработанный на основании оценки возможных воздействий этого изменения на различные виды природных ресурсов и отрасли экономики в контексте их взаимосвязи со степенью воздействия изменения климата на водные ресурсы. При грамотной разработке и своевременном внедрении этих мер через конкретные мероприятия и проекты можно не только снизить ущерб и риски от негативных проявлений климатической изменчивости, но даже извлекать определенную экономическую выгоду от положительных эффектов этой изменчивости.

Для достижения эффективных результатов необходимо внедрять бассейновые принципы интегрированного управления водными ресурсами, что предполагает активное международное сотрудничество и обмен информацией, эффективное взаимодействие между лицами, принимающими решения, представителями деловых и научных кругов, гражданским обществом и общественностью на различных уровнях, включая локальный, региональный и международный. При этом целесообразно использовать опыт и потенциал международных организаций, таких как ЕЭК ООН, ПРООН, ЮНЕП, ВМО, ENVSEC, Всемирный банк и др.

Необходимо также сформировать механизмы финансирования для конкретных объектов, секторов и направлений деятельности в области адаптации и смягчения последствий изменения климата, включая развитие системы страхования рисков, связанных с изменением климата.

### **Список литературы**

1. Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.

2. Официальный веб-сайт ЕЭК ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.unecse.org/ehlm/platform/display/ClimateChange/Neman> – Дата доступа: 18.02.2014.

3. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. – ООН, Нью-Йорк и Женева, 2009. – 128 с.

4. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> – Дата доступа: 18.02.2014.

5. Egidijus Rimkus, Edvinas Stonevičius, Vladimir Korneev, Justas Kažys, Gintaras Valiuškevičius and Aliaksandr Pakhomau. Dynamics of meteorological and hydrological droughts in the Neman river basin – IOP SCIENCE / 2013 Environ. Res. Lett. 8 045014 – 2013 IOP Publishing Ltd Printed in the UK - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/4/045014> – Дата доступа: 18.02.2014.

6. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html) – Дата доступа: 18.02.2014.