

УДК 912.43:551.5

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ФОРМЕ**

**Коськин А.А.**

*Студент 2 года обучения, магистрант*

*Санкт-Петербургский государственный университет,*

*Институт наук о Земле*

*Санкт-Петербург, Россия*

**Красс В.М.**

*Студент 2 года обучения, магистрант*

*Санкт-Петербургский государственный университет,*

*Факультет свободных искусств и наук*

*Санкт-Петербург, Россия*

**Манёров М.Р.**

*Студент 1 года обучения, магистрант*

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет*

*информационных технологий, механики и оптики,*

*Институт дизайна и урбанистики*

*Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация:** В настоящей статье рассмотрены современные методы представления климатической информации в картографической форме, в том числе в сети Интернет, а также примеры современных климатических карт. Актуальность работы обусловлена современным развитием технологической составляющей картографирования, совершенствованием активно применяемых методов, а также тенденциями климатических изменений и усилением запроса граждан на качественную информацию об окружающей среде [3; 15]. Результаты исследования показывают, что современные тенденции заключаются в разработке теории и методики климатического картографирования, развитии и внедрении геоинформационных подходов, Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

математического моделирования климата, а также динамических и иных новых способов отображения климатической информации. Особое внимание уделяется важности создания банков данных по отдельным климатическим показателям для картографирования изменений климата.

**Ключевые слова:** климат, метеорология, картография, веб-карта.

## ***MODERN TRENDS IN CARTOGRAPHIC REPRESENTATION OF CLIMATIC INFORMATION***

***Koskin A.A.***

*Undergraduate, second year*

*Saint Petersburg State University,*

*Institute of Earth Sciences*

*Saint Petersburg, Russia*

***Krass V.M.***

*Undergraduate, second year*

*Saint Petersburg State University,*

*Faculty of Liberal arts and sciences*

*Saint Petersburg, Russia*

***Manerov M.R.***

*Undergraduate, freshman year*

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies,*

*Mechanics and Optics,*

*Institute of design and urban studies*

*Saint Petersburg, Russia*

**Annotation:** This article discusses modern methods of cartographic representation of climatic information, including web cartography, as well as examples of modern climate maps. The relevance of the work is due to the modern development of the technological component of mapping, the improvement of actively used methods, as well as trends in climate change and the increasing demand of citizens for high-

quality information about the environment [3; 15]. The results of the study show that modern trends include the development of the theory and methodology of climate mapping, the development and implementation of geoinformation approaches, mathematical modeling of climate, as well as dynamic and other new ways of representing climate information. Particular attention is paid to the importance of creating databanks for selected climatic indicators for mapping climate change.

**Keywords:** climate, meteorology, cartography, web map.

### **Введение**

Первые климатические карты на основе достоверных данных по отдельным метеорологическим показателям начали создаваться в России во второй половине XIX в. [4]. В 1890 г. Главная физическая обсерватория публикует в свет Климатологический атлас Российской империи с 89 картами и 15 таблицами [4].

Сильный импульс в развитии климатическое картографирование получило в советское время. Огромное количество климатических карт на территорию всего земного шара и СССР было составлено для различных изданий, например, Большого советского атласа мира (1937 г.), Климатический атлас СССР (1960-1962 гг.), Физико-географического атласа мира (1964 г.), многотомного издания Атласа океанов (1974-1982 гг.) и т.д.

Богатая история развития и становления климатического картографирования в нашей стране создала мощный теоретический и практический фундамент в этой области тематической картографии. Сегодня стоят новые вызовы перед человечеством: изменения климата и их негативные последствия признаны одной из основных угроз XXI века [1]. «Для их изучения на различных пространственных масштабах применяется широкий комплекс методов, в том числе атласное картографирование» [1].

Одной из особенностей развития современной метеорологии и климатологии является активное применение методов численного

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

моделирования и повышение пространственного разрешения используемых моделей [15].

Рост актуальности прикладных исследований в области городской метеорологии и климатологии вызван урбанизацией, растущими запросами населения на комфортную и безопасную городскую среду, а также, как сказано выше, тенденциями климатических изменений [3]. По этой причине в настоящее время ведётся большое число разработок специальных сервисов, информирующих городские службы и население о состоянии окружающей среды, большое внимание в них уделяется климатическим и метеорологическим показателям, которые в свою очередь наносятся на карты [3].

