

УДК 551.83:556.18

РОССИЙСКО-БРИТАНСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА” (НОВОСИБИРСК, 13–15 ИЮНЯ 2007 г.)

© 2008 г. **О. Ф. Васильев***, **В. Н. Лыкосов****, **И. И. Мохов*****

**Институт водных и экологических проблем СО РАН
630090 Новосибирск, Морской пр., 2*

***Институт вычислительной математики РАН
119333 Москва, ул. Губкина, 8*

****Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
119017 Москва, Пыжевский пер., 3*

Поступила в редакцию 03.04.2008 г.

С 13 по 15 июня 2007 г. в Новосибирском академгородке проходила Международная конференция со школой-семинаром “Гидрологические последствия изменений климата”. Конференция была организована по инициативе Британского Совета Институтом водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) в рамках плана мероприятий, посвященных 50-летию Сибирского отделения РАН. Она проводилась при финансовой поддержке Британского Совета, Федерального агентства водных ресурсов Министерства природных ресурсов Российской Федерации, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Российского фонда фундаментальных исследований. В конференции приняли участие 65 ведущих специалистов: из академических институтов РАН, СО РАН и Карельского научного центра РАН, организаций Росгидромета и Федерального агентства по водным ресурсам Министерства природных ресурсов Российской Федерации, а также из Великобритании (Университет Саутгемптона, национальный Центр экологии и гидрологии и консалтинговая компания HR Wallingford, Воллингфорд).

Основная цель конференции состояла во взаимном ознакомлении с исследованиями влияния климатических изменений на гидрологические процессы в реках, озерах и водохранилищах. Были рассмотрены применяемые при этом методы и результаты оценки возможных изменений в гидрологическом режиме водных объектов и речном стоке. Научная программа конференции включала рассмотрение следующих вопросов: 1) современные методы оценки влияния климатических изменений на гидрологические процессы в реках, озерах и водохранилищах; 2) опыт применения этих методов и результаты оценки возможных гидрологических изменений в результате изменения климата для гидрологических объектов различного типа и масштаба; 3) гидрологические изменения как результат глобальных и региональных климатических изменений; 4) воздействие климатических изменений на водные ресурсы, включая как количественный, так и качественный аспекты; 5) влияние изменений климата на возникновение экстремальных гидрологических явлений (наводнений, маловодий на реках и т.п.). Значительное внимание было уделено рассмотрению указанных вопросов применительно к водным объектам и гидрологическим процессам в природных условиях Сибири и Севера.

Тематика представленных на конференции сообщений охватывает широкий круг проблем, возникающих при оценке наблюдающихся и прогнозируемых изменений гидрологического режима рек, озер, водохранилищ и других водных объектов. Рассмотренные вопросы и задачи относились, главным образом, к следующим направлениям исследований: 1) выявление изменений водного баланса и речного стока в условиях изменяющегося климата по данным многолетних гидрометеорологических наблюдений; 2) анализ изменений гидрометеорологических характеристик по результатам моделирования глобальных процессов (на основе моделей циркуляции атмосферы); 3) оценка реакции крупных гидрологических систем на возможные климатические изменения; 4) анализ влияния изменений климата на повторяемость и характеристики экстремальных гидрологических явлений; 5) учет неопределенности в определении (моделировании) предполагаемых климатических изменений при оценке их гидрологических последствий и 6) учет возможных изменений климата и их гидрологических последствий при разработке и планировании водохозяйственных мероприятий.

Значительная часть докладов на конференции была посвящена важнейшей задаче современной гидрологии – установлению изменений характери-

стик речного стока в климатическом масштабе, т.е. на интервалах времени, соответствующих изменениям в климатической системе. Для решения этой задачи широко используются различные методы, основанные на статистической обработке результатов наблюдений за изменчивостью гидрометеорологических характеристик в различных пространственных масштабах. Здесь можно отметить доклады А.Н. Антипова с соавторами, М.В. Болгова, Г.В. Грузы и Э.Я. Раньковой, М.В. Кабанова, С.М. Семенова, И.А. Шикломанова и В.Ю. Георгиевского с соавторами.

В докладе Г.В. Грузы и Э.Я. Раньковой проведен анализ изменений приземной температуры воздуха и осадков на территории России по данным сети метеорологических станций и постов. Установлено, что наиболее отчетливые изменения климатических параметров проявляются, начиная с 1975 г., и этот факт увязывается авторами с ростом концентрации парниковых газов антропогенного происхождения. В докладе С.М. Семенова отмечено, что в 1965–1995 гг. по сравнению с 1936–1965 гг. практически повсеместно на территории России произошло увеличение среднегодовой суммы осадков. М.В. Кабанов представил результаты анализа особенностей климатических изменений в Сибири с темпами потепления в последние десятилетия до 0.5 К/10 лет.

