

Р.К. Абдуллин<sup>1</sup>, А.Н. Шихов<sup>2</sup>, А.В. Тарасов<sup>3</sup>

## СТРУКТУРА И ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА УРАЛА

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается современное состояние проблемы атласного картографирования изменений климата. Показано, что в настоящее время подобные атласы в России отсутствуют, но существует потребность в их создании на основе современных технологий веб-картографирования, что обеспечит доступность для широкого круга пользователей. Представлена структура и информационное наполнение разрабатываемого в настоящее время электронного атласа изменений климата Урала. Детально описано содержание разделов атласа, включая различные информационные ресурсы, используемые при создании карт. Выделены основные особенности содержания атласа. К ним относится, в частности, интеграция нескольких актуальных источников данных о современном климате и его изменениях, наличие обширного раздела, посвящённого экстремальным климатическим характеристикам, а также карт негативных последствий изменения климата. Приведены примеры карт среднегодовых и экстремальных климатических характеристик, их трендов, а также карта ущерба для лесных ресурсов, вызванного экстремальными погодными явлениями. Описаны региональные особенности изменения этих характеристик за последние десятилетия. Кратко рассмотрены особенности реализации атласной информационной системы на основе веб-ГИС технологий.

Предложенные решения (по структуре атласа, его информационному наполнению, способам картографического отображения и функциональным возможностям) могут быть впоследствии реализованы при создании подобных картографических сервисов для других крупных регионов России.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** изменения климата, электронный атлас, информационное наполнение, веб-ГИС технологии

Rinat K. Abdullin<sup>4</sup>, Andrey N. Shikhov<sup>5</sup>, Andrey V. Tarasov<sup>6</sup>

## STRUCTURE AND INFORMATION FILLING OF THE DIGITAL ATLAS OF CLIMATE CHANGE OF THE URAL REGION

### ABSTRACT

The paper presents the current state of the atlas mapping of climate change. It is shown, that the atlases of climate change are absent in Russia, but the modern web-GIS technologies provide the possibility of its creation and availability for many users. We present the structure and content

<sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail*: [rinaha-26@mail.ru](mailto:rinaha-26@mail.ru)

<sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail*: [and3131@inbox.ru](mailto:and3131@inbox.ru)

<sup>3</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail*: [andrew.tarasov1993@gmail.com](mailto:andrew.tarasov1993@gmail.com)

<sup>4</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Perm, Russia, *e-mail*: [rinaha-26@mail.ru](mailto:rinaha-26@mail.ru)

<sup>5</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Perm, Russia, *e-mail*: [and3131@inbox.ru](mailto:and3131@inbox.ru)

<sup>6</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Perm, Russia, *e-mail*: [andrew.tarasov1993@gmail.com](mailto:andrew.tarasov1993@gmail.com)

of the developed atlas of climate change for the Ural region. The content of each section of the atlas is considered in details, including the description of datasets, which are used for the creation of maps. The main features of the atlas content are highlighted. They are the integration of several actual datasets of the current climate and climate changes; the detailed consideration of climatic extremes, and the creation of the maps of some destructive consequences and impacts of climate change. Some examples of the atlas content are presented, such as the maps of average and extreme values of climatic variables, their trends, and also the map of the weather-induced forest damage for long-term period (1984–2016). Some regional features of the trends of the studied climatic variables are described,

We present also the main features of the development of the Atlas information system with the use of web-GIS technologies. The proposed structure and content of the Atlas, the methods of mapping of climatic variables, and functionality of the Atlas information system can be used to develop the similar web-GIS and atlases in other regions of Russia.

**KEYWORDS:** climate change, digital Atlas, information filling, web-GIS technologies

## **ВВЕДЕНИЕ**

Изменения климата и их негативные последствия признаны одной из основных угроз XXI века. Для их изучения на различных пространственных масштабах применяется широкий комплекс методов, в том числе атласное картографирование.

Климатические атласы в нашей стране создавались ещё более полувека назад [Климатический атлас..., 1960]. Из относительно современных произведений по данной тематике наиболее известны второй том Национального Атласа России [2007], а также Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций [2005]. Эти атласы были изданы в традиционной печатной форме. Они содержат широкий перечень климатических карт, включая карты средних и экстремальных значений, а также опасных явлений погоды.

В последние годы подходы и требования к картографированию климата несколько изменились в связи с развитием ГИС-технологий, появлением новых источников информации (в частности, данных реанализа) и расширением возможности оперативной актуализации климатических карт. Кроме того, получили развитие различные формы электронных атласов. Из опубликованных в последние годы электронных атласов стоит отметить Агроэкологический атлас России и сопредельных стран [Афонин и др., 2008]. Авторами данного атласа реализованы интересные подходы к картографированию климатических характеристик на малоизученных территориях, с использованием данных реанализа и спутниковых наблюдений. Недостатком атласа является то, что в качестве базового набора данных для создания карт были использованы устаревшие Климатические справочники СССР, изданные в 1965–1974 годах.

В 2017 году был издан Национальный Атлас Арктики, в структуре которого также представлен большой перечень климатических карт [Касимов и др., 2015]. В данном атласе представлены не только карты основных климатических характеристик за период 1961–1990 годов, но и данные о трендах температуры и осадков за 1981–2010 годы.

На региональном уровне в последние годы в России климатические атласы практически не издавались. В 2015 году был издан Экологический атлас бассейна озера Байкал [Батуев и др., 2015], в котором представлен широкий спектр климатических карт изучаемой территории, причём все карты созданы с применением современных методов, учитывающих влияние подстилающей поверхности на климатические характеристики. В 2016 году кафедрой картографии и геоинформатики Пермского государственного университета был

издан Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья, в котором также представлен большой перечень климатических карт<sup>1</sup>.