Климатическое картографирование, как и многие области тематической картографии, претерпело изменения в технологической составляющей, благодаря внедрению ГИС-технологий и развитию геоинформационного картографирования, помимо традиционных печатных атласов появились и их электронные аналоги, отличающиеся интерактивностью и большими функциональными возможностями для работы с картами [9].

В зависимости от функциональных возможностей, различают пять типов электронных атласов [9; 17]. К пятому (высшему) типу электронных атласов относятся интерактивные атласные информационные системы [9; 16].

Современное картографическое картографирование развивается в различных направлениях и на нескольких уровнях: глобальном, региональном и локальном [4].

По содержанию и назначению климатические карты могут быть разделены на несколько групп: карты основных элементов климата для широкого пользования, карты прикладных показателей, карты климатического районирования (общие климатические и прикладные) и климатического районирования с основными элементами климата [4].

Ведущим научным центром, координирующим и осуществляющим работу по климатическому картографированию в России, является Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова в Санкт-Петербурге [4].

Работы по созданию климатических карт ведутся в территориальных управлениях по гидрометеорологии и научно-исследовательских институтах Росгидромета и Российской академии наук, а также на кафедрах метеорологии и климатологии и картографии МГУ, СПбГУ и в ряде других организации [4].

### **Современные отечественные картографические произведения по климату**

Территория России весьма полно изучена с точки зрения картографирования климата и метеорологических показателей [4]. Современный этап картографирования климата территории нашей страны развивается, но постепенно. Абдуллин и др., подчёркивают, что на региональном уровне в последние годы в России климатические карты и атласы практически не издавались [1].

Важной вехой в его становлении стал выпуск в 2007 г. второго тома Национального атласа России, дающий многообразную информацию о климате территории Российской Федерации. В атлас входит 62 климатические карты масштабов 1:15 000 000; 1:30 000 000; 1:40 000 000; 1:60 000 000 и 1:75 000 000 на всю территорию России. Пример одной из карт представлен ниже (рис.1).



Рис.1 – Пример климатической карты «Грозы» из издания «Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология» [5]

Группируются климатические карты в атласе по тематическим разделам. Компоновка климатических карт в атласе отличается наличием большого количества текстовой пояснительной информации, графиков, диаграмм и схем [4]. При этом на одном листе помещается до 4 карт масштаба 1:60 000 000, карты отражают только общие изменения климатических параметров без подробного учета подстилающей поверхности и рельефа. В атласе содержатся карты климатического и агроклиматического районирования, климатообразующих факторов (продолжительности солнечного сияния, общей и нижней облачности, суммарной и прямой солнечной радиации и др.), температурного режима, ветрового режима, относительной влажности воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова, атмосферных явлений [4].

«Наибольший интерес вызывают карты раздела «Современные изменения климата», который включает следующие сюжеты: три карты изменения температуры приземного воздуха за год (1:40 000 000), за зиму (1:75 000 000), за лето (1:75 000 000) и три карты изменения за аналогичные периоды атмосферных осадков» (рис.2) [4].