В докладе И.А. Шикломанова и В.Ю. Георгиевского сделан принципиально важный вывод о наличии существенных отклонений в условиях формирования речного стока в последние 20–30 лет от предшествующего многолетнего периода. Для большинства рассмотренных регионов авторами отмечаются значимые положительные тренды увеличения стока летне-осенней и зимней межени, хотя имеют место и обратные тенденции в бассейнах некоторых рек (реки Дон, Кубань и др.). В докладе А.Н. Антипова с соавторами отмечена тенденция уменьшения максимального стока весеннего половодья во второй половине XX века на юге Восточной Сибири, в бассейнах верхней Лены, верхнего Енисея, Ангары и озера Байкал. В докладе А.А. Любушина и М.В. Болгова проведен анализ характерных периодов для стока рек бассейна Волги с выделением временных интервалов с перестройкой режимов в XX веке.

В докладах Н. Арнелла (N. Arnell) и некоторых других, сделанных британскими специалистами, а также в сообщениях И.И. Мохова и В.Ч. Хона дана оценка изменений гидрологических характеристик на основе расчетов с использованием глобальных климатических моделей. И.И. Мохов и В.Ч. Хон в своих докладах представили результаты сравнения с данными наблюдений характеристик гидрологического цикла, рассчитанных с помощью двух десятков климатических моделей, использовавшихся при подготовке Четвертого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению кли-

мата. На основе этих расчетов оценены возможные изменения осадков и речного стока в XXI веке на крупнейших водосборах России, в том числе в бассейнах Волги и крупнейших сибирских рек. В докладе В.В. Пененко и Е.А. Цветовой были представлены результаты исследования многолетних рядов данных, описывающих поведение климатической системы с помощью методики, теоретическую основу которой составляют принципы ортогональной декомпозиции многомерных многокомпонентных полей. Аппарат выделения ортогональных подпространств может оказаться удобным инструментом для оценки возможных изменений гидрологического режима в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий.

Проблема отклика гидрологической системы на климатические изменения обсуждалась также в докладах С.А. Кондратьева, Н.Н. Филатова с соавторами и других участников конференции. На примере притока к Ладожскому озеру С.А. Кондратьев показал, что возможно смещение сроков прохождения максимальных расходов весеннего половодья на более ранний период, а также возможно небольшое снижение суммарного годового стока. Отмечается важное обстоятельство: среднемесячные осадки на водосборе Ладожского озера за период наблюдений существенно отличаются от результатов расчета по модели общей циркуляции атмосферы за тот же период. С.А. Кондратьевым делается важный вывод о необходимости адаптации климатических сценариев к региональным условиям. Н.Н. Филатовым с соавторами по данным для периода 1880–2004 гг. отмечены значимые положительные тренды температуры, осадков и испарения для территории Карелии, тогда как для речного стока характерна тенденция к его снижению.

В сообщении Ю.Г. Мотовилова обобщены результаты исследований (включая авторские) влияния изменения климата на речной сток, полученные с использованием различных методов и математических моделей, и выполнено сравнение этих результатов для ряда речных бассейнов страны (Волга, Дон, Днепр, Обь, Енисей, Лена).

В сообщении Н.В. Абасова с соавторами были представлены исследования изменений притока воды в водохранилища Ангарского каскада ГЭС и озеро Байкал, обусловленные глобальным потеплением. В частности, была исследована изменчивость корреляционных связей между отдельными притоками в водохранилища и площадью льдов Арктики. Поиску наиболее устойчивых соотношений между гидрологическими и климатическими параметрами на основе исследования многофакторных статистических связей между ними было посвящено сообщение А.В. Игнатова. В докладе С.Е. Беднарука рассмотрены особенности управления водохозяйственными системами на примере Волжско-Камского каскада ГЭС в условиях появления аномальных гидрологических событий.

В докладе С. Вэйда (S. Wade) была дана информация о работах по проекту, посвященному изучению влияния изменений климата на сток рек и питание грунтовых вод. Проект финансируется частными компаниями, обеспечивающими водоснабжение в конкретных речных бассейнах, и Британским агентством по окружающей среде. В рамках проекта было выполнено моделирование для 70 речных бассейнов Великобритании и подготовлены рекомендации для заказчиков. При осуществлении проекта были использованы сценарии на основе расчетов по шести глобальным климатическим моделям и разработаны методы учета неопределенностей, связанных с выбором моделей климата, а также со структурой и параметрами используемых гидрологических моделей. Данный доклад заслуживает особого внимания и свидетельствует о том значении, какое придается рассматриваемой проблеме со стороны как научных, так и инженерно-водохозяйственных организаций Великобритании.

