

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

*А.Ю. Богданович, О.Н. Липка**

Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б; **olipka@mail.ru*

Реферат. На основе данных открытых источников проанализированы различные способы визуализации климатической информации на картах с точки зрения удобства для конечных пользователей, которые зачастую не являются климатологами. Показано разнообразие методов визуализации, а также их основные достоинства и недостатки. На примере субъектов трёх Федеральных округов (ЦФО, СЗФО и СКФО) предложены варианты дополнения или замены картографической информации с помощью диаграмм для облегчения сравнения показателей и восприятия результатов. В каждом субъекте РФ проанализировано несколько метеопараметров: среднегодовая приземная температура воздуха, средняя за год сумма осадков, разность осадков и испарения, а также облачность за летний и зимний сезоны. Графики изменений этих параметров для трёх периодов (базового 1981-2000 гг., а также 2041-2060 и 2080-2099 гг. сценария RCP8.5) удачно выполняют функцию сопоставления климатической информации для субъектов и регионов за разные годы и показывают изменения более наглядно, чем исходные карты.

Ключевые слова. Климатические данные, прикладная климатология, изменения климата, визуализация информации, картографическое отображение, климатические графики.

Введение

Прикладная климатология является поставщиком необходимой информации для таких отраслей экономики, как сельское хозяйство, строительство, лесное хозяйство, транспорт (наиболее зависимы – морской и авиация), рыбный промысел, туризм, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера защиты населения от чрезвычайных ситуаций и др. Изменения климата и необходимость адаптации делают прогнозную климатическую информацию неотъемлемой частью планирования долгосрочной деятельности на любом уровне: от странового до локального.

В профессиональной климатической литературе встречается все больше публикаций с модельными прогнозами изменений климата, примерами возможных последствий и необходимыми мерами адаптации. Однако в большинстве случаев информация изложена сугубо научными сложными терминами с использованием методов визуализации, принятыми в узком профессиональном сообществе. Кроме того, для различных целей использования наиболее удобными могут быть разные виды визуализации.

Т.к. визуализация значительно облегчает восприятие информации, актуальной задачей является подбор таких методов, которые помогут конечным пользователям легче понять и успешнее интегрировать климатические данные при планировании адаптационных мероприятий.

Целью данной работы являлось проанализировать методы визуализации климатической информации, показать их разнообразие, оценить степень удобства для конечных пользователей, а также возможности оптимизации, в том числе через дополнение или замену картографической информации на графики и диаграммы.

Методы и материалы

В данной статье использовались данные только открытых источников, которыми легко могут воспользоваться для прикладных исследований специалисты любых отраслей. Выбирались актуальные для пользователей климатические отчеты, а также примеры интересных решений.

Оценивалось не качество и содержание картографических материалов, а методы донесения информации, наглядность и удобство восприятия конечными пользователями, соответствие целям создания карты.

Информация о прогнозах изменений климата отбиралась с сайта Климатического центра Росгидромета (Климатический центр Росгидромета), подготовленная Главной геофизической обсерваторией Росгидромета им. А. И. Воейкова (ГГО). Данные об изменениях основных климатических параметров приводятся как результат расчетов для территории Российской Федерации с помощью ансамбля глобальных климатических моделей, принявших участие в 5-й фазе международного проекта сравнения объединенных моделей (CMIP5). Все оценки приводятся для сценариев изменения содержания парниковых газов и аэрозолей в атмосфере RCP4.5 и RCP8.5 и для трех временных горизонтов: начало (2011-2030 гг.), середина (2041-2060 гг.) и конец (2080-2099 гг.) XXI века по отношению к базовому климатическому периоду 1981-2000 гг. В статье использовались данные для двух более поздних периодов и сценария RCP8.5, т.к. изменения климатических параметров для них проявляются ярче.