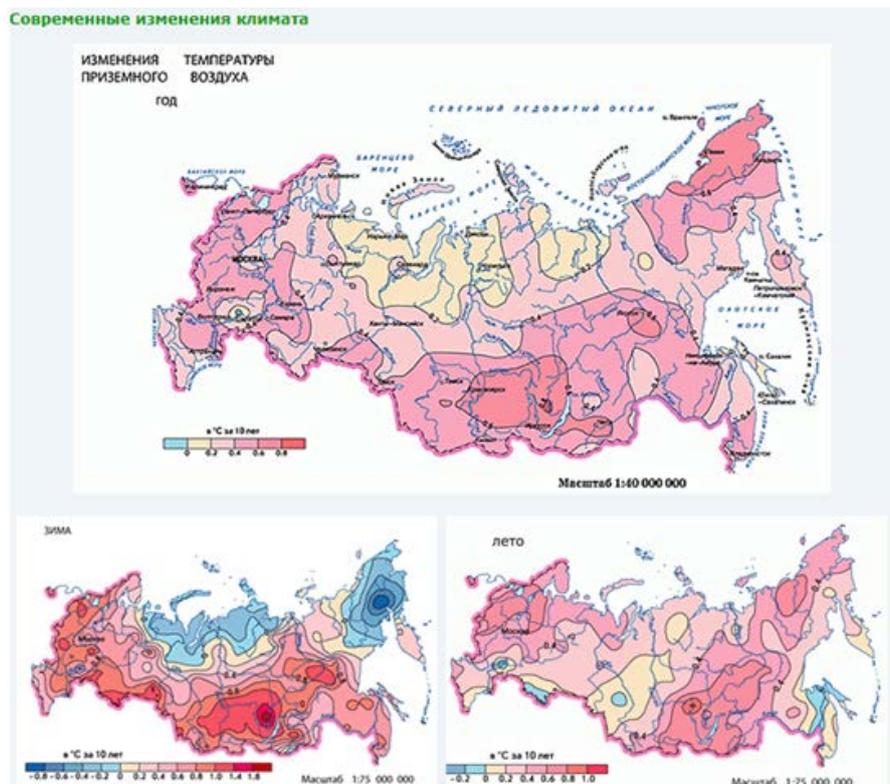


Рис.2 – Пример климатической карты «Современные изменения климата» из издания «Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология» [5]

В 2015 г. вышел в свет «Экологический атлас бассейна озера Байкал» [2]. В издании был представлен широкий спектр климатических карт территории бассейна озера Байкал. Весь картографический материал был создан с применением современных методов, учитывающих влияние подстилающей поверхности на климатические характеристики [1].

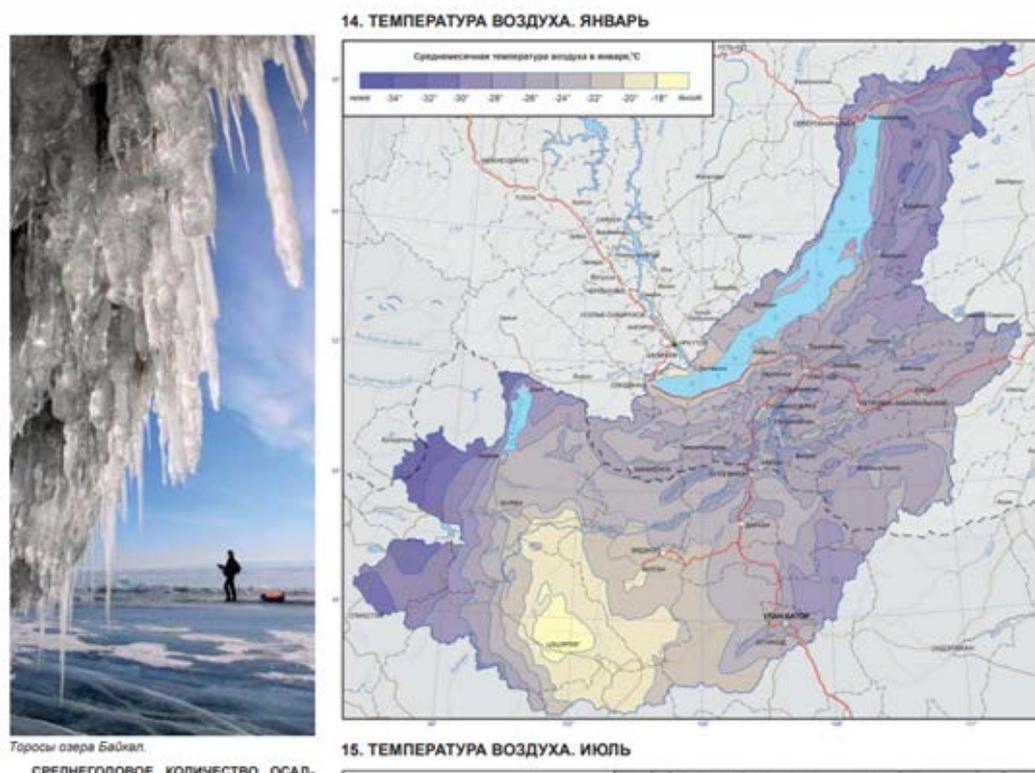


Рис.3 – Пример климатической карты «Температура воздуха. Январь» из издания «Экологический атлас бассейна озера Байкал» [14]

В 2017 году был издан «Национальный Атлас Арктики», в его содержание вошёл целый ряд карт, посвящённый климату арктического региона: от карт распространения солнечного сияния до карт контрастов природных характеристик суши, таких как, горизонтальный градиент альбедо, горизонтальный градиент температуры поверхности, горизонтальный градиент NDVI (рис.4) [7]. 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 [1].

