

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.  
Материалы IX международной конференции  
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия  
Петрозаводск, 2005. С. 239-243.

## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ВОДОСБОРЕ БЕЛОГО МОРЯ

Л.Е. НАЗАРОВА

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск*

В результате статистического анализа данных метеорологических наблюдений, проводившихся в районе Карельского побережья Белого моря в период с 1950 по 2000 г., были выявлены изменения климатических условий региона. В соответствии с результатами моделирования на модели ECHAM4/OPYC3 в изучаемом районе во второй половине XXI века возможны заметные изменения климатического и гидрологического режима.

**L.E. Nazarova. Climate changes on the White Sea watershed** // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 239-243.

As a result of the statistical analysis of the meteorological data for the White Sea region for the period 1950-2000 noticeable changes were detected. Numerical experiments on the ECHAM-4/OPYC3 model show changes in the climate and hydrological regime. Obtained results allow assuming that in Karelia during the 2000-2050 period slow changes in the landscape ecosystems may start.

В последние годы проблема изменения климата вызывает особый интерес у специалистов из разных областей науки и техники, особенно в связи с выявленным заметным повышением температуры воздуха (глобальным потеплением). Однако, наблюдаемое потепление весьма неоднородно в пространстве. На уровне регионов обнаруживается существенно более серьезная пространственная и временная неоднородность в тенденциях изменений климата по сравнению с изменениями в пространственных масштабах полушарий и земного шара.

Средняя годовая температура воздуха в районе Карельского побережья Белого моря колеблется от  $-0,4^{\circ}\text{C}$  в северной части до  $1,3^{\circ}\text{C}$  в южной. Самый холодный месяц года – январь ( $-10,1\dots-12,8^{\circ}\text{C}$ ). В отдельные годы минимальные годовые температуры воздуха могут отмечаться в любой из зимних месяцев. Так понижение температуры до  $-47^{\circ}\text{C}$ , отмеченное на метеорологической станции (МС) Колежма, было зарегистрировано в феврале (1946 г.).

Самым теплым месяцем в году является июль, со средней месячной температурой воздуха  $13,9-14,7^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температуры воздуха составляет  $+35^{\circ}\text{C}$  (МС Колежма, Кемь). Годовая амплитуда температуры воздуха в рассматриваемом районе  $24-27^{\circ}\text{C}$ .

Региональные изменения приземной температуры воздуха в исследуемом районе не отражают положительные тенденции изменения глобальной температуры. На рис. 1 показан временной ход средней годовой температуры воздуха по данным метеорологических станций Зашеек (Мурманская обл.), Лоухи и Колежма. Очень слабая тенденция к потеплению ( $0,1^{\circ}\text{C}/60$  лет) отмечается в Колежме, в

остальных пунктах наблюдений тренд изменения температуры воздуха отрицателен.

Оценка направленных изменений приземной температуры воздуха по месяцам позволила сделать вывод, что наиболее четко положительный линейный тренд средней месячной температуры выражен в марте и составляет на разных станциях Карелии от  $3,1$  до  $5,1^{\circ}\text{C}$  за 50 лет. Причем только в этом месяце он значим по критерию Стьюдента на 95%-ном уровне на всех станциях. Апрель теплеет существенно медленнее, чем март (от  $0,5$  до  $2,1^{\circ}\text{C}/50$  лет). Тенденции эти статистически незначимы, но также отмечаются на всех станциях. Рост значений температуры воздуха весной приводит к более раннему наступлению периода с температурами выше  $0, 5$  и  $10^{\circ}\text{C}$  и увеличению продолжительности теплого и вегетационного периодов, причем наиболее существенные изменения коснулись дат весеннего перехода через  $0^{\circ}\text{C}$ .

Тенденции к потеплению за период с 1951 по 2000 гг. наблюдаются с января по май. В летний период и значительную часть осеннего сезона изменения температуры разнонаправленны и малы по абсолютной величине (меньше  $1,7^{\circ}\text{C}/50$  лет). К ноябрю они сменяются тенденцией к похолоданию на  $0,4-1,1^{\circ}\text{C}/50$  лет практически на всей территории региона. Следует обратить внимание на явное преобладание положительных тенденций (увеличение температуры воздуха) в годовом ходе.