Для примеров визуализации с сайта Климатического центра Росгидромета были отобраны данные для следующих параметров: среднегодовая температура воздуха у поверхности, среднегодовые суммарные осадки, среднегодовое значение разности осадков и испарения у поверхности, а также значения облачности в среднем за год и за зимний и летний сезоны. Для наглядности результатов сравнения все субъекты Российской Федерации были объединены на графиках по Федеральным округам, что часто применяется в аналитических работах и отчетах. Для статьи были отобраны три федеральных округа, расположенные в контрастных природно-климатических условиях: Северо-Западный (включает арктические территории), Центральный (умеренные условия), Северо-Кавказский (юг страны и горы).

В случае со значениями параметров температуры воздуха у поверхности и суммы осадков дополнительно использовались данные их значений для базового климатического периода 1981-2000 гг., опубликованные на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД»). Для целей публикации исходные месячные или суточные данные пересчитывались в годовые и усреднялись.

Отображение соотношения прогностических данных и изменений в базовом периоде потребовало выбора неких опорных точек, в которых бы имелся опубликованный достаточно длинный ряд наблюдений. Для климатического исследования было бы необходимо копировать методику осреднения данных для субъектов Федерации, использованную ГГО. Однако для целей анализа методов визуализации можно было упростить задачу и использовать по одной станции наблюдений для каждого из субъектов. Так, информация о температуре воздуха и сумме осадков за период 1981-2000 гг. обрабатывалась непосредственно по данным административных центров/столиц регионов. В случаях, когда метеорологические данные в них отсутствовали, использовалась информация с ближайших к административным центрам метеорологических станций. Если опубликованных в открытом доступе данных ни по одной станции не было, приходилось использовать станции, расположенные в другом субъекте Федерации (табл. 1). Кроме того, выбор осуществлялся в пользу тех станций, которые имели наименьшее отличие от столиц с точки зрения положения высоты над уровнем моря, ландшафта, прибрежного/внутриконтинентального положения и т. д.

В результате для значений температуры воздуха из 85 субъектов РФ в 27 случаях метеостанция находилась вне территории административного центра/столицы; для значений суммы осадков – в 36 случаях. Также были рассчитаны значения метеорологических параметров для четырех регионов, которые находятся в Арктической зоне РФ на островах: архипелаг Земля Франца-Иосифа, архипелаг Новая Земля (Архангельская область), архипелаг Северная Земля (Красноярский край) и Новосибирские острова (Республика Саха (Якутия)). Они были обеспечены как статистическими, так и прогностическими исходными данными.

Для получения среднегодовых значений приземной температуры воздуха и суммы осадков среднемесячные значения с сайта ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД» усреднялись за год для $T_{\text{приз}}$ и суммировались за год для осадков. В тех случаях, когда уже рассчитанных на сайте среднемесячных значений метеопараметров не было, использовались данные по срокам, которые также усреднялись в несколько этапов для получения среднегодовых значений.

Любое осреднение метеопараметров по площади для каждого из субъектов РФ, как и выбор репрезентативных станций, конечно, не совсем полно описывает распределение этих параметров для всей территории исследования. Скорее всего, достаточно высокую репрезентативность сопоставляемых данных можно ожидать в тех регионах, которые имеют относительно небольшую равнинную территорию. Крупные протяженные регионы, а также горные со зна-

чительными перепадами высот, качественно охарактеризовать таким способом невозможно. Тем не менее, для анализа методов визуализации климатической информации оно может быть использовано в качестве наглядного примера способов донесения информации до конечных пользователей.

Таблица 1. Метеостанции, использовавшиеся для расчета метеорологических параметров в субъектах Российской Федерации

