УДК 551.582

Н. В. Двоеглазова

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Представлен обзор фактов климатических изменений разномасштабных объектов исследования, в том числе Арктической области, играющей роль индикатора глобальных процессов, происходящих на всей планете. Отслеживаются колебания климатических показателей Калининградской области за многолетний период. Проведена оценка скорости изменения температуры в Калининграде и других субъектах области, оборудованных метеостанциями. Выявлена причинно-следственная связь поведения тех или иных показателей.

In this article, I examine climate change facts relating to study objects of different scales, particularly, the Arctic, which serves as an indicator of global processes taking place across the planet. I track long-term fluctuations in the climatic parameters of the Kaliningrad region. Further, I estimate the rate of temperature change in Kaliningrad and other locations that have weather stations and establish the cause-and-effect relationship in the behavior of various indicators.

Ключевые слова: Калининградская область, изменение климата, глобальное потепление, парниковый эффект, Арктика, климат.

Keywords: Kaliningrad region, climate change, global warming, greenhouse effect, Arctic, climate.

Введение

Климатическая система Земли, в которой океан играет исключительно важную роль, эволюционирует, переходя из одного состояния равновесия в другое. Это равновесие динамично, оно сохраняется во времени, при этом количественные параметры (например температура приземного слоя атмосферы) колеблются в некоторых пределах, которые как раз и описывают текущее состояние равновесия. Переходы из одного состояния в другое вызываются внешними (солнечное излучение) или внутренними (вулканическая активность) воздействиями. В настоящий момент главной причиной современных изменений климата считается эмиссия парниковых газов, обусловленная антропогенным влиянием. Прибрежные регионы являются такими же источниками эмиссии парниковых газов, как и остальные субъекты. Но одинаковы ли в них проявления климатических изменений? Для прибрежных регионов более остро стоит вопрос проведения мероприятий по адаптации к климатическим изменениям (изменение хозяйственной деятельности для снижения угроз и получения выгод от данного климатического

© Двоеглазова Н. В., 2019
Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2019. № 1. С. 35 – 45.

процесса), так как наличие густой гидрографической сети области с уже имеющимися уязвимыми при подтоплениях местами [3] в результате климатических изменений может оказать пагубное воздействие на состояние территорий области.

Настоящая работа впервые для Калининградской области проводит анализ современной динамики показателей многолетних климатических характеристик. Ее оценки полезны для разработки регионального плана действий по адаптации к изменениям климата, кроме того, позволяют выявить пробелы в исходных данных. Работа направлена на более детальное изучение вопроса о глобальном потеплении на примере Арктики как индикатора этих изменений и Калининградской области как потенциально подверженного последствиям этих изменений региона.

Методология

Для определения актуального направления динамики температурного режима в работе проводится анализ многолетних среднегодовых показателей температуры. Исходные данные в виде среднемесячных температур заимствованы у ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных») с помощью Автоматизированной информационной системы обработки режимной информации (АИСОРИ), предназначенной для получения любых выборок табличной структуры из ЯОД-архивов через браузер компьютера. Разработка технологии АИСОРИ принадлежит ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Росгидромета (г. Обнинск, Калужская область). Обработка полученной информации была проведена посредством программы Microsoft Exel.

Факторы глобального изменения климата

Для регулирования отношений между странами в области степени воздействия человека на климатические изменения уже существует ряд документов: Рамочная конвенция ООН об изменении климата (Framework Convention on Climate Change, UN FCCC) (Рио-де-Жанейро, 1992), включающая 180 стран, Киотский протокол (Киото, 1997) — дополнение к Рамочной конвенции ООН, Парижское соглашение (Нью-Йорк, 2016). Это говорит о том, что попытки решения проблемы неблагоприятного влияния человека на климат уже предпринимаются на международном уровне. А это следующая ступень после изучения проблемы. Следовательно, проведение более подробных исследований на данную тему чрезвычайно важно.

Современные климатические изменения — факты, полученные в результате научной работы не одного ученого. Их приурочивают к росту антропогенных выбросов парниковых газов (рис. 1), всплеск которых после 70-х гг. XX в. объясняют индустриализацией общества [10].