В 2017 году опубликована его электронная версия в виде АИС (атласной информационной системы), структура и информационное наполнение которой описаны в работе [Пьянков и др., 2017].

В странах Европы и Северной Америки создан ряд климатических атласов различного территориального охвата как в традиционной печатной, так и в электронной форме. В 2011 году специалистами IPCC (Международной группы экспертов по изменению климата) был издан Атлас изменений климата глобального охвата [Dow, Downing, 2011]. В 1997 году был издан Атлас климатических трендов для территории Европы [Schonwiese, Rapp, 1997]. Данный атлас характеризует пространственную изменчивость климатических трендов в Европе за столетний период 1891–1990 годов.

В целом можно отметить высокую актуальность создания электронных атласов, предоставляющих актуальную информацию об изменении климата за последние десятилетия и его последствиях в максимально доступной форме. Целью настоящего исследования является создание электронного атласа (АИС) изменений климата Уральского региона с применением веб-ГИС технологий. С точки зрения информационного наполнения, уникальность создаваемого атласа состоит в том, что он интегрирует несколько современных источников данных о климате, его изменениях и негативных последствиях. В настоящей работе рассматриваются структура и информационное наполнение атласа.

Выбор Уральского региона в качестве исследуемой территории обусловлен большим разнообразием климатических характеристик в её пределах. Также на формирование климата Урала оказывает значительное влияние Карское море, над акваторией которого в последние 15 лет наблюдается беспрецедентный рост температуры воздуха.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СТРУКТУРА АТЛАСА

В структуре АИС изменений климата Урала будут выделены пять основных разделов:

- режимные среднесезонные климатические характеристики и их тренды;
- экстремальные климатические характеристики (среднегодовые, абсолютные экстремумы) и их тренды;
- крупномасштабные погодные аномалии и опасные метеорологические явления;
- последствия изменения климата;
- комплексные и синтетические карты.

Ниже представлена более подробная характеристика разделов атласа и информационных ресурсов, используемых для их наполнения.

Содержание *первого раздела АИС* можно считать традиционным, поскольку карты режимных климатических характеристик широко представлены во всех климатических атласах. Для наполнения раздела использованы исходные данные из нескольких источников. Многолетние климатические данные по 462 реперным метеостанциям Росгидромета имеются в открытом доступе на сервисе ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>). В пределах Уральского региона или вблизи его границ находится 91 реперная метеостанция, данные которых и использовались для построения карт. Продолжительность рядов наблюдений по температуре и влажности воздуха на многих станциях превышает 100 лет. Данные по количеству осадков имеются только с 1966 года, поскольку до этого в наблюдениях за осадками трижды была нарушена однородность рядов<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К. Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2016. 116 с.

<sup>2</sup> Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коришнова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. М., 2015.

В настоящее время созданы карты режимных климатических характеристик: среднегодовой и среднемесячной температуры воздуха, влажности воздуха (парциального давления водяного пара), атмосферного давления, общей и нижней облачности, количества осадков (за год, тёплый и холодный период, а также по месяцам), характеристик снежного покрова (средней максимальной высоты и запаса воды в снеге, продолжительности залегания). Построены также карты их трендов за период с середины XX века до настоящего времени.

На основе данных ВНИИГМИ-МЦД по реперным станциям были построены карты среднемноголетних значений температуры и влажности воздуха по скользящим 30-летним периодам (1951–1980, 1961–1990, 1971–2000 и 1981–2010 годы). Выбор 30-летних периодов обусловлен рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО). Также учитывался тот факт, что современное потепление климата в регионе началось с 1980-х годов [Переведенцев, 2013]. Следовательно, первый из рассматриваемых периодов (1951–1980 годы) отражает ситуацию до начала современного потепления. Карты характеристик осадков созданы по периодам осреднения 1966–1995, 1971–2000, 1976–2005 и 1981–2010 годов. При интерполяции данных учитывались зависимости от свойств подстилающей поверхности, а для повышения точности оценки вертикального распределения температуры и влажности воздуха были использованы данные реанализа ERA-Interim. Пример созданной карты изменений среднегодовой температуры воздуха на Урале приведён на рис. 1.

Помимо данных ВНИИГМИ-МЦД, для создания климатических карт использованы Климатические справочники СССР и данные проекта WorldClim 2.0 [Fick, Hijmans, 2017]. Карты ряда климатических переменных, созданные на основе данных из Справочников по климату СССР [Справочники..., 1965–1974], а также данных реанализа, уже опубликованы в электронном Агроэкологическом атласе [Афонин и др., 2008] и могут быть интегрированы в создаваемую АИС. Это позволяет расширить продолжительность временных рядов для анализа изменения климата в последние десятилетия, так как данные из Агроэкологического атласа характеризуют климат за период до 1960-х годов.

Данные из Научно-прикладного справочника по климату СССР [1989–1991] также использованы при создании ряда карт, поскольку в данном справочнике представлены многолетние данные по общей и нижней облачности, а также данные снегомерных съёмок, которые в других источниках либо отсутствуют, либо имеют низкое качество. Данные доступны по 104 метеостанциям.

В 2017 году в рамках проекта WorldClim 2.0 [Fick, Hijmans, 2017] были получены поля пространственного распределения ряда климатических переменных за 1971–2000 годы с пространственным разрешением до 1 км, которые также использованы при создании АИС. Таким образом, для ряда режимных климатических характеристик (температуры воздуха, количества осадков, парциального давления водяного пара), в АИС, помимо авторских карт, построенных на основе данных из архивов ВНИИГМИ-МЦД, представлены карты по данным проекта WorldClim 2.0.