В докладах Н. Арнелла, а также в сообщениях других британских участников конференции большое внимание было уделено учету фактора неопределенности в задачах об оценке влияния климатических изменений на сток рек и водные ресурсы. Этот фактор связан как с неопределенностью при определении изменений климата, так и с неопределенностью, свойственной моделированию самих гидрологических систем. Как считает Н. Арнелл, наибольшую роль здесь играет проявление неопределенности при моделировании действия ряда физико-химических факторов в климатической системе. Так, при моделировании процессов, обусловленных т.н. парниковым эффектом, это связано, в частности, с неопределенностью объемов поступления парниковых газов в атмосферу. Важную роль при этом играет также выбор сценариев развития климатических процессов. Источником некоторой неопределенности, по мнению Н. Арнелла, являются и погрешности, обусловленные различием в пространственных масштабах моделирования климатических и гидрологических процессов, структуре и размерах используемых при этом вычислительных сеток.

В докладе О.Ф. Васильева с соавторами отмечалось, что математическое моделирование является главным средством оценки влияния климатических изменений на гидрологический и гидротермический режимы озер и водохранилищ. Необходимость рассмотрения этих изменений для годичных гидрологических циклов при различных сценариях изменений климата делает целесообразным использование одномерных (по глубине) математических моделей, основанных на уравнениях водного, теплового и солевого балансов и учитывающих определяющее влияние турбулентности и плотностной стратификации на процессы вертикального тепло-массообмена. В докладе были представлены варианты такой модели и опыт ее использования в условиях Аральского моря и Телецкого озера.

В сообщении В.Н. Лыкосова обсуждалась проблема параметризации гидрологических процессов в моделях глобального климата. Особое значение имеет выявление климатических характеристик (и точности их определения), которые требуются для моделирования гидрологических процессов (с учетом чувствительности последних к изменениям соответствующих климатических характеристик). В докладе детально рассмотрены особенности моделирования гидрологических объектов на подстилающей поверхности для условий холодного климата (в том числе в районах вечной мерзлоты) и наличия большого количества озер на земной поверхности. В докладе А.А. Онучина отмечено, что характерной особенностью формирования стока северных сибирских рек в условиях вечной мерзлоты является влияние гидрологических условий предыдущего года. В этих условиях определенная часть влаги, поступившая на водосборы, с наступлением отрицательных температур консервируется в переувлажненных почвогрунтах и включается в активный влагооборот только на следующий год, принимая участие и в формировании стока.

Сообщение К. Прудом (C. Prudhomme) было посвящено методическим вопросам изучения влияния изменения климата на гидрологические процессы применительно к оценке стока с речного водосборного бассейна и учету связанных с этим неопределенностей. Особое внимание было уделено проблеме даунскэйлинга. В докладе отмечено, что в Центре экологии и гидрологии (Воллингфорд, Великобритания) разработан ряд концептуальных моделей осадков – стока, с помощью которых моделировались, используя климатическую информацию, временные ряды стока для водосборов площадью от нескольких квадратных километров до нескольких тысяч квадратных километров. В качестве примера приведены результаты расчетов для одного из речных бассейнов Англии.

Проблема оценки влияния изменений климатических условий на частоту проявления и характеристики экстремальных гидрологических явлений была рассмотрена в докладе Р. Мура (R. Moore). Докладчик отметил, что региональные климатические модели, дающие возможность предсказывать изменения в частоте и интенсивности выпадения дождевых осадков, могут служить средством для оценки влияния этих изменений на формирования волн паводков и тем самым для оценки изменений в высотах повышения уровня воды и частоте проявления опасных по затоплению земель ситуаций. Для решения таких задач Р. Мур использует распределенную гидрологическую модель, учитывающую имеющиеся данные о местности, характеристиках земельного покрова и т.д.

Доклад Э. Блайз (E. Blyth) был посвящен гидрологическим проблемам северной зоны. С помощью модели JULES (Joint UK Land Environment Simulator) проведены расчеты формирования скло-

нового стока (для условий севера Швеции) и дана оценка влияния изменений климата на этот сток. В расчетах учитывались фильтрационные свойства почвы, ее промерзание, таяние снега и неоднородность характеристик земного покрова. Э. Блайз указала на важность установления сотрудничества между российскими и британскими гидрологами в проведении исследований в северных районах России. При этом она обратила внимание на необходимость создания специализированных баз данных для обеспечения этих работ.

Интересное сообщение о значительном вкладе М.И. Будыко в развитие современной науки о климате, в особенности в связи с глобальным потеплением, сделал Г.В. Менжулин.

