

- [22] Шляуна А. И. Неотектонически активные разломы и локальные структуры западной части Литвы и Латвии // Четвертичные отложения и новейшая тектоника ледниковых областей Восточной Европы. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. С. 63—64.

Апатиты,
Мурманская обл.
Lavrentieva@arcticsu.ru

Поступило в редакцию
10 марта 2011 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 6

© В. А. РУМЯНЦЕВ, Л. К. ЕФИМОВА, В. Ч. ХОН

О ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ВОДНОГО БАЛАНСА ВОДОСБОРОВ ОЗЕР ОНЕЖСКОГО И ИЛЬМЕНЬ В БУДУЩЕМ, ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КЛИМАТА RCAO

Показатели гидротермического режима водосборов озер существенно влияют на формирование их водного баланса, от которого зависят сток в озеро и, следовательно, объем водной массы, уровень и экологическое состояние озера. По этой причине исследования закономерностей формирования термического режима и водного баланса водосборов озер и их изменения при ожидаемых изменениях климата весьма актуальны и необходимы прежде всего для целей планирования природопользования и оценки динамики изменений водных запасов озер. Уже в течение ряда лет в Институте озероведения РАН и Институте физики атмосферы РАН проводится цикл таких исследований.

Результаты новейших разработок упомянутого коллектива, относящиеся к анализу формирования водных запасов озер при изменениях температуры приземного воздуха и водного баланса (разности между осадками и испарением) на водосборах Онежского озера и озера Ильмень, будут рассмотрены в данной статье. Данные результаты получены в расчетах, проведенных с использованием прогностической модели RCAO, разработанной в Центре им. Россби Метеорологического и гидрологического института Швеции. Следует заметить, что модель RCAO, как это отмечается во многих публикациях, отличается надежным воспроизведением климата в регионе, охватывающим Европу и примыкающие к ней акватории Атлантического океана [3]. Модель имеет горизонтальное разрешение, равное 49 км, при котором на водосборы Онежского озера (66 284 км²) и оз. Ильмень (67 300 км²) приходится достаточное для корректного воспроизведения моделируемых процессов количество узлов модельной сетки. Данные в узлах модельной сетки модели RCAO в наших расчетах усреднялись по водосборам озер с весами, пропорциональными широте.

В работе проанализированы результаты расчетов по модели RCAO для двух вариантов условий на ее границе, взятых из известных глобальных климатических моделей ECHAM4/OPYC3 (Метеорологический институт им. Макса Планка, Германия) и HadCM3 (Центра им. Гадлея, Великобритания) [2, 6]. Численные эксперименты проводились для двух 30-летних периодов: 1961—1990 гг. (контрольное интегрирование) и периода 2071—2100 гг., для которого были использованы сценарии A2 и B2 антропогенного роста в атмосфере концентрации парниковых газов и аэрозоля [4, 5]. Как известно, сценарий A2 характеризует верхний предел возможной эмиссии парниковых газов и соответствует максимальному увеличению эквивалентной концентрации углекислого газа (до 850 миллионов долей в 2100 г.). Сценарий B2 соответствует более низкому содержанию парниковых газов (до 620 миллионов долей в 2100 г.). Этот сценарий близок к инерционному прогнозу увеличения эмиссии парниковых газов, начиная