Анализ сезонных температур воздуха по метеорологическим станциям, расположенным на севере европейской территории России, позволил сделать вывод, что для различных районов исследуемой территории тенденции изменения температуры различны

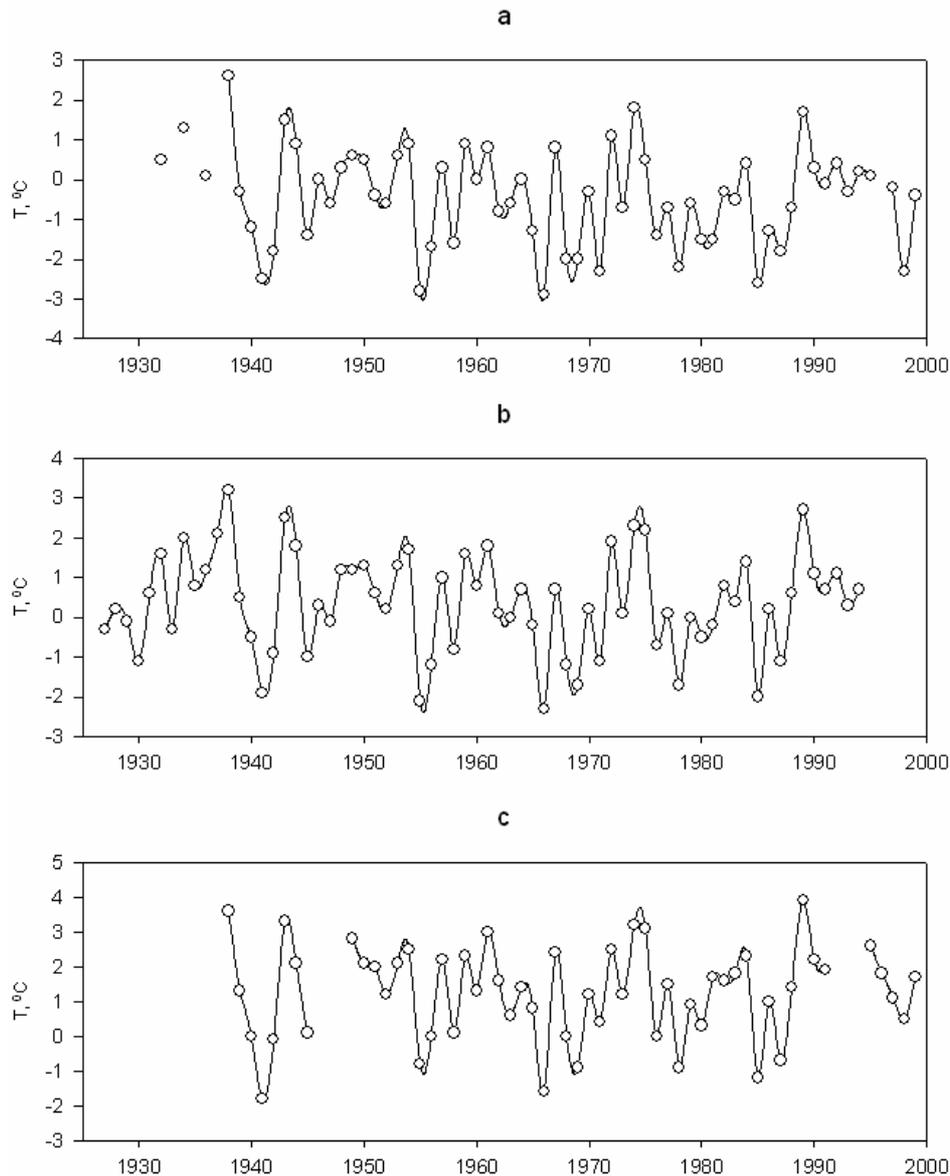


Рис. 1. Значения среднегодовой температуры воздуха для МС Зашеек (а), Лоухи (в) и Колежма (с) за периоды инструментальных наблюдений

для одних и тех же сезонов года. Только весенняя температура воздуха имеет положительные тренды (до  $+3.5^{\circ}\text{C}/100$  лет) по всей изучаемой территории. Для остальных сезонов районы с положительными значениями трендов расположены, в основном, в южной части региона вблизи крупнейших озер Европы – Ладожского и Онежского.

Сравнительный анализ показывает, что на территории Кольского полуострова потепление более заметно по сравнению с Карелией. Например, за период 1880-1999 гг. в Мурманске ( $69^{\circ}\text{с.ш.}$ ) линейный тренд годовой температуры воздуха равен  $+0.8^{\circ}\text{C}$  за 100 лет, в то время как в Петрозаводске ( $62^{\circ}\text{с.ш.}$ ) за этот же период – только  $+0.17^{\circ}\text{C}$ .