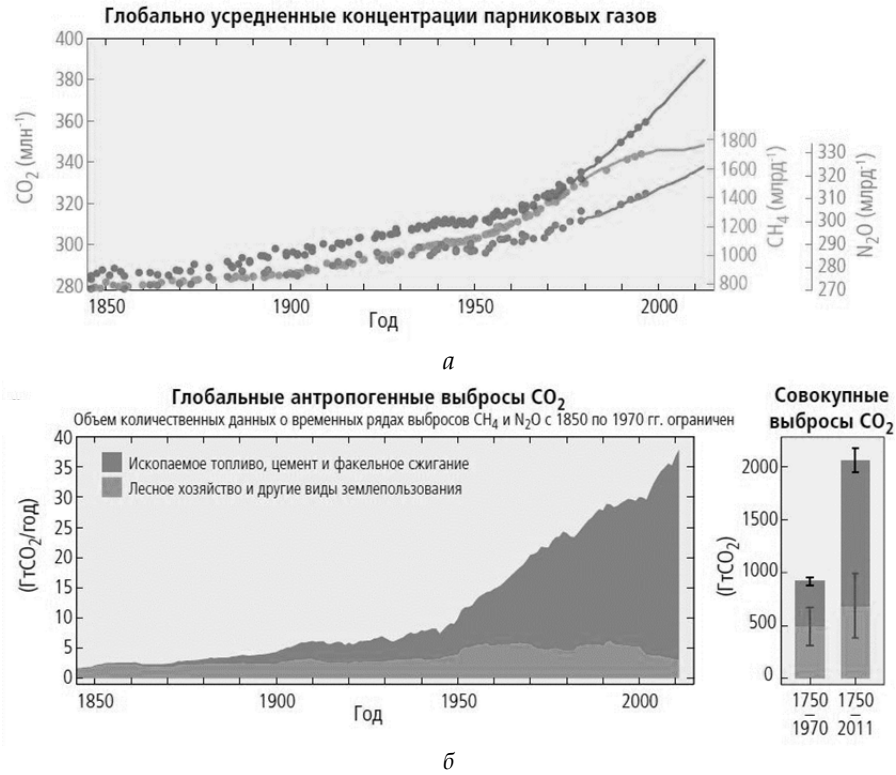

Рис. 1. Глобальные выбросы парниковых газов:
а — атмосферные концентрации диоксида углерода (CO_2, зеленый), метана (CH_4, оранжевый) и оксида азота (N_2O, красный), определенные по данным кернов льда (точки) и прямых атмосферных замеров (линии); *б* — антропогенные выбросы углекислого газа в результате лесного хозяйства и других видов землепользования, а также сжигания ископаемого топлива, производства цемента и факельного сжигания. Совокупные выбросы CO_2 из этих источников и их неопределенность показаны соответственно в виде столбиков и усов с правой стороны

Источник: [10].

Непрерывный выброс парниковых газов вызовет дальнейшее потепление и долгосрочные изменения во всех компонентах климатической системы, повышая вероятность тяжелых, всеобъемлющих и необратимых воздействий на людей и экосистемы. Для ограничения изменения климата потребуется существенное и устойчивое сокращение выбросов парниковых газов, которые в сочетании с адаптацией могут ограничить риски изменения климата [10].

Если современная тенденция повышения температуры сформировалась под влиянием антропогенных факторов, то из-за нарушения баланса составляющих атмосферы она продолжится, усиливая действие парникового эффекта. Следствием этого будет таяние Арктических льдов, что, в свою очередь, может еще больше ускорить процесс потепления климата, так как с уменьшением площади льдов уменьшится альбедо (отражающая способность) и увеличится объем поглощения

тепловой энергии земной поверхностью, ее нагревание. Только ледяные шапки планеты за счет отражения солнечного излучения охлаждают нашу Землю на 2 °С, а покрывающий поверхность океана лед существенно замедляет процессы теплообмена между относительно теплыми океаническим водами и более холодным поверхностным слоем атмосферы. Кроме того, над ледяными шапками практически нет главного парникового газа — водяного пара, так как он выморожен. Глобальное потепление будет сопровождаться подъемом уровня мирового океана, что может вызвать частичное затопление многих прибрежных территорий.

Изменение климата, наблюдаемое учеными в настоящее время, продолжается не первое десятилетие. На данный процесс оказывают влияние следующие факторы: антропогенное воздействие, увеличение потока приходящей солнечной радиации, уменьшение роли аэрозольного рассеяния, внутренние колебания климатической системы, состоящей из атмосферы, океана, гидросферы, суши и криосферы, изменение положения планеты на орбите.