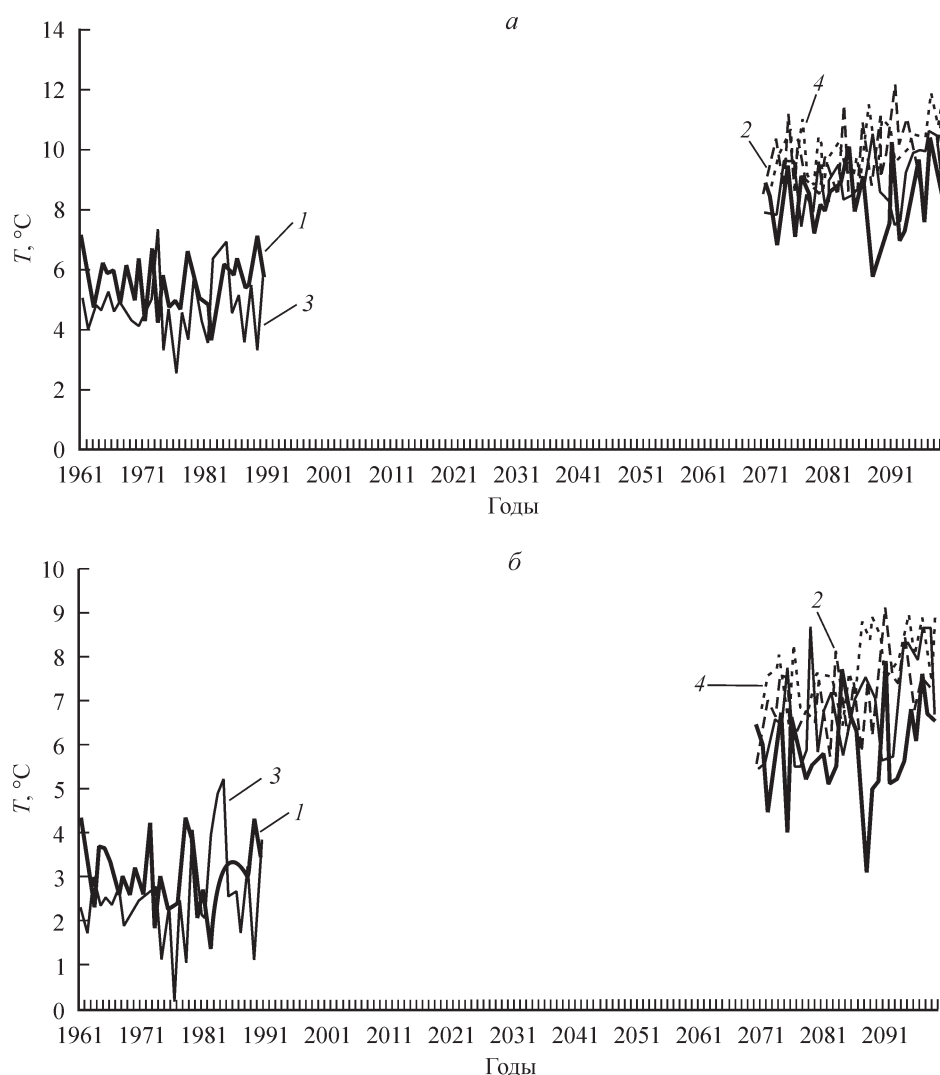


Рис. 1. Межгодовая изменчивость среднегодовой температуры приземного воздуха на водосборах озер Ильмень (а) и Онежского (б) по данным региональной модели RCAO с граничными условиями МРІ и НС в период 1961—1990 и 2071—2100 гг. для сценариев ІРСС возрастания антропогенных эмиссий парниковых газов и аэрозоля в атмосферу В2 и А2.

1 — 1961—1990, 2071—2100 НС В2; 2 — 2070—2100 НС АС; 3 — 1961—1990, 2071—2100 МРІ В2; 4 — 2071—2100 МРІ А2.

от ее современного уровня. Другими словами, такой сценарий соответствует более низкому и, по нашему мнению, более оправданному сценарию развития мировой энергетики.

Приводимые рисунки демонстрируют, как усредненные в расчетах по исследуемым водосборам оценки, полученные с использованием модели RCAO, описывают изменения температуры приземного воздуха и водного баланса (Р—Е) в период 2071—2100 гг. по сравнению с контрольным периодом 1961—1990 гг. Для краткости граничные условия, соответствующие глобальным моделям ECHAM4/OPYC3 и HadCM3, далее будут обозначаться как МРІ и НС.