**Второй раздел АИС** будет содержать карты экстремальных климатических характеристик и их трендов. К ним относятся абсолютные и среднегодовые экстремумы температуры воздуха, количества осадков (за сутки и за 12 часов), скорости ветра, высоты снежного покрова и ряда других переменных. Помимо этого, созданы карты повторяемости климатических экстремумов (среднегодовое число дней с температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  и выше  $30^{\circ}\text{C}$ , с количеством осадков  $\geq 30$  мм за суточный и полусуточный интервалы и других). Карты экстремальных климатических характеристик представляют особый интерес, поскольку основные риски для населения и окружающей среды, связанные с современным изменением климата, вызваны увеличением частоты и магнитуды именно экстремальных погодно-климатических явлений. Повторяемость этих явлений также может изменяться во времени более существенно, чем средние климатические характеристики.

Исходные данные для создания карт экстремальных характеристик получены по наблюдениям реперных метеостанций Росгидромета. Так же, как и для построения карт режимных характеристик, при определении норм использованы скользящие 30-летние периоды. Для обработки данных и проведения вычислений в пакетном режиме создан ряд скриптов на языке Python. При интерполяции данных использовались подходы, основанные на одномерном и множественном регрессионном анализе для учёта влияния факторов подстилающей поверхности<sup>1</sup>.

Примеры созданных карт экстремальных характеристик и их трендов приведены на рис. 2, 3.

*Третий раздел АИС* будет содержать данные о крупномасштабных климатических аномалиях и опасных явлениях погоды (ОЯ). Поскольку критерии ОЯ существенно различаются для разных субъектов РФ, входящих в состав Уральского региона, картографирование их пространственного распределения на основе существующих критериев невозможно. Так, критерий ОЯ «сильный мороз» для территории Ямало-Ненецкого АО составляет  $-50^{\circ}\text{C}$ , а для Южного Предуралья –  $-35^{\circ}\text{C}$ . Критерий ОЯ «очень сильный ветер» для всей территории Урала составляет 25 м/с, а для побережья Северного Ледовитого океана – 30 м/с.

На первом этапе были обработаны данные о случаях ОЯ, зафиксированных на метеостанциях, входящих в сеть международного обмена, за период 2006–2017 годов. В качестве исходной информации использован архив фактической погоды по метеостанциям России (<https://tr5.ru/>). В пределах исследуемой территории имеется 99 метеостанций, по которым доступен полный архив данных за рассматриваемый период с минимальным числом пропусков и ошибок. Обработка массива данных и формирование перечня случаев ОЯ выполнено средствами языка программирования Python. Затем проведена ручная проверка (в частности, путём сравнения с данными реанализа) и фильтрация ошибочных значений.

В результате создана база данных, включающая сведения о 1567 случаях опасных явлений погоды, зафиксированных на метеостанциях Уральского региона за период 2006–2017 годов. В их число входят 554 случая сильного мороза, 480 случаев сильной жары, 403 случая очень сильного дождя, 27 случаев очень сильного снега или смешанных осадков, 68 случаев очень сильного ветра и 35 случаев шквала. Для каждого явления определена интенсивность и продолжительность. Следует отметить, что реальное количество случаев ОЯ, зафиксированных метеостанциями в рассматриваемом регионе значительно выше. Однако архивы данных с большинства метеостанций, имеющиеся в открытом доступе, неоднородны по длине временного ряда и содержат многочисленные пропуски и ошибочные значения, что затрудняет их обработку.

Для пользователей АИС будут доступны данные о зафиксированных случаях ОЯ по каждой метеостанции, а также будет реализовано формирование запросов к ним. По каждому случаю планируется также подготовить дополнительную информацию об условиях возникновения явления (с использованием данных реанализа) и о нанесённом ущербе. Аналогичная база данных ранее была создана и регулярно обновляется для территории Пермского края (<http://map.psu.ru/search.aspx>).

---

<sup>1</sup> Абдуллин Р.К., Шихов А.Н. Математико-картографическое моделирование пространственно-временного распределения опасных явлений погоды // Геодезия и картография, 2017. № 2. С. 26–32. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-920-2.