Антропогенный фактор как самый пагубный для наземной экосистемы изучается продолжительное время и регулируется на международном уровне, но еще не изучен до конца и механизм его международного и внутреннего регулирования не отработан в совершенстве.

Региональные климатические изменения на примере Арктического бассейна. Арктика как индикатор глобального температурного тренда

Климатическая система характеризует климат, формирующийся под воздействием солнечного излучения, падающего на Землю. Арктика — это окраинная часть северных континентов, принадлежащая полярной части Земли, Северный Ледовитый океан.

Арктический климат формируется под влиянием Северного Ледовитого океана и континентальных массивов суши. Также на него оказывает влияние близость к полюсу. Главная отличительная черта полярного климата — низкие температуры в течение всего года. На протяжении полярной ночи солнечный свет и тепло практически или совсем не поступают в регион и 50—150 суток поверхность Арктики непрерывно остывает. Средние температуры воздуха в этот период времени составляют около –30 °С. Когда же наступает полярное лето, солнце в Арктике несколько месяцев светит круглыми сутками. Отсутствие тепла в это время объясняется расходованием его на таяние снега и льда небольшим углом падения солнечных лучей, эффектом альбедо (отражением снегом и льдом солнечных лучей). Июль как самый теплый месяц на большей части территории имеет температуру близкую к 0 °С [30].

Арктический воздух не насыщен водяным паром, что определяет и малое количество атмосферных осадков (100—200 мм). Несмотря на приморские и островные положения арктических земель, определяющим фактором здесь являются низкие температуры. Избыточное увлажнение же — следствие невозможности испарения даже малого количества влаги.

Ледяной покров Арктики крайне важен, так как он регулирует океанологические и климатические условия на планете (например усиливает отражающую способность планеты, не давая солнечной радиации создать эффект перегрева). Также льды препятствует развитию волновых колебаний.

За историю инструментальных наблюдений с 1880 г. в Арктике были зафиксированы две волны потепления (рис. 2): первая — в 1930-х гг. и вторая — начиная с 1970-х гг.

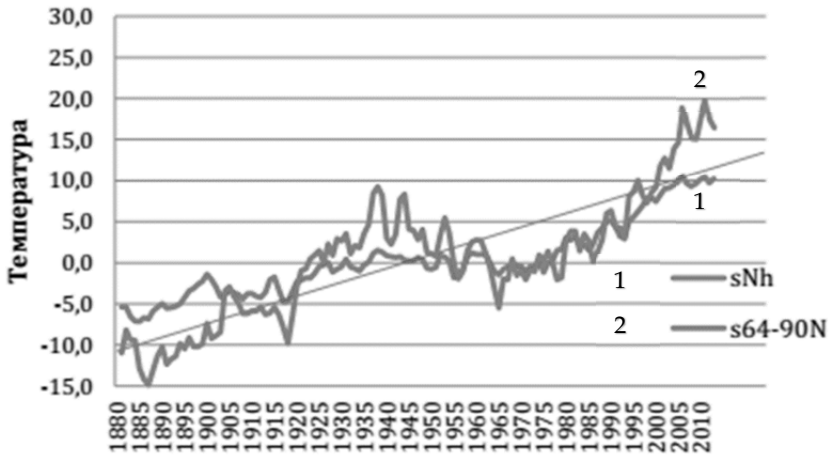

Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха в Арктике на широтах 64—90° с. ш.

Источник: [27; 28].

Объясняются упомянутые скачки усилением парникового эффекта от антропогенного повышения концентрации углекислого и других парниковых газов в атмосфере.

Общая масса арктического льда, по сравнению с уровнем 1980-х гг., уменьшилась на 70 %. В сентябре 2012 г. площадь ледяного покрова достигла своего минимума за все время наблюдения, составив 3346,2 тыс. км². Площадь многолетнего льда также стремительно уменьшается: наиболее низких показателей достигли море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское моря — 65 % от нормы. Понизилась и плотность льда. В 2013—2014 гг. таяние ледового покрова происходило гораздо медленнее, его минимум зафиксировался на отметке 5000—5100 тыс. км² (против 3346,2 тыс. в 2012 г.). Небольшое увеличение массы и площади льда в 2013—2014 гг. не стоит считать изменением тенденции исчезновения ледовой шапки, однако скорость оказалась гораздо медленнее прогнозов. Общие потери льда за 2003—2013 гг. составили 4,9 %.