На рис. 1 показана динамика среднегодовой температуры приземного воздуха на водосборах оз. Ильмень (а) и Онежского озера (б) с граничными условиями МРІ и НС

в период 1961—1990 и в период 2071—2100 гг., рассчитанная с использованием сценариев B2 и A2. Согласно графикам рис. 1 видно, что основной отличительной чертой динамики среднегодовой температуры приземного воздуха в регионах водосборов исследуемых озер (как, впрочем, и применительно ко всем известным климатическим сценариям для других регионов) является тенденция увеличения температуры приземного воздуха от периода 1961—1990 гг. до конца текущего века. Эта тенденция четко прослеживается и по результатам расчетов по модели RCAO, проведенных с использованием обоих рассмотренных вариантов граничных условий. При этом результаты, полученные с применением граничных условий ECHAM4/OPYC3, демонстрируют более значительное возрастание температуры, чем HadCM3.

Сопоставление результатов расчетов по региональной модели RCAO с граничными условиями как MPI, так и HC за период 1961—1990 гг. с данными наблюдений среднегодовой температуры приземного воздуха на водосборах исследуемых озер указывает на их хорошее соответствие. При этом значения температуры для водосбора оз. Ильмень выше, чем для Онежского озера (среднее значение по двум граничным условиям равно 2.4 °C). Заметим, что амплитуда межгодовых колебаний среднегодовой температуры приземного воздуха в оба рассмотренных временных промежутка на водосборе Онежского озера несколько выше, чем на водосборе оз. Ильмень.

Рассчитанные оценки возрастания среднегодовой температуры приземного воздуха на водосборах оз. Ильмень и Онежского озера от периода 1961—1990 к периоду 2071—2100 гг. для граничных условий ECHAM4 составили от 4 до 5 и 2.6—4 °C для граничных условий HadCM3. Данные оценки характеризуют возможный интервал возрастания температуры; они разнятся в силу различия сценариев эмиссий A2, B2, а также в силу различия прогностических сценариев по глобальным моделям, данные которых использованы при постановке граничных условий для региональной модели RCAO.

Воспроизведение моделью RCAO внутригодовой динамики температуры приземного воздуха иллюстрируют графики на рис. 2. Наиболее заметная тенденция увеличения среднемесячной температуры на исследуемых водосборах, согласно модельным данным, отмечается в зимний период, наименьшая — в летний. Применительно к конкретным месяцам проявление экстремальных тенденций прироста температуры внутри сезона при использовании граничных условий MPI и HC несколько различается. Так, анализ изменений дисперсии среднемесячных значений модельной температуры на водосборах исследуемых озер показывает, что максимальные значения дисперсии для обоих граничных условий, использованных в региональной модели, отмечаются в январе, минимальные — в летние месяцы. Это указывает на хорошее воспроизведение известной из эмпирических данных высокой изменчивости в зимний сезон и относительно низкой — в летний. Заметим, что применительно к летнему сезону для водосбора оз. Ильмень модельные данные показывают несколько больший разброс значений изменений температуры приземного воздуха, чем применительно к водосбору Онежского озера. Диапазон изменений значений среднемесячной температуры на исследуемых водосборах от первого периода ко второму, согласно сценариям B2, A2, также демонстрируют графики на рис. 2 (а, б).

В целом можно отметить, что межгодовые изменения среднегодовой температуры приземного воздуха и ее осредненный годовой ход на водосборах оз. Ильмень и Онежского озера воспроизводятся использованной в расчетах региональной моделью достаточно адекватно. По этой причине следует считать целесообразным использование модельных результатов для сценарных оценок будущих изменений термического режима исследуемых регионов.