	Субъект Федерации	Пункт наблюдений	
		температура	осадки
ЦФО	Белгородская область	Готня	Готня
	Брянская область	Брянск	Брянск
	Владимирская область	Переславль-Залесский	Переславль-Залесский
	Воронежская область	Воронеж	Богородицкое-Фенино
	Ивановская область	Переславль-Залесский	Переславль-Залесский
	Калужская область	Сухиничи	Сухиничи
	Костромская область	Кострома	Кострома
	Курская область	Курск	Курск
	Липецкая область	Конь-Колодезь	Конь-Колодезь
	Москва	Москва, ВДНХ	Москва, ВДНХ
	Московская область	Коломна	Коломна
	Орловская область	Поныри	Поныри
	Рязанская область	Рязань	Рязань
	Смоленская область	Смоленск	Смоленск
	Тамбовская область	Тамбов	Земетчино
	Тверская область	Старица	Старица
	Тульская область	Плавск	Плавск
Ярославская область	Рыбинск	Переславль-Залесский	
СЗФО	Архангельская область	Архангельск	Архангельск
	Земля Франца-Иосифа	Им. Ю.Т. Кренкеля ГМО	Им. Ю.Т. Кренкеля ГМО
	Новая Земля	Малые Кармакулы	Малые Кармакулы
	Вологодская область	Вологда	Вологда
	Калининградская область	Калининград	Калининград
	Республика Карелия	Петрозаводск	Петрозаводск
	Республика Коми	Сыктывкар	Сыктывкар
	Ленинградская область	Белогорка	Белогорка
	Мурманская область	Мурманск	Мурманск
	Ненецкий АО	Нарьян-Мар	Нарьян-Мар
	Новгородская область	Старая Русса	Старая Русса
	Псковская область	Псков	Пушкинские горы
	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург
СКФО	Республика Дагестан	Махачкала	Дербент
	Республика Ингушетия	Владикавказ	Грозный
	Кабардино-Балкарская Республика	Кисловодск	Кисловодск
	Карачаево-Черкесская Республика	Зеленчукская	Зеленчукская
	Республика Северная Осетия - Алания	Владикавказ	Грозный
	Ставропольский край	Ставрополь	Ставрополь
	Чеченская Республика	Грозный	Грозный

Результаты и обсуждение

Примеры картографической визуализации данных. Карта является прекрасным способом визуализации пространственной информации, в том числе климатической. Разработано множество способов отображения параметров, выбор которых зависит от целей создания карты, наличия данных, масштаба и удобства для восприятия.

Примеры интерактивных карт с данными прогностических параметров опубликованы на сайте Климатического центра Росгидромета. Несомненным плюсом такой реализации является цветовая палитра на карте, характеризующая количественные значения данных в конкретном регионе. Цвета подобраны таким образом, чтобы не только отражать степень изменения параметра, но и было удобно воспринимать различия между близкими градациями. Пользователь может выбрать и посмотреть изменения каждого атмосферного параметра для нескольких временных интервалов и разных сценариев изменения климата RCP (рис. 1, 2). Однако для сравнения параметров за разные годы карты необходимо перезагружать, что не очень удобно.



Рисунок 1. Данные об изменении приземной температуры воздуха сценария RCP 8.5 (Климатический центр Росгидромета)

Согласно работам других источников можно располагать несколько карт рядом или друг под другом, если они небольшого размера (рис 3, 4). Такой способ подходит для отображения сравнительно небольших территорий, т.к. масштаб выбирается мелкий (Веземская и др., 2019) или, при достаточной однородности информации, для крупной территории (Анализ и прогноз..., 2018).

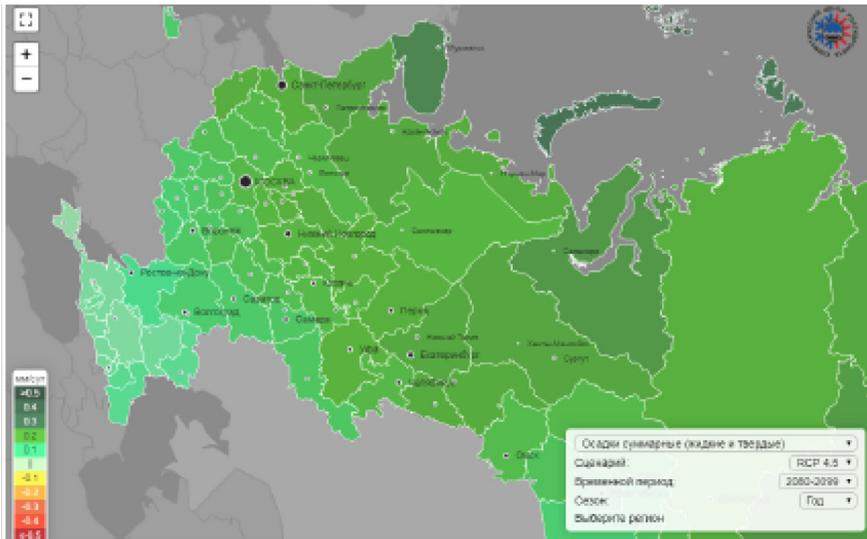


Рисунок 2. Данные об изменении суточных сумм осадков для сценария RCP 4.5 (Климатический центр Росгидромета)