Арктические тенденции изменения климата характеризуются следующими показателями:

— увеличением средних значений температуры воздуха (рис. 2);

— повсеместным увеличением речного стока: практически по всей Арктике наблюдается рост речного стока, а весенний максимум стал наблюдаться раньше обычного;

— уменьшением площади снежного покрова: в Арктике его площадь за последние 30—40 лет уменьшилась на более чем 10 %;

— ростом количества осадков: в Арктике за последние 100 лет количество увеличилось примерно на 10 %;

— ускорением таяния вечной мерзлоты: за последние несколько десятков лет температура вечной мерзлоты увеличилась на 2 °С;

— уменьшением речного и озерного ледового покрова: на арктических реках и озерах сезон ледостава сокращается в последнее время на 3—4 недели;

— таянием ледников: Аляска лидирует по скорости отступления ледников;

— отступлением летней морской ледовой границы: за последние 100 лет в Северном Ледовитом океане площадь морских льдов сократилась на 15—20 %;

— опреснением океанических вод: наблюдается уменьшение солености вод на Севере Атлантического океана. Это обусловлено увеличением притока пресной воды, источниками которой являются как реки, так и таяние льдов [18].

Климатические сдвиги в Арктической области выступают одним из индикаторов глобального изменения климата, то есть происходящего на всей планете, причиной которого в большей степени стало антропогенное воздействие.

Положительный результат климатических изменений в сторону увеличения среднегодовой температуры в Арктике будет проявляться как в развитии и увеличении объемов добычи шельфовых минеральных ресурсов северных морей, так и в развитии качества перспективной транспортной магистрали Северного морского пути. Однако такое использование арктического пространства поставит под угрозу коренную природную среду полярной области.

Арктика представляет собой уникальный регион в том числе и в особенностях формирования температурного режима. Ее тепловой режим в большей степени определяет величина адвективного тепла. Это тепло задерживается атмосферой и переносится воздушными и океаническими потоками и течениями из нижних земных широт. Радиационный баланс в высоких широтах преимущественно отрицательный. Количество адвективного тепла в Арктике напрямую зависит от глобальных циркуляционных процессов как в атмосфере, так и в океане. Климат там наиболее чувствителен к изменениям значения облачности и уровню парниковых газов в составе атмосферы, таких как углекислый газ, метан, водяной пар и пр.

Факторы локального изменения климата Калининградской области

Крайнее западное расположение Калининградской области на территории страны открывает выход к юго-восточному побережью Балтики [4]. Климат переходный от морского к умеренно континентальному [6]. Значительные изменения температуры связаны с интенсивностью Северо-Атлантического колебания, особенно зимой и весной [16]. Высокая влажность в регионе, обусловленная близостью к Балтийскому

морю, делает субъект сильнее подверженным воздействию скопления водного пара, парникового газа, поступающего в атмосферу в гораздо больших объемах, чем остальные.

По данным среднемесячных температур для Калининграда были рассчитаны среднегодовые температуры воздуха в период с 1848 по 2016 г. (рис. 3.).

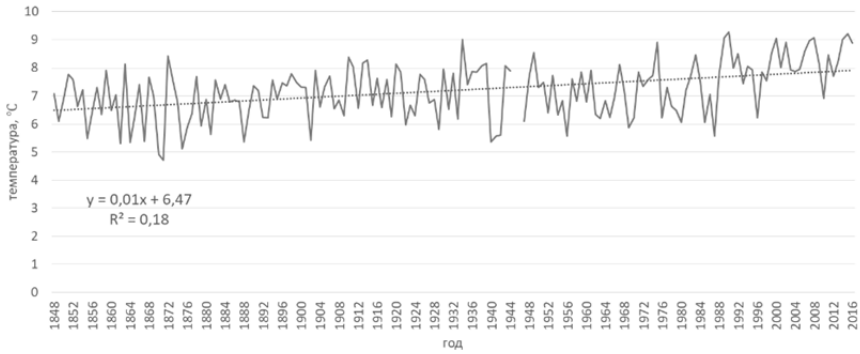

Рис. 3. Тренд среднегодовых температур воздуха в Калининграде (аэропорт Девау) с 1848 по 2016 г.