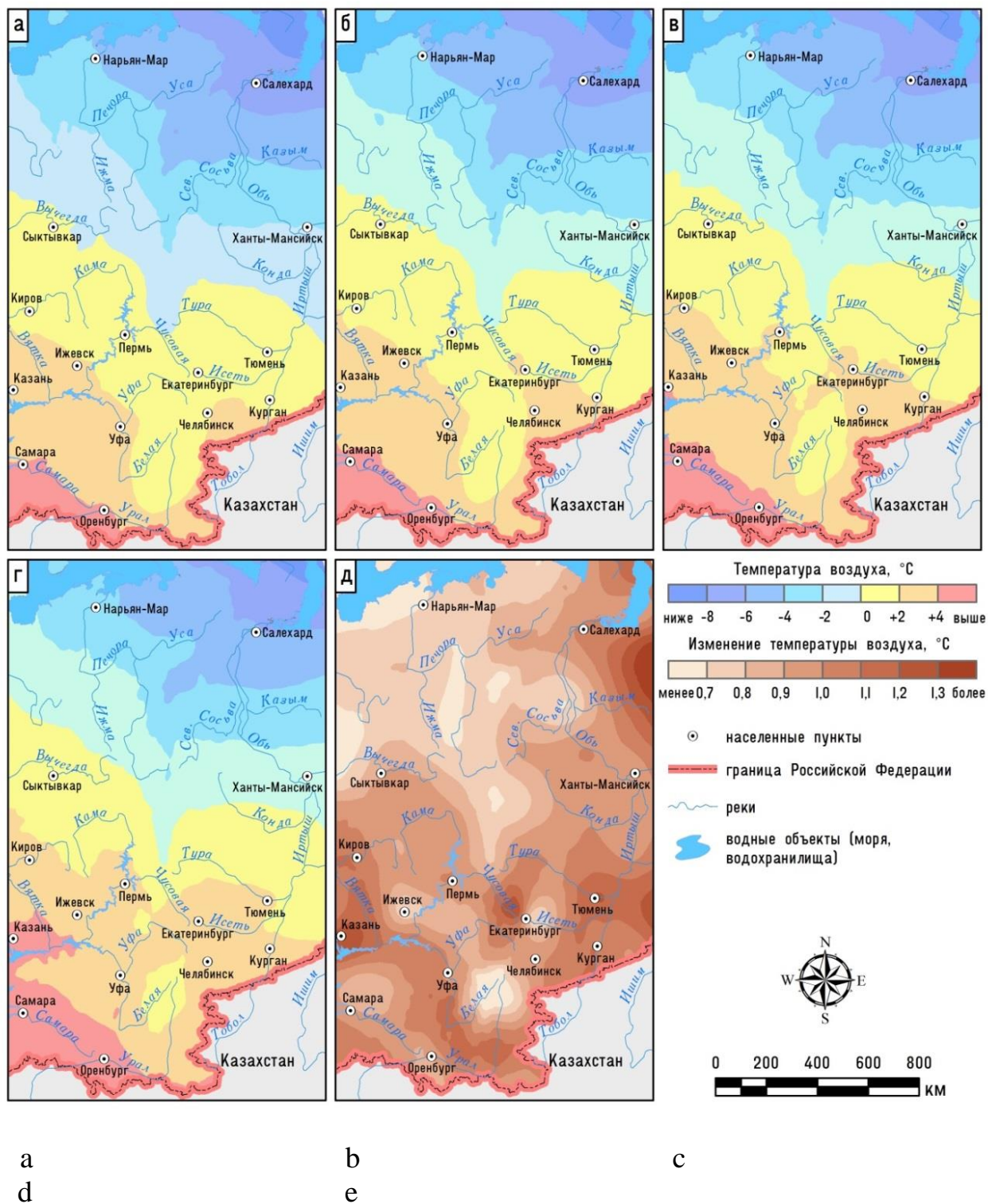


Рис. 1. Среднеголетняя температура воздуха на Урале: а) за период 1951–1980 годов; б) за период 1961–1990 годов; в) за период 1971–2000 годов; г) за период 1981–2010 годов; д) изменение температуры воздуха между 1951–1980 и 1981–2010 годами

Fig. 1. Multi-year air temperature in the Ural region, averaged for: а) 1951–1980; б) 1961–1990; в) 1971–2000; д) 1981–2010; е) air temperature difference between 1981–2010 and 1951–1980