Ценность и специфика «Национального Атласа Арктики», как отмечают Касимов и др., заключаются в картах междисциплинарного и трансграничного характера, которые систематизируют и обобщают многообразную, часто точечную и трудно сопоставимую информацию [7]. Одна из целей атласа заключается в решении проблем региона. «Его задача – преодолеть

разобъединённость между основными потоками информации и процессом принятия решений, создать информационно-аналитическую базу для решения множества проблем» [7].

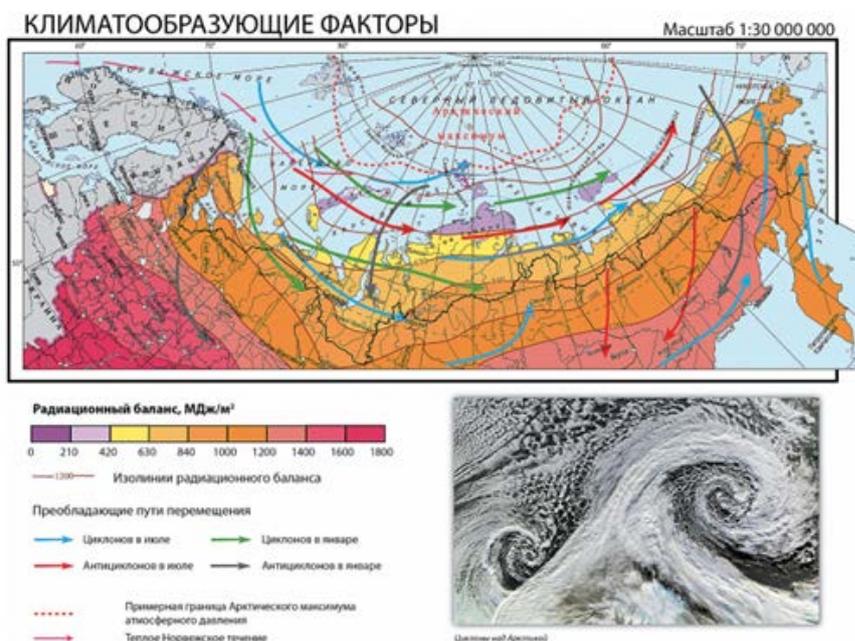


Рис. 4 – Пример климатических карт «Российская Арктика. Климатообразующие факторы.» [7]

Авторы отмечают [4], что одной из основных тенденций современного этапа климатического картографирования является разработка теории и методики эколого-климатического картографирования.

В 2016 г. и в 2019 г. ПАО «НК «Роснефть» подготовило к выпуску два атласа: «Экологический атлас. Чёрное и Азовское море.» и «Экологический атлас. Карское море.» соответственно. Атласы являются комбинированными картографическими произведениями, содержащими в себе информацию и о климате регионов (примеры карт, посвященных климатическим показателям, представлены на рис.5 и рис.6). К картам атласов добавлен богатый текстовый материал, рассказывающий читателю о климате региона. Например, в «Экологическом атласе. Чёрного и Азовского моря.» большое внимание обращено на динамику климатических показателей. Основные последствия изменения климата в конце XX — начале XXI в. — общие для всех морей

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

России и выражаются в повышении температуры поверхности, изменении режима ветра и осадков, гидрологического режима морей.

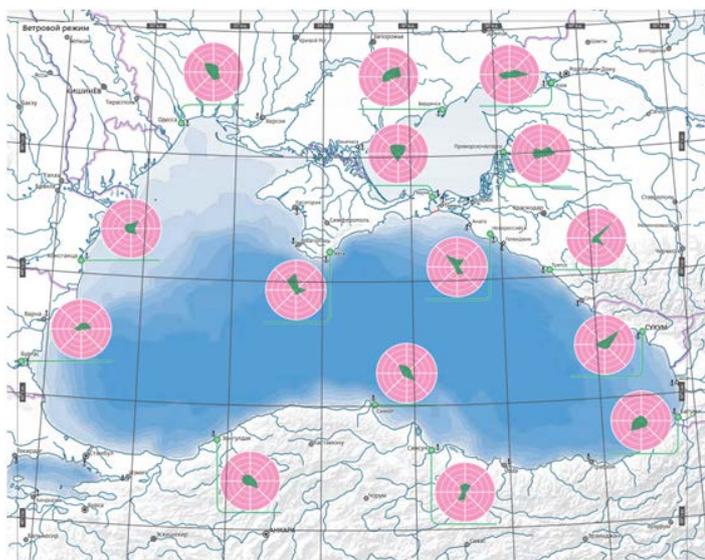


Рис.5 – Пример климатической карты «Ветровой режим» из издания «Экологический атлас. Чёрное и Азовское море.» [10]