Воспроизведение климатическими моделями атмосферных осадков сопряжено с известными трудностями, прежде всего в силу значительной пространственно-временной изменчивости этого метеорологического элемента. Это отмечается в ряде исследований [1], где говорится о неопределенности при воспроизведении внутригодовой динамики при удовлетворительном описании межгодовых изменений осадков для Ладожского водосбора. В данном смысле водосборы оз. Ильмень и Онежского озера не являются исключением. С учетом этого факта, в настоящей публикации будут приведе-

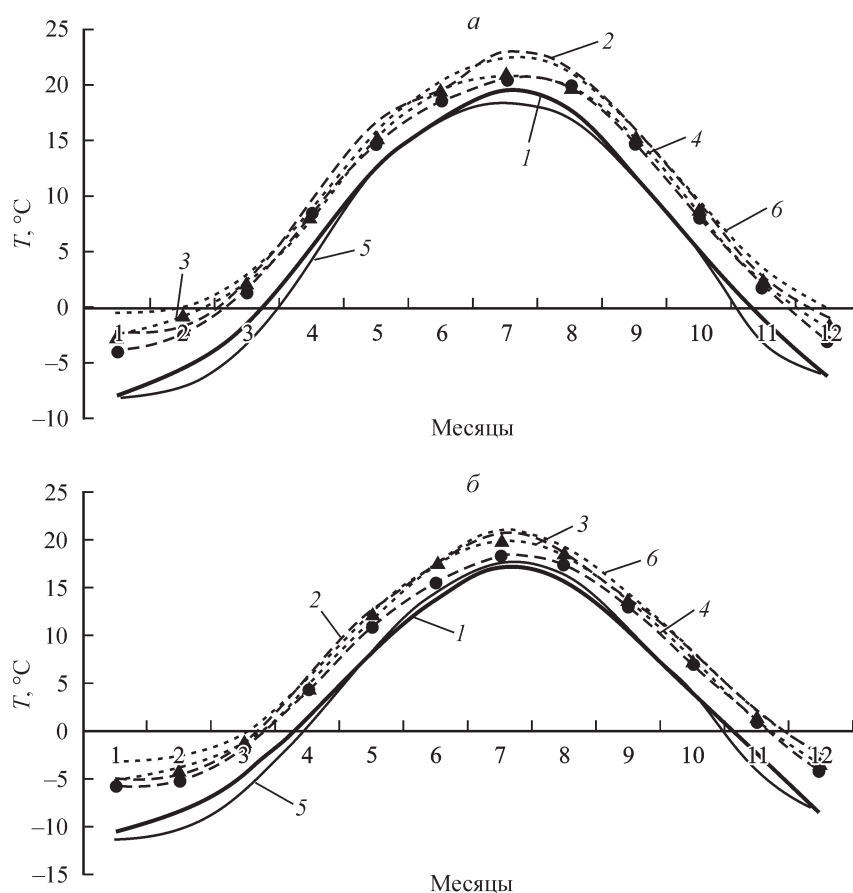


Рис. 2. Средний годовой ход температуры приземного воздуха на водосборах озер Ильмень (а) и Онежского (б) по данным региональной модели RCAO с граничными условиями МРІ и НС в период 1961—1990 и 2071—2100 гг. для сценариев В2 и А2.

1 — 1961—1990 НС, 2 — 2071—2100 НС А2, 3 — 2071—2100 МРІ В2, 4 — 2071—2100 НС В2, 5 — 1961—1990 МРІ, 6 — 2071—2100 МРІ А2.

ны результаты модельных расчетов воспроизведений межгодовых изменений водного баланса (разности атмосферных осадков и испарения) на водосборах исследуемых озер.

Межгодовые изменения средних величин годового водного баланса водосбора Онежского озера, полученные в расчетах с использованием региональной модели RCAO с граничными условиями МРІ и НС для контрольного периода 1961—1990 гг. по упомянутым выше сценариям возрастания антропогенной эмиссии парниковых газов и аэрозоля В2 и А2 в будущем, иллюстрируются графиками на рис. 3.