Источник: [24].

Рисунок 3 показывает возрастание среднегодовой температуры в Калининграде на протяжении всего рассматриваемого периода. Наблюдаемый тренд иллюстрирует имеющуюся тенденцию к возрастанию температуры, многолетнее повышение которой составило 0,01 °С в год. Схожие изменения среднегодовых температур в течение рассматриваемого периода (в сторону возрастания) были выявлены и в других населенных пунктах области (рис. 4): г. Балтийске, пос. Железнодорожном и г. Советске, где проводятся соответствующие стационарные наблюдения. За более короткий период (1959—2015 гг.) среднегодовая температура поднималась в названных населенных пунктах синхронно на 0,03 °С в год.

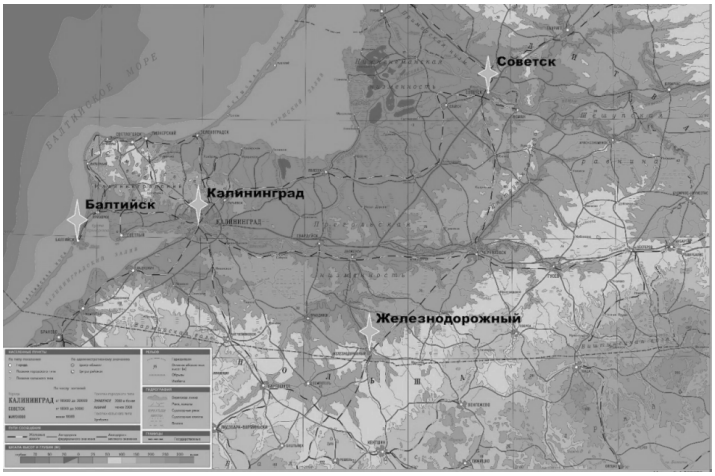

Рис. 4. Расположение пунктов метеорологических наблюдений

Источник: [4].

Обработка рассматриваемых метеорологических показателей (температуры и количества атмосферных осадков) проводилась для четырех разных станций в зависимости от наличия метеорологических данных. Они ориентированы как ближе к морю (Балтийск и Калининград), так и более континентально (Советск и Железнодорожный). Ожидалось, что в Советске и Железнодорожном в связи с более континентальным положением климатические изменения будут проявляться в большей степени. Но при проведении исследования было выявлено, что этого не происходит, либо отклонения в условиях таких масштабов можно определить иными более точными методами. Значение скорости роста среднегодовых температур в трех населенных пунктах помимо регионального центра оказалось равным. Таким образом, рост температуры для Калининградской области за последние 56 лет составляет 0,03 °С в год.

Значение среднегодового количества атмосферных осадков обратно динамике температуры. Для Калининграда (рис. 5) и Железнодорожного характерна лишь сотая и тысячная доли соответственно от степени выраженности регрессии количества выпадения атмосферных осадков (в мм в год). Для Балтийска и Советска доли составляют –0,26 и –0,14 мм в год.

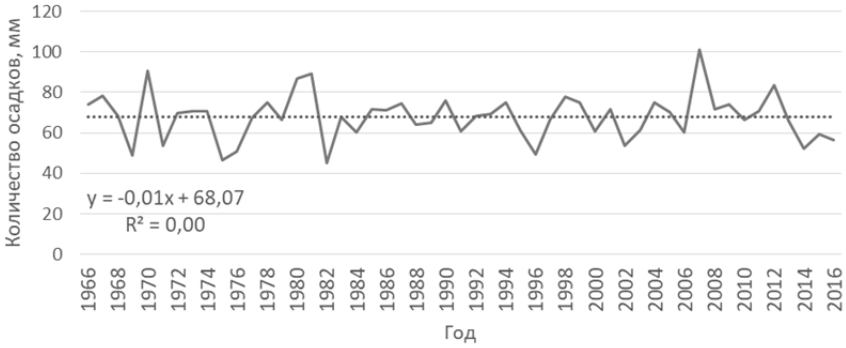

Рис. 5. Динамика атмосферных осадков с 1966 по 2016 г. в Калининграде

Источник: [24].