Важным метеорологическим элементом являются атмосферные осадки. Однако оценки, касаю-

щиеся изменений количества осадков, существенно менее надежны, чем аналогичные оценки для температуры воздуха. Это вызвано как трудностями непосредственно инструментальных измерений (в особенности, твердых осадков в зимний период), так и неоднородностью рядов наблюдений на метеорологических станциях, связанных с изменениями наблюдательной практики. Режим осадков рассматриваемого региона может быть представлен следующим образом. При переходе от высоких к более умеренным широтам осадки, как правило, увеличиваются, т.е. в их пространственном распределении можно выделить определенную зональность. Внутри года количество выпадающих осадков распределено неравномерно. Наибольшее количество осадков выпадает в период с июня по октябрь – 280-

320 мм, что составляет приблизительно 60% годовой суммы. Наименьшие суммы осадков характерны для февраля-марта (17-26 мм за каждый месяц). Вообще в течение теплого периода (апрель-октябрь) в рассматриваемом районе выпадает 71-75% годового количества осадков. В среднем за год жидкие осадки составляют 55-65%, твердые – 20-30%, смешанные – 13-18%.

Анализ изменений количества осадков в Карелии за период 1951-2000 гг. позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на разнонаправленность линейных трендов месячных сумм осадков в течение года, наблюдается рост годовых сумм осадков для всех районов республики во второй половине XX века. Тенденция к увеличению количества осадков отмечается на всех станциях в период с октября по апрель. С мая по сентябрь по метеостанциям в различных районах Карелии отмечается как увеличение, так и уменьшение сумм осадков за месяц.

На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности местности и характер подстилающей поверхности, ведущие к нарушению плавного хода изменения количества выпадающих осадков. В районе побережья Белого моря в границах Карелии отмечаются наименьшие в республике годовые суммы осадков (500-550 мм). Равнинная, покатая к Белому морю территория побережья в средней и северной части покрыта огромными массивами болот, открыта для воздействия ветров на значительные расстояния, вплоть до возвышенностей западной Карелии. При таких условиях рельефа влияние Белого моря сказывается здесь в смягчении среднегодовых температур воздуха, а также в создании минимума осадков в северной приморской полосе. Летом Белое море холоднее суши, и воздух, поступающий с моря на сушу, нагревается и при этом не только не выделяет свою влагу, а наоборот поглощает образовавшуюся на суше влагу.

Для оценки возможных изменений основных характеристик климата исследуемой территории были использованы данные численной модели глобальной циркуляции атмосферы, разработанной в Метеорологическом институте Макса Планка, Германия. Расчеты по модели были проведены за период 1850-1990 гг. (контрольный период для сопоставления модельных и инструментальных данных как по регионам, так и для всего Земного шара), а также на перспективу (2000-2100 гг.) по двум сценариям изменения климата. В качестве сценариев использовались оценки возможного изменения (увеличения) парниковых газов. В первом случае (сценарий G) предполагается удвоение содержания углекислого и других парниковых газов в атмосфере Земли на период 2000-2100 гг., во втором (GA) сценарии дополнительно учитывается увеличение аэрозолей техногенного происхождения.

Для оценки соответствия данных наблюдений и модельных данных месячных и годовых осадков и температуры воздуха, полученных для отдельных

метеостанций, было проведено сравнение с данными в наиболее близко расположенных узлах модели. Анализ измеренных и модельных данных для отдельных станций показал хорошее соответствие среднемесячных значений температуры воздуха, однако для месячных сумм осадков связь неудовлетворительна.

Для оценки возможных климатических изменений для Карелии и Кольского полуострова рассматривались основные статистические характеристики (норма, максимум и минимум температуры воздуха и осадков, линейные тренды), которые сравнивались с аналогичными характеристиками современного климата. Анализ этих данных показывает, что общая тенденция увеличения годовых температур воздуха и осадков будет сохраняться при новых климатических условиях.

В соответствии с результатами моделирования на модели ЕСНАМ4/ОРУС3 в изучаемом регионе возможны заметные изменения климатического режима. В новых климатических условиях возможно смещение годовых изотерм и изогет в северном направлении (Рис. 2 и 3). Для Кольского полуострова по обоим сценариям климатическая норма годовой температуры воздуха может увеличиться от  $-0,7$  до  $0,2^{\circ}\text{C}$ , годовые суммы осадков в средних многолетних значениях возрастут от 460 до 482-486 мм.

Аналогичные изменения возможны и в Карелии: рост годовой температуры воздуха от  $1,6$  до  $2,7-3,0^{\circ}\text{C}$ , увеличение годовых сумм осадков от 582 до 610-635 мм. В настоящее время наиболее значительные положительные тренды температуры воздуха отмечены в весенние сезоны по всей изучаемой территории, в то время как в будущем по обоим сценариям наибольшие положительные тренды будут характерны для зимних сезонов (декабрь-февраль). Для новых климатических условий характерно будет увеличение годовых амплитуд температуры воздуха.