Описание динамики водного баланса Онежского озера региональной моделью RCAO показывают его существенные межгодовые колебания в оба обозначенных периода при некотором возрастании амплитуды для обоих граничных условий. Тенденция изменений смоделированного водного баланса водосбора от контрольного периода к последнему тридцатилетию текущего столетия характеризует его увеличение, причем разное в зависимости от использованных граничных условий и сценариев. Так, применительно к граничным условиям МРІ результаты расчетов показывают заметно больший рост водного баланса от первого ко второму временному промежутку, чем для граничных условий НС. Водный баланс водосбора Онежского озера при использовании граничных условий МРІ возрастает на 25 (сценарий В2) и 28 % (сценарий А2), для граничных условий НС эти величины составляют соответственно 2.7 и 2.8 %.

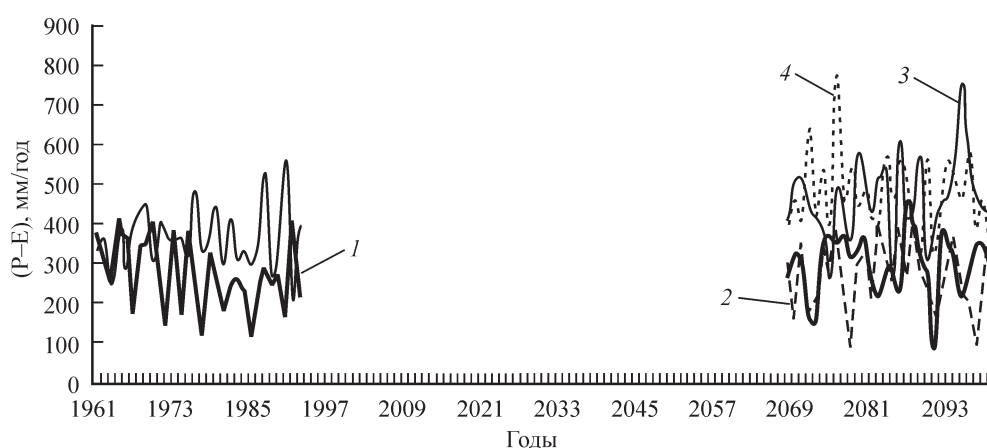


Рис. 3. Межгодовая изменчивость среднегодового водного баланса $(P-E)$ водосбора Онежского озера по данным региональной модели RCAO с граничными условиями МРІ и НС в контрольный период 1961—1990 гг. и со сценариями возрастания антропогенных эмиссий парниковых газов и аэрозоля в атмосферу В2, А2 в период 2071—2100 гг.

1 — 1961—1990, 2071—2100 НС В2; 2 — 2071—2100 НС А2; 3 — 1961—1990, 2071—2100 МРІ В2; 4 — 2071—2100, МРІ А2.

Результаты расчетов межгодовых изменений средней годовой величины водного баланса водосбора оз. Ильмень в контрольный период 1961—1990 гг. и в период 2071—2100 гг. иллюстрируются графиками на рис. 4. В данном случае можно отметить достаточно большие колебания водного баланса в контрольный период 1961—1990 гг., которые возрастают к концу текущего столетия. Что касается тенденций изменений водного баланса оз. Ильмень в будущем, здесь в отличие от водосбора Онежского озера проявляются разные тенденции в зависимости от использованных граничных условий. Так, при граничных условиях МРІ водный баланс водосбора этого озера возрастает от периода 1961—1990 гг. к периоду 2071—2100 гг., при использовании же граничных условий НС он немного уменьшается.