Можно сказать, что особенностью нашего региона является постепенное потепление и отсутствие роста количества осадков, а Балтийска и Советска — даже их уменьшение. Временной ход среднемесячных температур воды в поверхностном слое моря у берегов Балтийска на протяжении восемнадцати лет (с 1985 по 2003 г.) не имеет какого-либо значимого тренда. Самая высокая среднемесячная температура воды (21,8 °С) была отмечена в июле 2010 г., самая низкая (–0,16 °С) — в феврале 1986 г. Из наблюдений за динамикой роста среднегодовых температур следует, что климат Калининградской области в целом меняется в сторону потепления. Но вопрос о том, можно ли считать этот рост третьей волной многолетних естественных колебаний температурного режима, все еще остается открытым.

Сравнение динамики температурного режима схожих по физико-географическим и климатологическим параметрам субъектов на примере Калининграда и Санкт-Петербурга

Для выявления закономерности или ее отсутствия было проведено визуальное сравнение одного из климатических показателей на междугородном уровне (рис. 6).

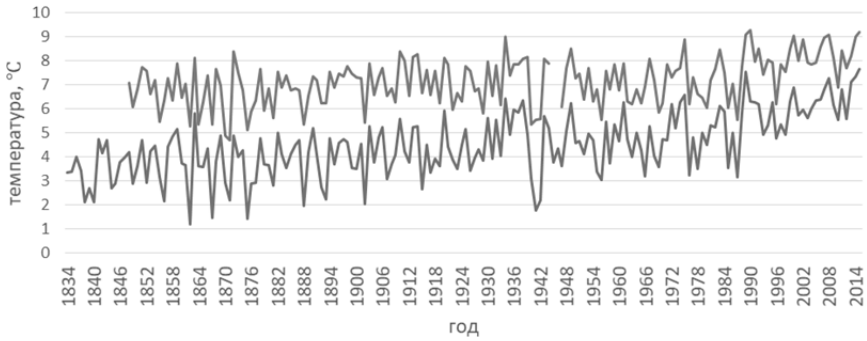

Рис. 6. График среднегодовых температур в Калининграде с 1848 по 2015 г. (верхний) и Санкт-Петербурге с 1834 по 2016 г. (нижний)

Сопоставление значений среднегодовой температуры за многолетний период в Калининградской (167 лет) и Ленинградской (182 года) областях показало наличие закономерных различий в уровне температур (в Калининграде эти значения на протяжении всего периода на порядок выше, чем в Санкт-Петербурге) при наличии определенной синхронности (амплитуда и расположение скачков).

Причиной различий уровня температур между рассматриваемыми субъектами является главным образом более южное широтное расположение одного и более северное — другого: диаграмма Санкт-Петербурга прорисовывается ниже, чем диаграмма Калининграда и соответственно располагается на уровне более низких среднегодовых температур. Несмотря на эту разницу (более высокие среднемесячные температуры Калининградской области), на обеих температурных дорожках можно проследить синхронные колебания и плавный тренд на повышение, переходящий с конца 1980-х гг. в более резкий.

Заключение

Потепление климата ощущается в Калининградской области прежде всего за счет повышения температуры приземного слоя воздуха: для Калининграда — за большой период (168 лет) со скоростью 0,01 °С в год, а для некоторых других населенных пунктов области (Балтийск, Советск, Железнодорожный) и Калининграда вместе — за укороченный период (56 лет) со скоростью 0,03 °С в год. Также рассматривался параметр количества выпадения атмосферных осадков для Калининграда, Балтийска, Советска и Железнодорожного. На протяжении 50-лет-

него периода в Калининграде, Балтийске и Железнодорожном наблюдалось уменьшение данного параметра со скоростью 0,01, 0,26 и 0,002 мм в год соответственно. В Советске было исследовано уменьшение показателя рассматриваемого параметра за более короткий срок (32 года), скорость его понижения составила 0,14 мм в год. При проведении работы обнаружены пробелы в данных о среднемесячной температуре Калининградской области, но это не повлияло на результат исследования.

Статья подготовлена благодаря финансовой поддержке в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности в Балтийском федеральном университете им. И. Канта.

Список литературы

1. *Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И. и др.* Изменения климата Арктики при глобальном потеплении // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. №1 (103). С. 32—41.

2. *Большой* энциклопедический словарь / под ред. А. Прохорова. М., 2000.