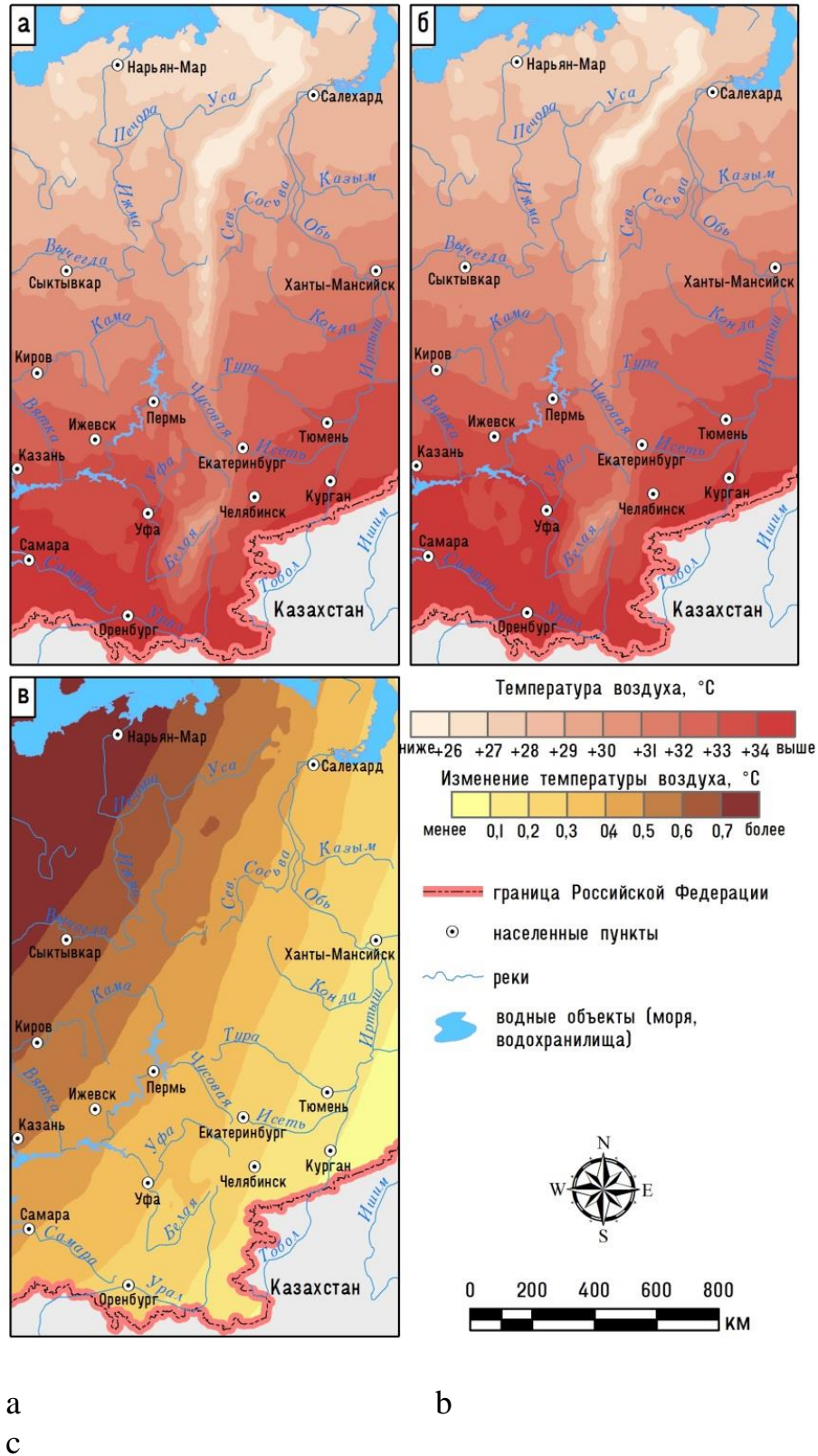


Рис. 2. Средний многолетний максимум температуры воздуха на Урале:  
 а) за период 1951–1980 годов; б) за период 1981–2010 годов;  
 в) разность между рассматриваемыми периодами  
 Fig. 2. Average annual maximum of the air temperature in the Ural region for:  
 a) 1951–1980; b) 1981–2010; c) the difference between these periods

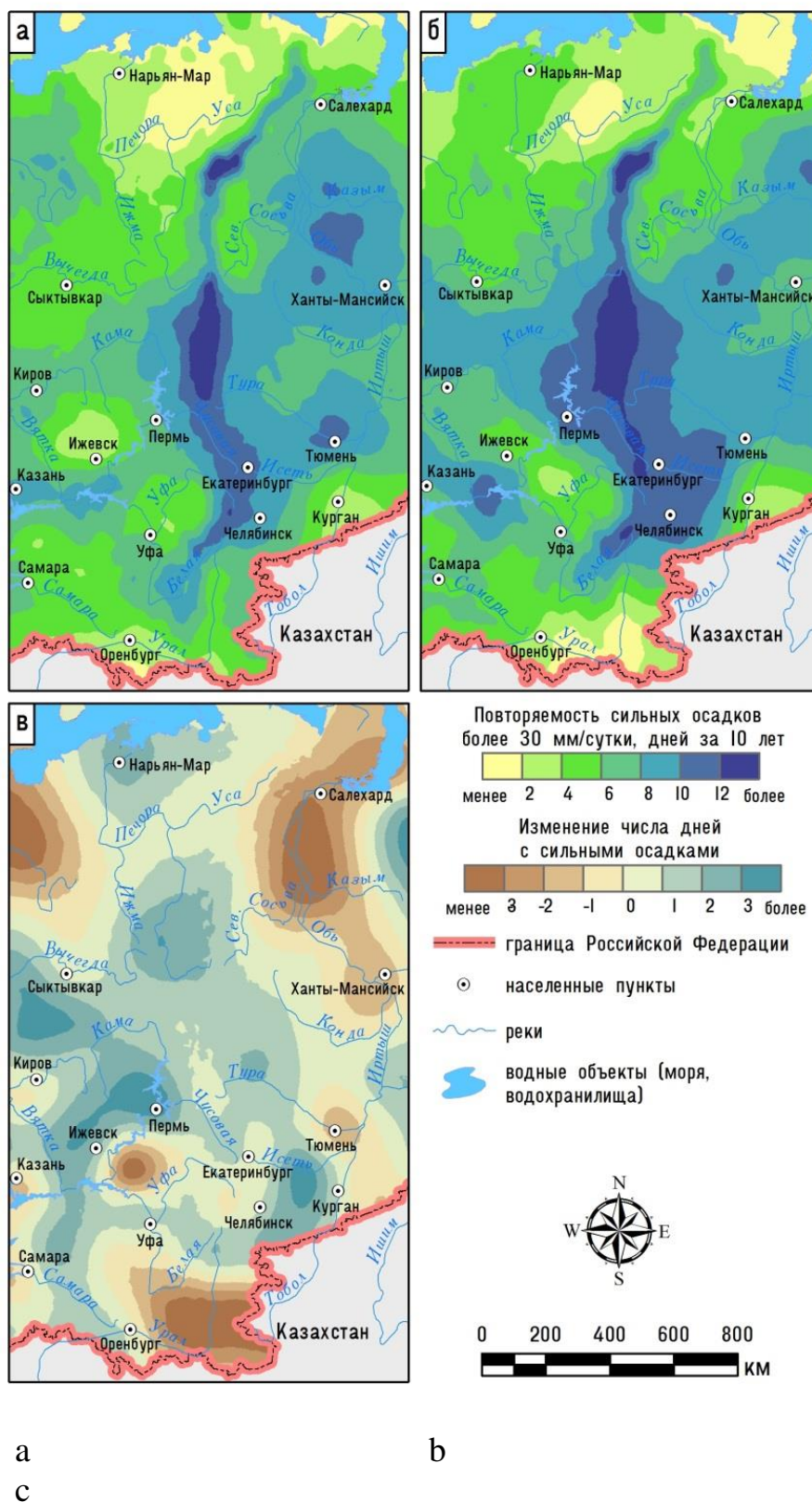


Рис. 3. Повторяемость сильных осадков  $\geq 30$  мм/сутки на Урале, дней за 10 лет: а) за период 1966–1995 годов; б) за период 1986–2015 годов; в) разность между рассматриваемыми периодами

Fig. 3. Frequency of heavy rainfalls  $\geq 30$  mm/24 h (day per 10 years) in the Ural region, averaged for: a) 1966–1995; b) 1986–2015; c) difference between these periods