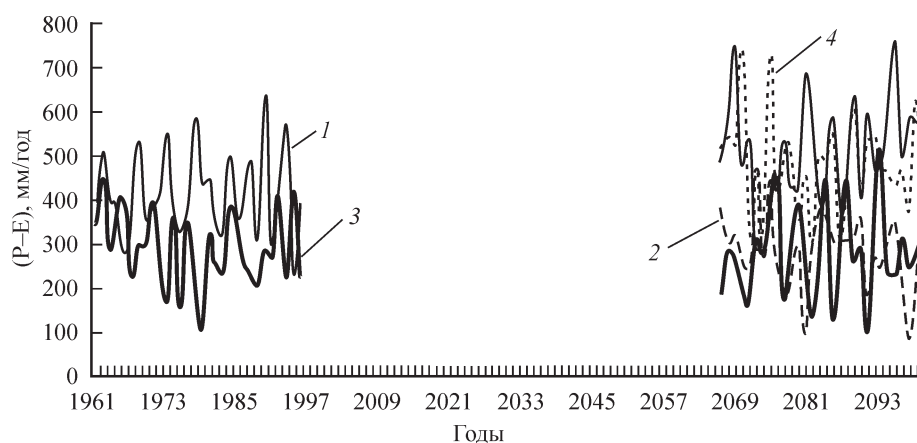


Рис. 4. Межгодовая изменчивость среднегодового водного баланса $(P-E)$ водосбора оз. Ильмень по данным региональной модели RCAO с граничными условиями МРІ и НС в контрольный период 1961—1990 гг. и со сценариями возрастания антропогенных эмиссий парниковых газов и аэрозоля в атмосферу В2, А2 в период 2071—2100 гг.

1 — 1961—1990, 2071—2100 МРІ В2; 2 — 2071—2100 НС А2; 3 — 1961—1990, 2071—2100 НС В2; 4 — 2071—2100 МРІ А2.

Для получения оценок изменений водного баланса водосбора оз. Ильмень в будущем были вычислены изменения его средних величин в тридцатилетие 2071—2100 гг. по отношению к контрольному периоду. Расчеты показали, что в случае использования граничных условий МРІ величины водного баланса оз. Ильмень принимают более низкие значения, чем в случае Онежского озера, показывая увеличение по сравнению с контрольным периодом на 13 и 23 % в зависимости от сценариев. При использовании же граничных условий НС водный баланс уменьшается на 3.3 и 4.3 % соответственно.

В целом исходя из изложенного выше можно отметить, что согласно результатам расчетов по региональной модели RCAO водный баланс водосбора Онежского озера к концу текущего века может немного возрасти; что же касается водосбора оз. Ильмень, существенных изменений его баланса не должно произойти.

В заключение можно сказать, что приведенные результаты расчетов по региональной модели RCAO с граничными условиями, заимствованными у глобальных моделей изменений климата ECHAM4 и HadCM3, могут быть использованы в качестве ориентировочных сценарных оценок возможных изменений температуры приземного воздуха и водного баланса Онежского озера и оз. Ильмень при будущих изменениях климата, вызванных возрастанием эмиссии парниковых газов и аэрозоля.

Данная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00109).

Список литературы

- [1] Румянцев В. А., Ефимова Л. К., Голицын Г. С., Хон В. Ч. Вариации температурного и гидрологического режимов на водосборном бассейне Ладожского озера в XX и XXI веках по данным современных моделей климата // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. М.: Наука, 2010. № 1. С. 26—34.
- [2] Collins M., Tett S. F. B., Copper C. The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments // Clim. Dyn. 2001. V. 17. P. 61—81.
- [3] Doscher R., Willen U., Jones C., Rutgersson A., Meier H. E. M., Hansson U. and Graham L. P. The development of the regional coupled ocean—atmosphere model RCAO. Boreal Environmental Research, 2002. V. 7. P. 183—192.
- [4] Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noquer M., van der Linden P. J., Dai X., Maskell K. and Johnson C. A. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, 2001. 881 p.
- [5] Nakicenovic N. With coauthors. Emission Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2000. 299 p.
- [6] Roeckner N. A., Arpe K., Bengtsson L. et al. The atmospheric general circulation model ECHAM-4. Model description and simulation of present-day climate // Rep. N 218. Max Planck-Institute for Meteorology. Hamburg, 1996. 90 p.

Санкт-Петербург

Поступило в редакцию
28 июня 2011 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 6

© Ю. В. ВЕРТАКОВА, В. А. ПЛОТНИКОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ

Российская Федерация — государство с ярко выраженными региональными различиями. В этой связи одной из основ совершенствования управления территориальными социально-экономическими системами является дифференциация конкретных ме-