3. *Воропаев Р.С., Щагина Н.В., Чубаренко Б.В.* Анализ мер по защите от наводнений в бассейне реки Неман в пределах Калнинградской области в контексте стратегии адаптации к климатическим изменениям (промежуточный, 1-й год программы BBNPP). Калининград, 2017.

4. *Географический* атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленка. Калининград, 2002. ISBN 5888742953.

5. *География* России : словарь / под ред. А.П. Горкина. М., 1998.

6. *О состоянии* и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году : государственный доклад. М., 2017.

7. *Зеленина Л.И., Федькушова С.И.* Прогнозирование и последствия изменения климата Арктического региона // Арктика и Север. 2012. №5. С. 1—5.

8. *Катцов В.М., Порфирьев Б.Н.* Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. №2 (6). С. 66—79.

9. *Киотский* протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // Организация Объединенных Наций : [офиц. сайт]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 15.06.2018).

10. *Изменение* климата, 2014 г. Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. Р.К. Пачаури, Л.А. Мейер. Женева, 2015.

11. *Мохов И.И., Репина И.А., Аржанов М.М. и др.* Диагностика и моделирование особенностей арктического климата и его изменений. URL: http://www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=469997d8-f446-4316-803b-96fa72172111 (дата обращения: 20.06.2018).

12. *Об экологической* обстановке в Калининградской области в 2016 году : государственный доклад. Калининград, 2017.

13. *Anisimov O.A., Vaughan D.G., Callaghan T.V. et. al.* Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth As- sessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, 2007.

14. *Оценочный* доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2008.

15. *Рамочная* конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата // Организация Объединенных Наций : [офиц. сайт]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 23.05.2018).

16. *Стонт Ж.И., Гущин О.А.* Температурный режим Юго-Восточной Балтики (1995—2014 гг.) и возможные причины его изменения // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград, 2015. С. 115—130.

17. *Цатуров Ю.С., Клепиков А.В.* Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета // Арктика: экология и экономика. 2012. №4(8). С. 76—81.

18. *Чилингаров А.Н., Грузинов В.М., Сычёв Ю.Ф.* Очерки по географии Арктики / под ред. проф. Л.Н. Карлина. М., 2009.

19. *Шерстюков Б.Г.* Климатические условия Арктики и новые подходы к прогнозу изменения климата // Арктика и Север. 2016. №24. С. 39—67.

20. *Территориальный* орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской обрасти : [офиц. сайт]. URL: http://kaliningrad.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kaliningrad/ru/ (дата обращения: 29.05.2018).

21. *Доклад* об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016.

22. *Bielecka M., Chubarenko B., Margonski P., Rusinski G.* The Vistula Lagoon (Poland-Russia): facts and figures // Lagoons Technical Brief (Deliverable series of the FP7 Project LAGOONS «Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change»). 2012. Iss. TB1.

23. *Специализированные* массивы для климатических исследований. URL: http://aisori.meteo.ru/ClimateR (дата обращения: 01.06.2018).

24. *Всероссийский* научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. URL: meteo.ru (дата обращения: 14.06.2018).

25. *Гидрометцентр* России. URL: meteoinfo.ru (дата обращения: 10.06.2018).

26. *ЕСИМО.* Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане. URL: portal.esimo.ru (дата обращения: 15.06.2018).

27. *Большая* российская энциклопедия. URL: https://bigenc.ru (дата обращения: 14.06.2018).

28. *Шерстюков Б.Г.* Прогностические оценки изменений климата на два десятилетия // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. URL: http://meteo.ru/ru/pogoda-i-klimat/258-climate-change (дата обращения: 16.06.2018).

29. *NASA* Earth Observations. URL: neo.sci.gsfc.nasa.gov (дата обращения: 08.05.2018).

30. *The Arctic*. URL: https://ru.arctic.ru (дата обращения: 10.05.2018).

31. *Earth.* URL: earth.nullschool.net (дата обращения: 30.11.2018).

Об авторе

Надежда Вадимовна Двоеглазова — магистрант, Балтийский федераль-ный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: nadya-dv._97@mail.ru

The author

Nadezhda V. Dvoeglazova, Master's Student, Institute of Environmental Management, Urban Development, and Spatial Planning, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: nadya-dv._97@mail.ru