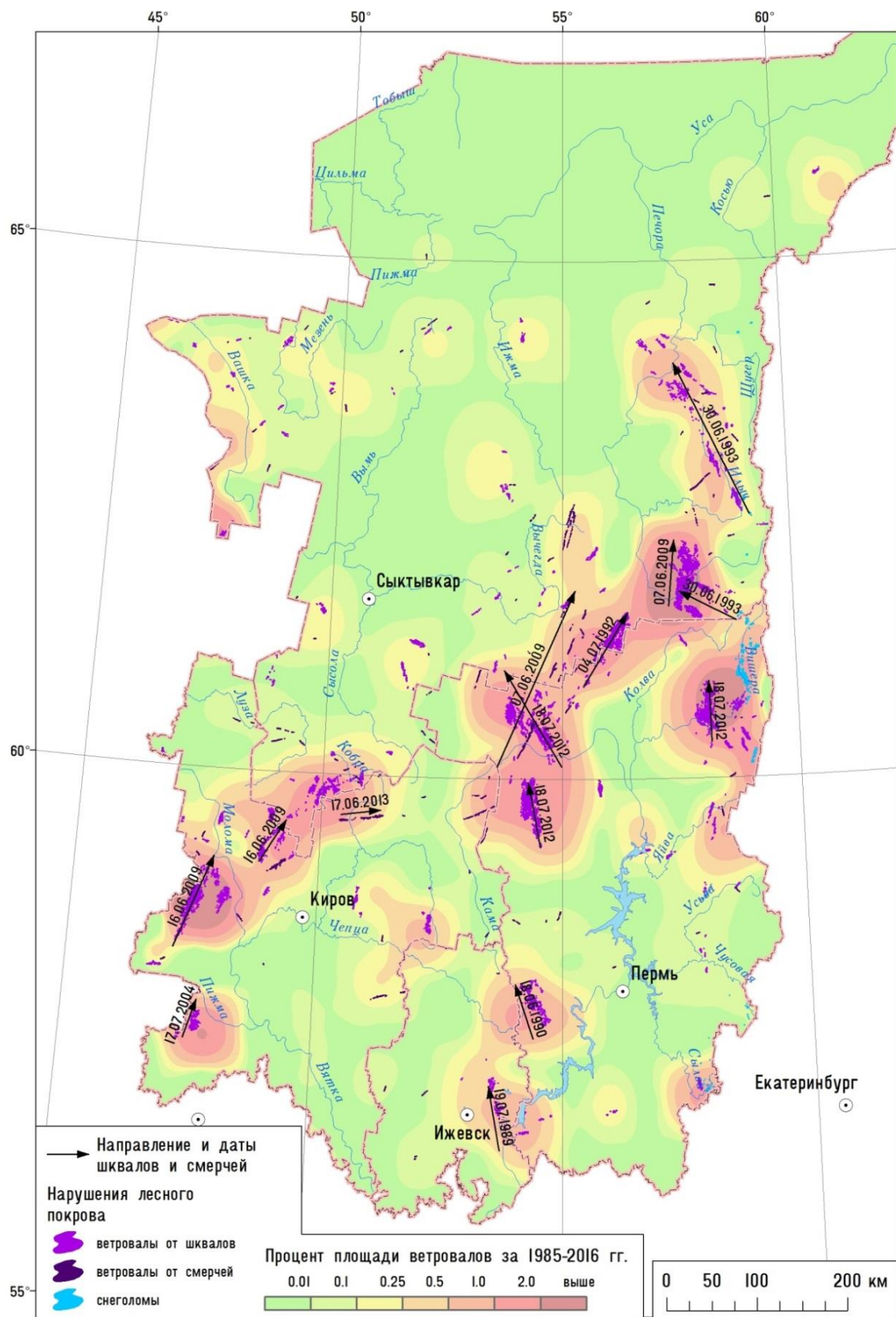


Рис. 4. Пространственное распределение крупных ветровалов на северо-востоке ЕТР за 1985–2016 годы

Fig. 4. Spatial distribution of large-scale windthrows on the North-East of European Russia for 1985–2016

Помимо доступа к базе данных, в АИС будет представлена более подробная информация об отдельных выдающихся случаях ОЯ в виде картографических анимаций, иллюстрирующих их развитие. В зависимости от типа явления и охвата территории, планируется использовать различные данные для их создания. Так, картографические анимации развития опасных явлений, связанных с процессами синоптического масштаба (аномально холодные или жаркие периоды, интенсивные осадки обложного характера) будут созданы на основе данных реанализа CFS и Era-Interim. Для создания анимаций конвективных явлений планируется использовать данные с геостационарного спутника Meteosat-8, которые отличаются оптимальным сочетанием пространственного (1–4 км) и временного (15 мин) разрешения, для отображения развития конвективных облачных систем, вызывающих сильные ливни, шквалы, град и смерчи.

Планируется создать картографические анимации ряда случаев опасных явлений погоды: волн холода в декабре 2009 и 2016 годов, волн тепла в июле 2010 и 2012 годов, прохождения циклонов с интенсивными осадками в виде дождя (в августе 2013 и 2015 годов и в июле 2017 года) и в виде снега (в октябре 2014 и 2015 годов), а также развития конвективных облачных систем со смерчами в июне 2018 года.

**Четвёртый раздел АИС** будет содержать данные о некоторых негативных последствиях изменений климата. В частности, в нём будут представлены данные о многолетней динамике площадей лесных пожаров и ветровалов за период с 1984 года, поскольку увеличение ущерба для лесов от экстремальных погодных явлений признано одним из основных негативных последствий изменения климата.

В настоящее время создана база геоданных о нарушениях лесного покрова, вызванных крупными пожарами и ветровалами на всей территории Урала за 2001–2014 годов [Шихов и др., 2017], а для Западного Урала – за период с 1984 года. В АИС будут представлены как сами данные (контуры гарей и ветровалов с возможностью получения атрибутивной информации по каждому случаю), так и построенные на их основе карты (доля площади лесов, погибших от пожаров и ветровалов за рассматриваемый период), а также характеристики многолетних трендов. Пример карты пространственного распределения ветровалов за 1985–2016 годы приведён на рис. 4.