В заключение конференции состоялась общая дискуссия по вопросам, затронутым в заслушанных докладах, а также по вопросам, слабо освещенным или совсем не затронутым на конференции. Было отмечено, что тематика докладов, представленных на конференции, связана, в основном, с изучением климатологических аспектов рассматриваемых проблем. В частности, большое внимание было уделено такой ключевой проблеме гидрологии, как оценка влияния климатических изменений на сток рек, водный баланс их водосборных бассейнов и на водные ресурсы, обусловленные речным стоком. Вопросы влияния изменений климата на сезонные изменения речного стока, ледотермический режим и качество воды в реках и водоемах были затронуты в значительной степени, либо совсем не рассматривались. К числу таких вопросов относится, в частности, задача о влиянии климатических изменений на сток рек в периоды маловодий, в частности – зимний сток рек. Было отмечено также, что в представленных на конференции отечественных работах по анализу многолетней изменчивости речного стока и моделированию влияния климатических изменений на сток наиболее крупных (в частности, великих сибирских) рек оценки изменений стока выполняются большей частью для их устьевых створов. Между тем поведение стока больших рек, протекающих через различные природные зоны с юга на север (или в обратном направлении), в их верховьях и нижних течениях, в крупных боковых притоках, судя по всему, может сильно отличаться.

Кроме того, были затронуты следующие вопросы:

- о перспективах научного сотрудничества между учеными России и Великобритании по изучению рассматривавшихся на конференции проблем (в том числе по их изучению применительно к северным регионам Евразийского континента);

- по подготовке методических материалов для разработки и выбора расчетных сценариев для анализа гидрологических последствий изменений климата;

- по созданию баз гидрометеорологических данных для конкретных научных проектов;

- по методологическим проблемам сопряжения климатических и гидрологических моделей;

- по учету влияния изменений климата на ледотермический режим и качество воды в озерах и водохранилищах.

По итогам работы конференции был сформулирован ряд рекомендаций.

1. В дальнейших работах по анализу изменчивости речного стока, моделированию его поведения под влиянием изменений климата и прогностическим оценкам следует обратить особое внимание на изменения речного стока не только в устьевых зонах больших рек, но также и на его возможные изменения вдоль рек, в том числе за счет крупных притоков в наиболее заселенных регионах страны с активной хозяйственной деятельностью.

2. Необходимо изучить процессы формирования меженного стока, в частности, выяснить механизмы взаимодействия между поверхностными и подземными водами.

3. Требуется исследовать реальные механизмы формирования стока с учетом масштабного эффекта.

4. Считать целесообразным организацию специализированного международного проекта по сравнению гидрологических моделей, предполагающих к использованию при оценке воздействия изменений климата на гидрологические процессы, на основе единого набора входных данных (гидрологических и метеорологических).

5. Необходимо изучить влияние климатических изменений на сезонное распределение стока, частоту возникновения экстремальных ситуаций на реках, на формирование гидроледотермического режима рек, озер и водохранилищ.

6. Требуется оценить уязвимость гидрологических систем к изменению климата с учетом неопределенностей, связанных с климатическими сценариями и гидрологическими моделями.

7. Считать целесообразным дальнейшее развитие научного сотрудничества (на регулярной основе) между учеными России и Великобритании по изучению актуальных проблем взаимосвязи вариаций и изменений климата и их влияния на гидрологические процессы и совместное проведение двусторонних конференций и совещаний в этих целях.

Участники конференции отметили высокий научный и организационный уровень проведенной конференции, выразили благодарность ее организаторам и спонсорам. Было высказано мнение о целесообразности регулярного проведения подобных двусторонних конференций по проблемам изучения взаимного влияния (взаимодействия) климатических и гидрологических процессов.

**Russian–British Conference on Hydrologic Consequences of Climate Change
(Novosibirsk, June 13–15, 2007)****O. F. Vasil'ev^a, V. N. Lykosov^b, and I. I. Mokhov^c**

^a *Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Morskoi pr. 2, Novosibirsk, 630090 Russia*

^b *Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, ul. Gubkina 8, Moscow, 119333 Russia*

^c *A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Pyzhevskii per. 3, Moscow, 119017 Russia*

Abstract—An international conference and a seminar on hydrologic consequences of climate changes were held at Akademgorodok in Novosibirsk in 2007 (June 13–15). At the initiative of the British Council, the conference was organized by the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences within arrangements devoted to the 50th anniversary of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The conference was financially supported by the British Council, the Federal Water Resources Agency of the RF Ministry of Natural Resources, the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet), and the Russian Foundation for Basic Research. All in all, 65 leading specialists from institutes of the Russian Academy of Sciences, its Siberian Branch and Karelian Scientific Centre, the institutions of Rosgidromet and the Federal Water Resources Agency of the RF Ministry of Natural Resources, and from Great Britain (Southampton University, National Centre for Ecology and Hydrology, and consulting firm of HR Wallingford).