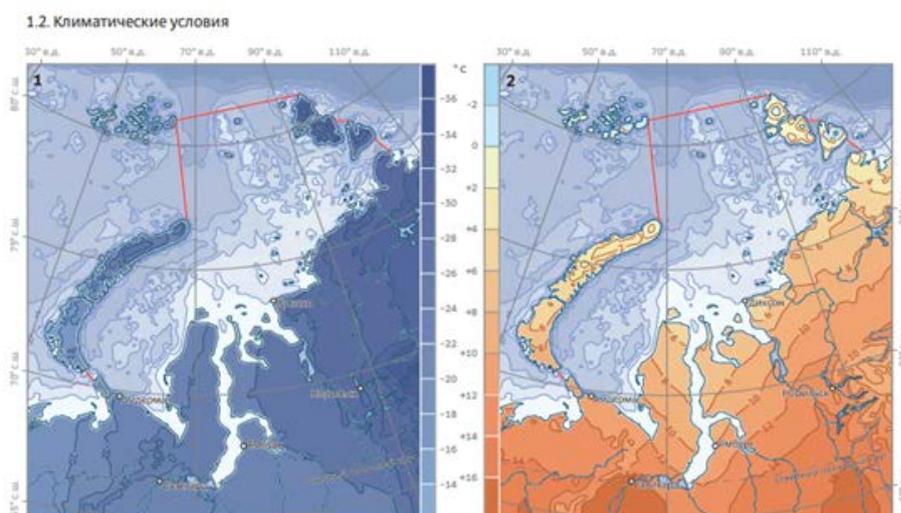


Рис.6 – Пример климатической карты «Температурный режим: 1 — среднемесячная температура воздуха, январь; 2 — среднемесячная температура» из издания «Экологический атлас. Карское море» [6]

### Современные отечественные картографические произведения по климату в сети Интернет

Ещё одной областью, в которой активно ведутся разработки, является картографирование опасных гидрометеорологических явлений.

В России и за рубежом накоплен значительный опыт в области атласного картографирования опасных природных (в том числе гидрометеорологических) явлений [9].

«Наибольшее распространение получили аналитические карты, на которых отображены различные характеристики (повторяемость, интенсивность) отдельных видов опасных природных явлений, реже создаются синтетические карты на основе интеграции множества частных показателей и (или) серий аналитических и комплексных карт» [9].

На кафедре картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета была создана атласная информационная система «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья».