**Пятый раздел АИС** (комплексные и синтетические карты) будет содержать ряд карт, дающих интегральную оценку климатических условий региона. В частности, это карты климатообразующих факторов, климатического районирования и комфортности климатических условий.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В АИС И ПРИМЕРЫ КАРТ

Для систематизации, интеграции и хранения данных в АИС создана картографическая база данных под управлением СУБД PostgreSQL. Электронный атлас разрабатывается на основе web-ГИС технологий. Интерфейс доступа к нему будет реализован в виде картографического веб-сервиса. Для публикации пространственных данных в сети Интернет, а также организации доступа к ним пользователей применяется установленный на веб-сервер ГИС-сервер ArcGIS Server 10.4, публикация данных выполняется из настольного программного обеспечения ArcGIS Desktop 10.4. Доступ пользователей к электронному атласу через сеть Интернет организован при помощи клиентского веб-приложения, реализованного на базе технологий HTML5, CSS3 и JavaScript.

Примеры карт, входящих в структуру разрабатываемой АИС, представлены на рис. 1–4.

Анализ представленных карт позволяет выделить следующие особенности изменения климатических переменных на территории Урала за период с середины XX века до 2015 года:

- На всей территории Урала произошёл рост среднегодовой температуры воздуха в пределах приблизительно от 0,7 до 1,3 °С. Явных пространственных закономерностей в распределении темпов роста температуры не наблюдается. Наименее выраженным потепление оказалось на северо-западе территории (в пределах Республики Коми и Ненецкого автономного округа).

- Поскольку в рассматриваемый период наблюдался рост среднегодовой температуры воздуха, то закономерно выросли (на 0,1–0,9 °С) значения и среднего многолетнего максимума температуры воздуха. Наблюдается ярко выраженная закономерность распределения темпов роста данного параметра по территории с юго-востока на северо-запад.

- Что касается повторяемости сильных осадков (более 30 мм за сутки), то в разных частях территории Урала складывается различная ситуация. Так, в северо-восточной (запад Ямало-Ненецкого автономного округа), северо-западной (северо-запад Республики Коми и Ненецкого автономного округа) и юго-восточной (восток Оренбургской области) частях исследуемой территории наблюдается уменьшение количества дней с интенсивными осадками – от 1 до 4 дней за 10-летний период. Наибольшее увеличение повторяемости сильных осадков зафиксировано на западных склонах Уральских гор и далее к западу (Пермский край, Удмуртская Республика, юго-запад Республики Коми) в пределах от 1 до 4 дней за 10 лет. Также значительный рост повторяемости данного параметра на 3–4 дня за 10 лет наблюдается на границах Свердловской, Челябинской и Курганской областей.

## ВЫВОДЫ

Создание электронного атласа изменений климата Урала позволит, во-первых, на основе анализа актуальных источников данных и построения карт (в том числе карт трендов) выявить региональные особенности современного изменения климата в регионе. Во-вторых, полученные результаты будут опубликованы в открытом доступе в формате, доступном для широкого круга пользователей. В частности, потребность в получении подобных данных существует у специалистов в области инженерных изысканий, которые зачастую используют в своей работе устаревшие данные о климатических нормах и экстремумах.

Кроме того, предложенные решения (по структуре атласа, его информационному наполнению, способам картографического отображения и функциональным возможностям) могут быть впоследствии реализованы при создании подобных картографических сервисов для других крупных регионов России.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-35-00055 мол-а.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, 18-35-00055-mol-a.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2005. 270 с.
2. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н., Афанасенко О.С., Берим М.Н., Бильдер И.В., Будревская И.А., Вершинин А.П., Гагкаева Т.Ю., Гасич Е.Л., Гашкова И.В., Гричанов И.Я., Гультяева Е.И., Гуськова Л.А., Давидьян Г.Э., Джонсон В., Дзюбенко Е.А., Дмитриев А.П., Дмитриев В.В., Доронина А.Ю., Драгавцев В.А., Ишкова Т.И., Каёхтин Д.А., Калибернова Н.М., Калинина Н.В., Капустин Г.А., Карлик Ф.А., Кравченко О.Е., Кунгурцева О.В., Лазарев А.М., Ларина С.Ю., Левитин М.М., Ли Ю.С., Липияйнен К.Л., Лунёва Н.Н., Малыш Ю.М., Малышев Л.Л., Мезенцев Б.М., Менжулин Г.В., Мехлебахер С., Михайлова Л.А., Надточий И.Н., Напольская Ю.Н., Овсянникова Е.И., Павлюшин В.А., Рухович Д.И.,

Сазонова Л.В., Саулич М.И., Сmealова Т.Н., Соколова И.В., Соколова Т.Д., Стишонкова Н.А., Терёхина Н.В., Троян В.Н., Фасулати С.Р., Фёдоров А.С., Фунаро-Сото С., Фунтова В.Г., Хлопунова Л.Б., Цепелев В.Ю., Цыпленков А.Е., Чумаков М.А., Чухина И.Г., Шаулите М.С., Шумилин В.П., Щербаков В.М., Якуткин В.И. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. СПб.: Санкт-Петербургский гос. университет, 2008. 1268 с. Электронный ресурс: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 20.09.2018).

3. Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Богданов В.Н., Доржготов Д., Корытный Л.М., Плюснин В.М. Экологический атлас бассейна озера Байкал: картографическая инновация. География и природные ресурсы, 2015. № 1. С. 5–16. DOI: 10.1134/S1875372815010011.

4. Касимов Н.С., Котляков В.М., Чилингаров А.М., Красников Д.М., Тикунов В.С. Национальный атлас Арктики: структура и этапы разработки. Лёд и снег, 2015. № 1 (129). С. 4–14. DOI: 10.15356/2076-6734-2015-1-4-14.