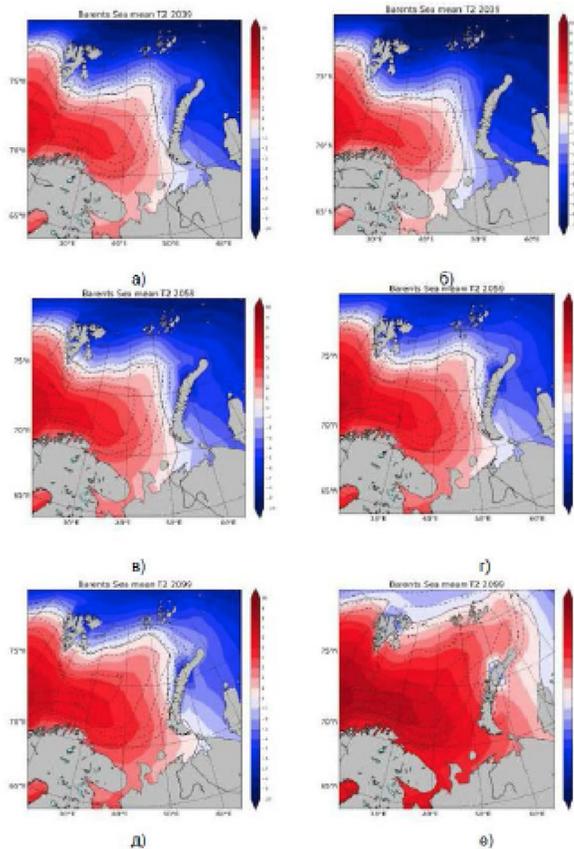


Рисунок 3. Температура воздуха для Баренцева моря. RCP4.5 (а) 2030–2039, (б) 2050–2059, (в) 2090–2099 гг.; RCP8.5: (г) 2030–2039, (д) 2050–2059, (е) 2090–2099 гг. (Веземская и др., 2019)