Значение годовой амплитуды воздуха используются для определения степени континентальности климата. Континентальность климата это совокупность характерных особенностей климата, определяемых воздействием материка на процессы климатообразования. Величина годовой амплитуды температуры воздуха возрастает с удалением вглубь материка. В основе большей части попыток количественного выражения континентальности климата лежит представление ее в виде той или иной функции от годовой амплитуды температуры воздуха. Известно около 20 вариантов вычисления индекса континентальности (ИК), предложенных разными авторами.

Для территории Карелии были рассчитаны индексы континентальности климата Горчинского по данным за период 1951-2000 гг. для всех станций наблюдения. Величины ИК в основном составляют 25-30%, что свидетельствует о наличии у климатических условий на территории республики черт

морского климата. Лишь в юго-восточных районах Карелии значения ИК возрастают до 34-35 %. На основании полученных результатов была построена карта-схема расположения районов с переходным и континентальным климатом в настоящее время по данным за последние 50 лет и при возможных климатических изменения в регионе согласно сценарию изменения климата до 2050 г (Рис. 4).

По рис. 4. можно проследить возрастание степени континентальности климата по мере удаления в глубь материка в настоящее время. Над крупными озерами ИК имеют наименьшие значения: 21,7% -

Валаам ( Ладожское озеро), 28,5% – Василсин, 28,7% - Маячный (Онежское озеро).

Рассчитанные по методу Горчинского индексы континентальности показывают, что в новых климатических условиях континентальность климата Карелии возрастет. Переходный к морскому климат сохранится лишь в районах, прилегающих к крупным водоемам (Белому морю и Ладожскому озеру). Причем, поскольку годовые амплитуды температуры воздуха увеличатся менее значительно по сценарию Tg, то и области, где сохранится переходный к морскому климат (индекс континентальности менее 34 %) будут более обширны по этому сценарию.

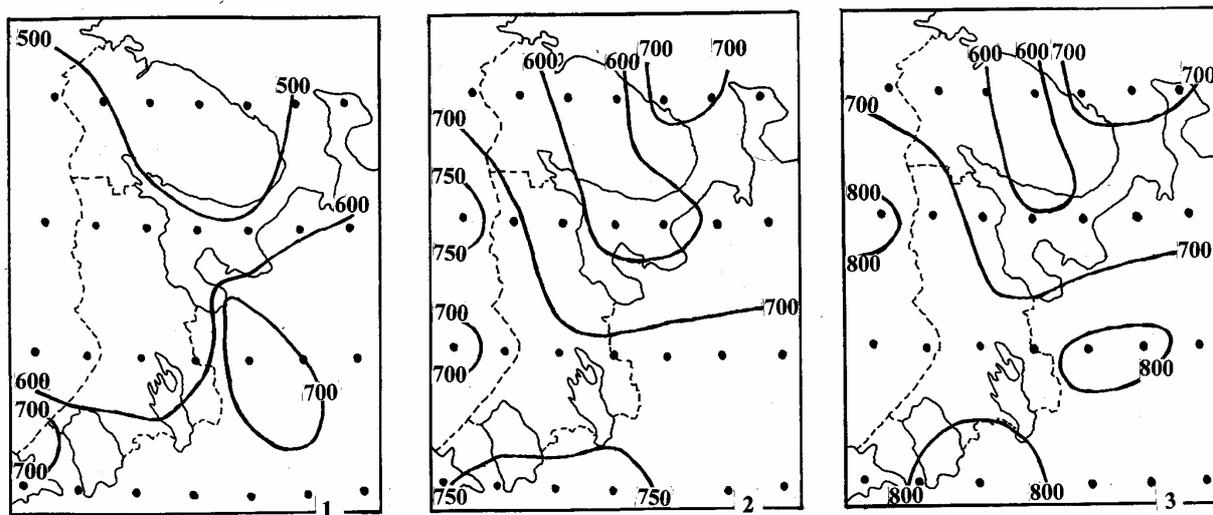


Рис. 2. Пространственное распределение нормы годового количества осадков для периода 1950-2000 гг (1) и 2000-2050 гг. по сценариям GA (2) и G (3) соответственно