5. Климатический атлас СССР. Ред. Ф.Ф. Давитая. М.: ГУГК, 1960. 400 с.

6. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. Ред. А.В. Бородко. М.: Роскартография, 2007. 495 с.

7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 1–17. Л.: Гидрометеиздат, 1989–1991.

8. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Казанский университет, 2013. 274 с.

9. Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К. Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья»). Вопросы географии, 2017. Вып. 144. С. 208–226.

10. Справочники по климату СССР. Вып. 1–34. Ленинград: Гидрометеиздат, 1965–1974.

11. Шихов А.Н., Перминов С.И., Киселёва Е.С. Оценка подверженности бореальных лесов Урала воздействию лесных пожаров и ветровалов по многолетним рядам спутниковых наблюдений. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2017. Т. 14. № 3. С. 87–102. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102.

12. Dow K., Downing T.E. The Atlas of climate change: mapping the world's greatest challenge (Third Edition). Berkeley: California Press, 2011. 128 p.

13. Fick S.E., Hijmans R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 2017. V. 37. P. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086.

14. Schonwiese C.-D., Rapp J. Climate trend atlas of Europe: based on observations 1891–1990. Netherlands: Springer, 1997. 228 p. DOI: 10.1007/978-94-015-8818-8.

## REFERENCES

1. Afonin A.N., Grin S.L., Dzubenko N.I., Frolov A.N., Afanasenko O.S., Berim M.N., Bilder I.V., Budrevskaya I.A., Vershinin A.P., Gagkayeva T.Yu., Gasich E.L., Gashkova I.V., Grichanov I.Ya., Gulyaeva E.I., Gus'kova L.A., Davidyan G.E., Johnson V., Dzyubenko E.A., Dmitriev A.P., Dmitriev V.V., Doronina A.Yu., Dragavtsev V.A., Ishkova T.I., Kayokhtin D.A., Kalibernova N.M., Kalinina N.V., Kapustin G.A., Karlik F.A., Kravchenko O.E., Kungurtseva O.V., Lazarev A.M., Larina S.Yu., Levitin M.M., Lee Yu.S., Lipiyainen K.L., Lunyova N.N., Malysh Yu.M., Malyshev L.L., Mezentshev B.M., Menzhulin G.V., Mechlebacher S., Mikhailova L.A., Nadtochyi I.N., Napol'skaya Yu.N., Ovsyannikova E.I., Pavlyushin V.A., Rukhovich D.I., Sazonova L.V., Saulich M.I., Smealova T.N., Sokolova I.V., Sokolova T.D., Stishonkova N.A., Teryokhina N.V., Troyan V.N., Fasulati S.R., Fyodorov A.S., Funaro-Soto S., Funtova V.G., Khlopunova L.B., Tsepelev V.Yu., Tsyplenkov A.E., Chumakov M.A., Chukhina I.G., Shaulite M.S., Shumilin V.P., Shcherbakov V.M., Yakutkin V.I. Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2008. 1268 p. Web resource: <http://www.agroatlas.ru> (accessed 20.09.2018) (in Russian).

2. Atlas of natural and man-made dangers and risks of emergencies in Russian Federation. Ed. by S.K. Shoygu. Moscow: Design. Information. Cartography, 2005. 270 p. (in Russian).
  3. *Batuev A.R., Beshentsev A.N., Bogdanov V.N., Dorjgotov D., Korytny L.M., Plyusnin V.M.* Ecological atlas of the Baikal basin: cartographic innovation. *Geography and Natural Resources*, 2015. V. 36 (1). P. 5–16. DOI: 10.1134/S1875372815010011 (in Russian).
  4. Climatic atlas of the USSR. Ed. by F.F. Davitaya. Moscow: General Directorate of Geodesy and Cartography, 1960. 400 p. (in Russian).
  5. *Dow K., Downing T.E.* The Atlas of climate change: mapping the world's greatest challenge (Third Edition). Berkeley: California Press, 2011. 128 p.
  6. *Fick S.E., Hijmans R.J.* WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 2017. V. 37. P. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086.
  7. Handbooks on the climate of USSR. V. 1–34. Leningrad: Hydrometeo Publishing house, 1965–1974 (in Russian).
  8. *Kasimov N.S., Kotlyakov V.M., Chilingarov A.N., Krasnikov D.M., Tikunov V.S.* National Atlas of Arctic: structure and creation approaches. *Ice and Snow*, 2015. V. 55. No 1. P. 4–14. DOI:10.15356/2076-6734-2015-1-4-14 (in Russian).
  9. National Atlas of Russia. V. 2. Nature and Ecology. Ed. by A.V. Borodko. Moscow: Roscartography, 2007. 495 p. (in Russian).
  10. *Perevedentsev Yu.P., Sikolov V.V., Naumov E.P.* Climate and environment of the Volga federal district. Kazan: Kazan University, 2013. 274 p. (in Russian).
  11. *Pyankov S.V., Shikhov A.N., Abdullin R.K.* Modern methods and technologies in thematic atlas mapping (on example of the AIS “Hazardous hydrometeorological events of the Ural Prikamye region”). *Issues of geography*, 2017. V. 144. P. 208–226 (in Russian).
  12. Scientific and Applied Handbook on the climate of USSR. V. 1–17. Leningrad: Hydrometeo Publishing house, 1989–1991 (in Russian).
  13. *Schonwiese C.-D., Rapp J.* Climate trend atlas of Europe: based on observations 1891–1990. Netherlands: Springer, 1997. 228 p. DOI: 10.1007/978-94-015-8818-8.
  14. *Shikhov A.N., Perminov S.I., Kiselyova E.S.* Assessment of boreal forests vulnerability to fire- and wind-induced disturbances from long-term series of satellite observations within the Urals region. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 2017. V. 14. No 3. P. 87–102. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102 (in Russian).
-