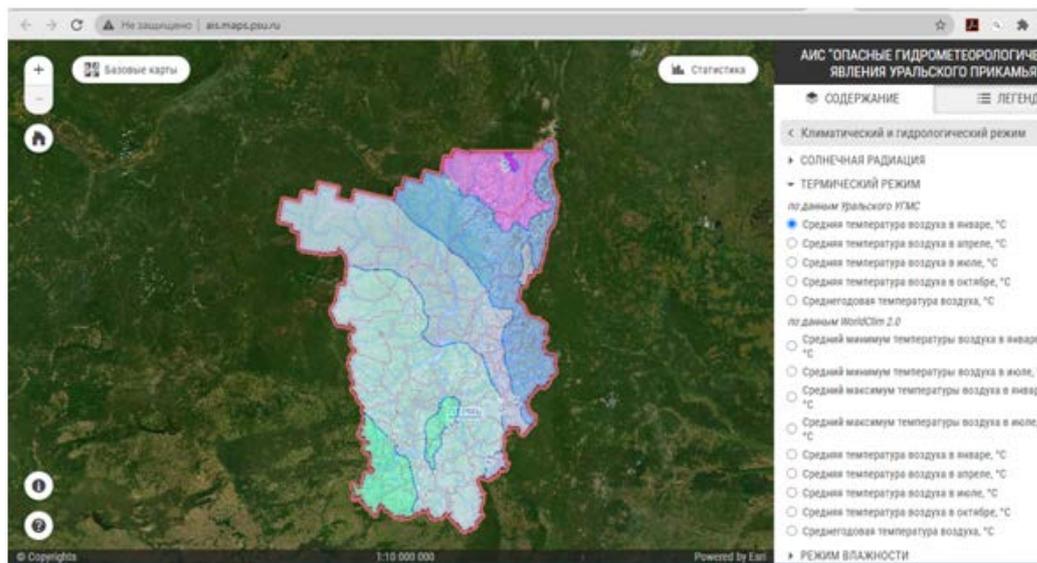


Рис.7 – Пример климатической карты «Средняя температура воздуха в январе» из атласной информационной системы «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья» [12]

Отметим, что также атлас вышел и в печатной форме (рис.8).

«В атласной информационной системе представлены актуальные карты пространственно-временного распределения разных видов опасных явлений погоды за период с 2001 г. по настоящее время, полученные на основе авторских алгоритмов, а также обновленные карты режимных климатических характеристик территории Пермского края» [12].

Впервые созданы синтетические карты, дающие общую характеристику подверженности территории опасным гидрометеорологическим явлениям. Пользователи атласной-информационной системы могут получить данные о многолетних климатических характеристиках по метеостанциям (в том числе по ранее не опубликованным) [12]. Также в АИС впервые интегрированы и выложены в открытый доступ данные по всем случаям опасных явлений погоды, зафиксированным на территории Пермского края наблюдательной сетью, очевидцами, по данным космического мониторинга, и подробные описания некоторых характерных и выдающихся случаев [12]. Представлены данные не только из российских, но и из зарубежных баз данных (например, выборка данных Европейской базы данных опасных явлений погоды – European Severe Weather Database по территории Пермского края) [12]. Система является ценным ресурсом для исследователей. Все данные в АИС регулярно обновляются.

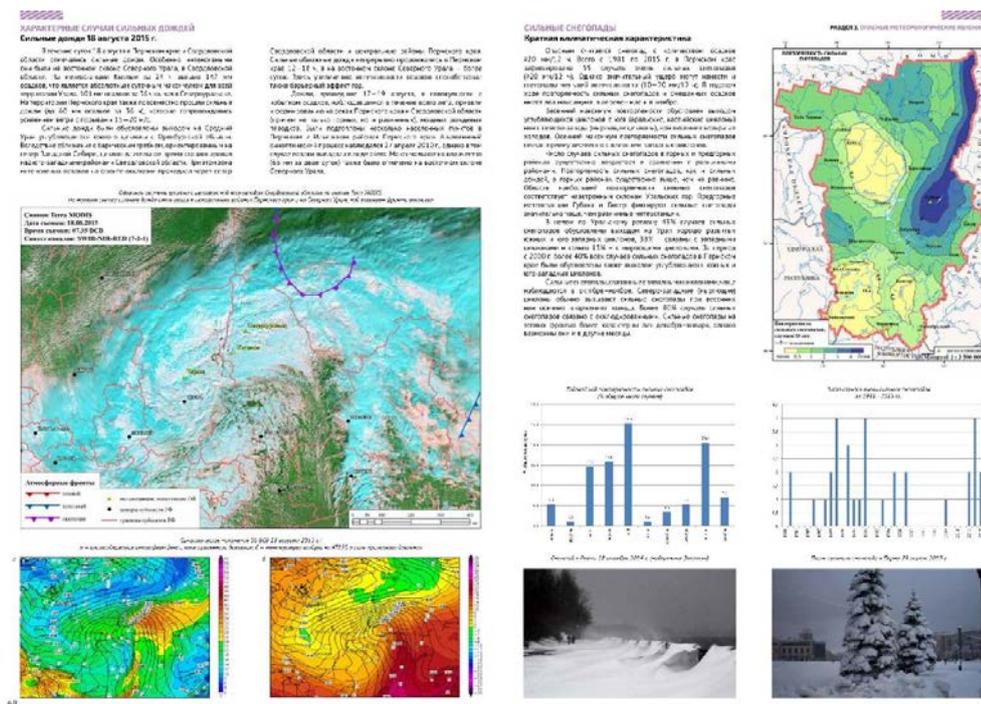


Рис.8 – Фрагмент атласа «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья» [9]

Помимо этого, для решения задач мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и вызываемых ими чрезвычайных ситуаций, в России и за рубежом разработано множество картографических веб-сервисов (большинство из них – на национальном уровне) [9]. Чаще всего эти сервисы узко специализированы, т.е. направлены на мониторинг и прогноз одного или нескольких видов опасных явлений.