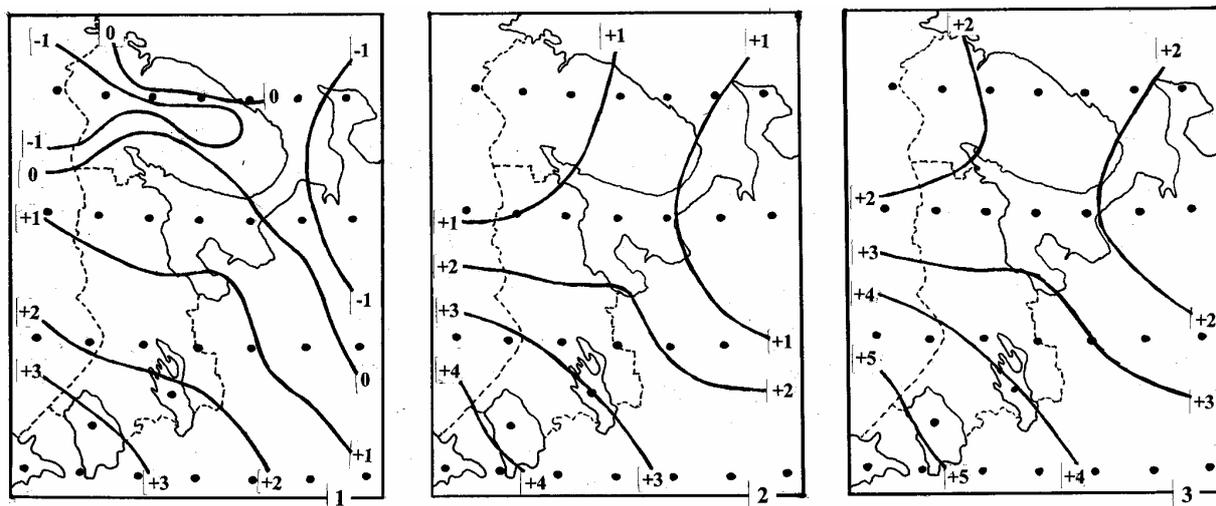


Рис. 3. Пространственное распределение нормы годовой температуры воздуха для периода 1950-2000 гг. (1) и 2000-2050 гг. по сценариям GA (2) и G (3) соответственно

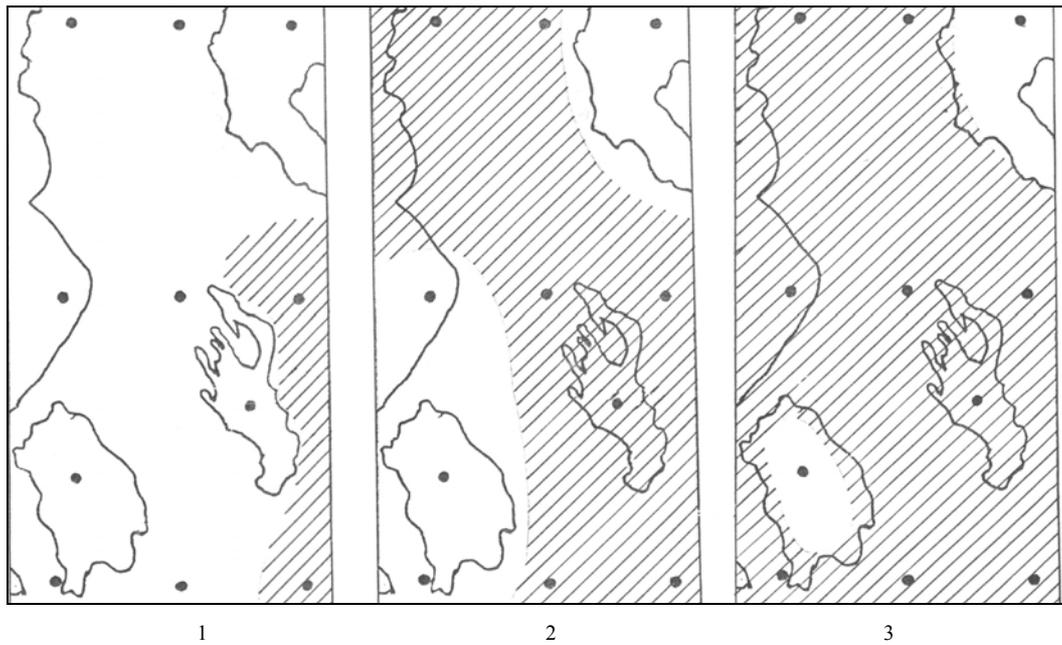


Рис. 4. Районы Карелии с переходным и континентальным (заштриховано) климатом за период 1951-2000 гг.(1), и возможным климатом при потеплении по сценарию G (2), Ga (3)