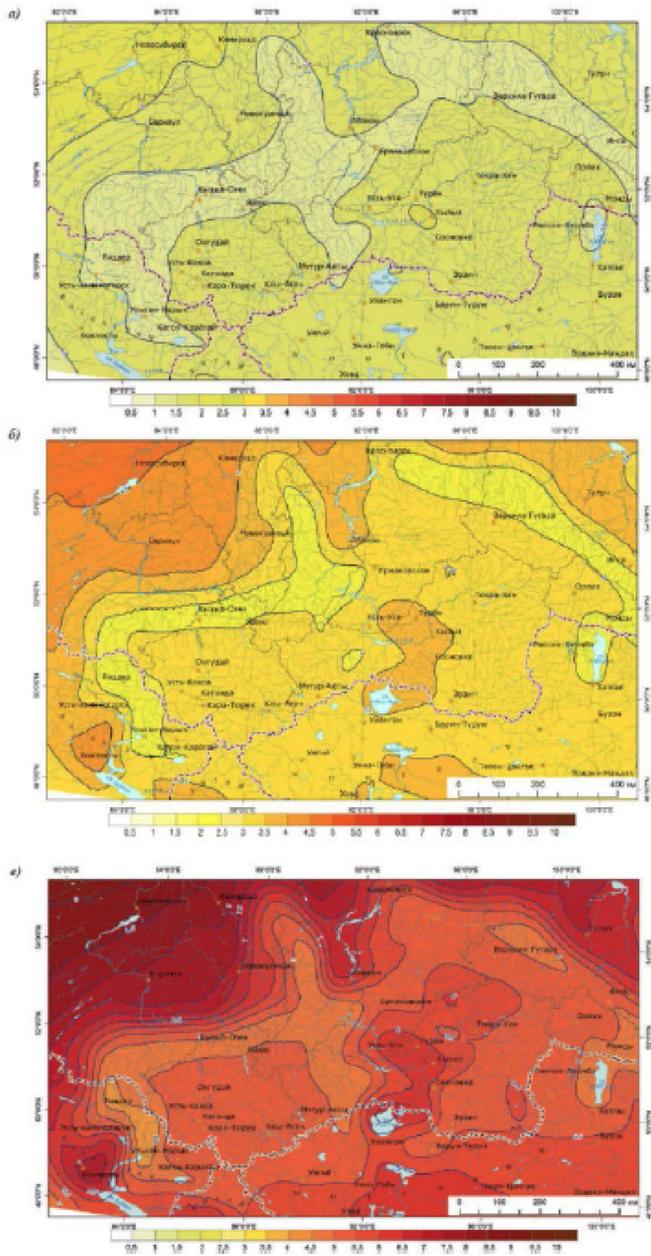


Рисунок 4. Средние изменения среднесуточной температуры воздуха (°C) зимой для периодов 2030–2039 гг. (а), 2050–2059 гг. (б) и 2090–2099 гг. (в) по отношению к базовому периоду (1990–1999 гг.) (Анализ и прогноз..., 2018)

Традиционным картографическим методом является заливка разными цветами территорий с разными характерными особенностями – способ качественного фона (рис. 5). На карте «Районирования территории России по наличию экстремальных гидрометеорологических явлений и их сочетаний» (Кренке, Чернавская, 2003) выделы хорошо читаются благодаря использованию контрастных цветов. Однако получившаяся в результате

пестрота контуров быстро утомляет зрение, поэтому в российской картографии более принято использовать пастельные тона, так называемую «нежную картографическую расцветку».

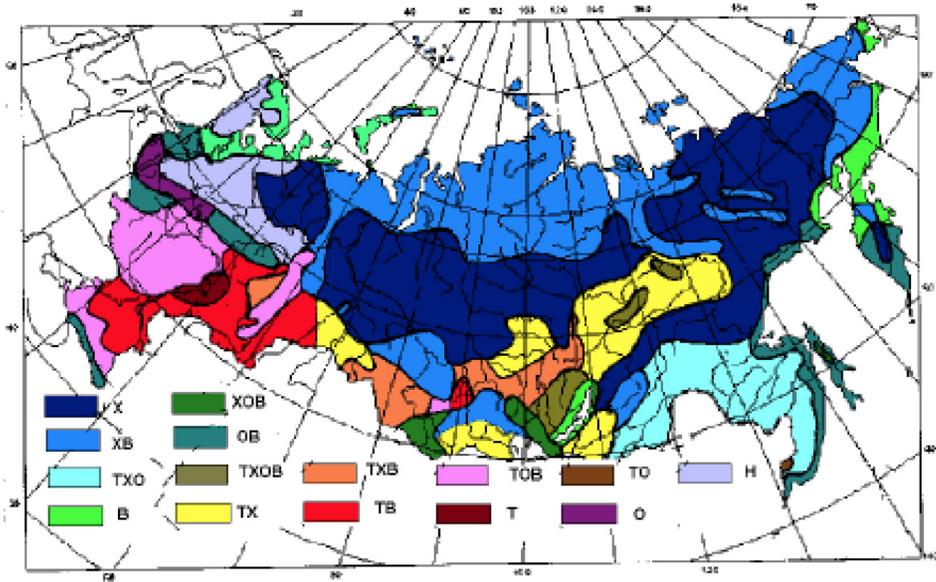


Рисунок 5. Районирование территории России по наличию экстремальных гидрометеорологических явлений и их сочетаний

T – тепло, X – холодно, O – осадки, B – ветер, H – отсутствие опасных для транспорта гидрометеорологических явлений (Кренке, Чернавская, 2003)

Хорошо воспринимается градиентная заливка, особенно если она состоит из двух цветов. Последовательное изменение тона показывает усиление или ослабление параметра, позволяет вводить большое количество градаций (Доклад об особенностях климата..., 2019). Сложности возникают в том случае, если по карте с градиентной заливкой необходимо установить точные значения, а полутона сливаются, изолинии подписаны редко.