На региональном уровне исследований в области картографирования опасных гидрометеорологических явлений известно сравнительно немного [9]. Это может быть связано с дефицитом исходной информации о случаях таких явлений, а также слабой разработанностью методических аспектов картографирования [9].

Одним из примеров реализации картографического веб-приложения, направленного на изучение и мониторинг метеорологического режима и условий термического комфорта, является система визуализации данным метеостанций Netatmo [3].

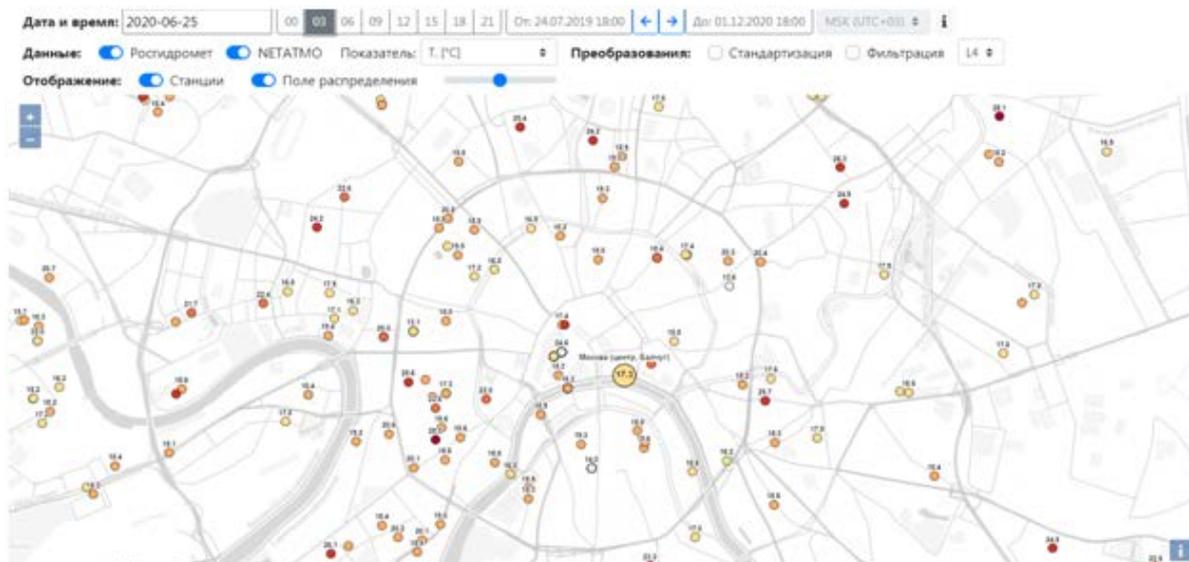


Рис.9 – Пример работы картографического веб-приложения для срока 3:00 25 июня 2020 г., 3 ч. Крупные пунсоны показывают значения температуры воздуха по данным метеостанций Росгидромета, маленькие – по данным персональных метеостанций Netatmo [13]

Климат большого города отличается от окружающих территорий за счет эффектов островов тепла и других микро- и мезоклиматических особенностей [3]. Характерной особенностью городских ландшафтов является ярко выраженная мозаичность, что определяет высокую пространственную изменчивость микроклиматических условий и термического комфорта [3].

В настоящее время веб-приложение позволяет визуализировать значения температуры воздуха в различных районах города по данным метеостанций Netatmo и Росгидромета с задержкой в 1-3 часа относительно реального времени (на рис.9 представлена работа данного сервиса) [3].

### **Заключение: основные тенденции**

Неотъемлемой отраслью тематической картографии является составление карт климатических и метеорологических показателей. Эта сфера обладает своими особенностями и уникальной историей развития. Во многом от грамотного понимания процессов климата и влияния человечества на них

зависит жизнь будущих поколений. Одним из инструментов, позволяющих работать с такими данными, являются карты и атласы.

Основные тенденции современного этапа картографирования связаны с развитием и внедрением геоинформационных подходов, математического моделирования климата, отображением изменчивости, динамики и трендов климатических показателей, разработкой новых способов картографического изображения (типограмм, сложных локализованных знаков, динамичных знаков и т.д.) [4].

Важной задачей является создание банков данных по отдельным климатическим показателям для картографирования глобальных и региональных изменений климата за отдельные годы и за длительные периоды наблюдений.

Активно разрабатываются теория и методика эколого-климатического картографирования [4]. Создаются инвентаризационные карты загрязнения атмосферного воздуха, оценочные и прогнозные карты. Обоснованы методы картографирования антропогенных изменений климата и возможных модификаций природной среды, связанных с изменениями климата [4].

Зарубежные авторы отмечают, что для качественного составления и успешного дальнейшего исследования по климатическим картам необходимо выполнить несколько условий [11]:

- Для оценки и улучшения карт климата и его изменений следует проводить систематическую оценку картографического дизайна и качества карт;
- Необходимо изучить влияние карт на исследования в области климата и в дальнейшем выработать политику для составления такого типа карт;
- Ученые-климатологи должны включать картографов в непосредственному участие в исследованиях климата.

**Библиографический список:**

1. Абдуллин Р.К., Шихов А.Н., Тарасов А.В. Структура и информационное наполнение электронного атласа изменений климата Урала. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 2. С. 247–259. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-247-259
2. Батуев А. Р. и др. Экологический атлас бассейна озера Байкал: картографическая инновация //География и природные ресурсы. – 2015. – №. 1. – С. 5-16.
3. Варенцов М.И., Самсонов Т.Е., Каргашин П.Е., Коростелева П.А., Варенцов А.И., Перхурова А.А., Константинов П.И. Применение данных персональных метеостанций Netatmo для исследования городского климата, мониторинга и картографирования метеорологических условий и термического комфорта Московском мегаполисе //Enviromis-2020. – 2020. – С. 332-336.
4. Географическое картографирование: карты природы: учебное пособие / Под ред. Е.А. Божилиной. – 2-е изд., доп. – М.: ИД «КДУ». -316 с.: табл., ил.
5. Левитин И.Е. и др. Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология. – М.: Федеральное агенство геодезии и картографии, 2007.
6. Карское море. Экологический Атлас / ООО «Арктический Научный Центр». — Москва, 2016. — 271, [1] с. : ил. — (Серия: «Атласы морей Российской Арктики»).
7. Касимов Н. С., Котляков В.М., Чилингаров А.Н., Красников Д.М., Тикунов В.С. Национальный атлас Арктики: структура и этапы разработки //Лед и снег. – 2015. – Т. 55. – №. 1. – С. 4-14.

8. 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.
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. – №. 144. – С. 208-226.
10. Экологический Атлас. Черное и Азовское моря / ПАО «НК «Роснефть», ООО «Арктический Научный Центр», Фонд «НИР». — Москва: Фонд «НИР», 2019. — 464 с.: ил. — (Экологические атласы морей России).
11. McKendry, J. E., & Machlis, G. E. (2008). Cartographic design and the quality of climate change maps. *Climatic Change*, 95(1-2), 219–230. doi:10.1007/s10584-008-9519-5
12. Атласная информационная система «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья» [Электронный ресурс]. — <http://ais.maps.psu.ru/> (дата обращения 30.11.2020).
13. Сайт сервиса по метеорологическому наблюдению на основе персональных станций персональных метеостанций Netatmo и сети Росгидромета на территорию Московского мегаполиса [Электронный ресурс]. — <http://carto.geogr.msu.ru/mosclim/> (дата обращения 30.11.2020)
14. Экологический атлас бассейна оз. Байкал [Электронный ресурс]. — <http://bic.iwlearn.org> (дата обращения 30.11.2020)
15. Грищенко М. Ю. и др. ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (НА

- ПРИМЕРЕ МОСКВЫ) //ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26. – №. 2. – С. 298-312.
16. Тикунов В. С., Яблоков В. М. Атласная информационная система для Байкальского региона //ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2013. – Т. 19. – С. 197-202.
17. Тикунов В. С., Капралов Е. Г., Кошкарев А. В. Основы геоинформатики: В 2 кн //Кн1: учебное пособие для вузов–М.: Академия. – 2004.

*Оригинальность 87%*