Как правило, градиентная заливка дает возможность добавить дополнительную информацию, например, линейные или точечные объекты, для которых играет роль фона (рис. 6). Карты такого типа могут быть реализованы в любом масштабе, от глобального до локального в зависимости от нужд пользователей. Вопрос, скорее, в наличии качественных данных наблюдений или прогнозов.

Слишком редкое расположение изолиний на карте воспринимается как недостаток изображения (рис. 7).

В таком случае предпочтительно изменить масштаб на более мелкий (рис. 8), или представить информацию в виде графиков, таблиц.

Заливка, совмещенная со штриховкой, позволяет отображать различные градации и совмещать разные климатические и климатообусловленные явления (рис. 9).

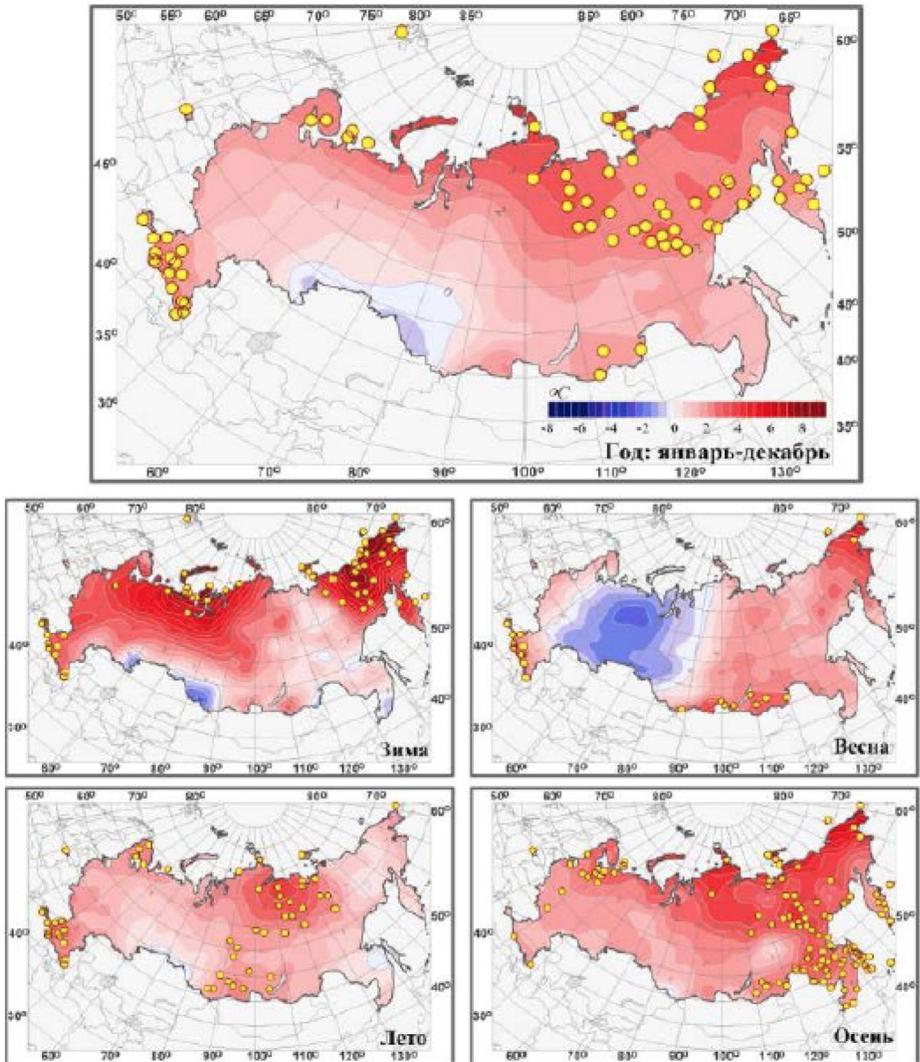


Рисунок 6. Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2018 г. (отклонения от средних за 1961–1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки) (Доклад об особенностях климата..., 2019)

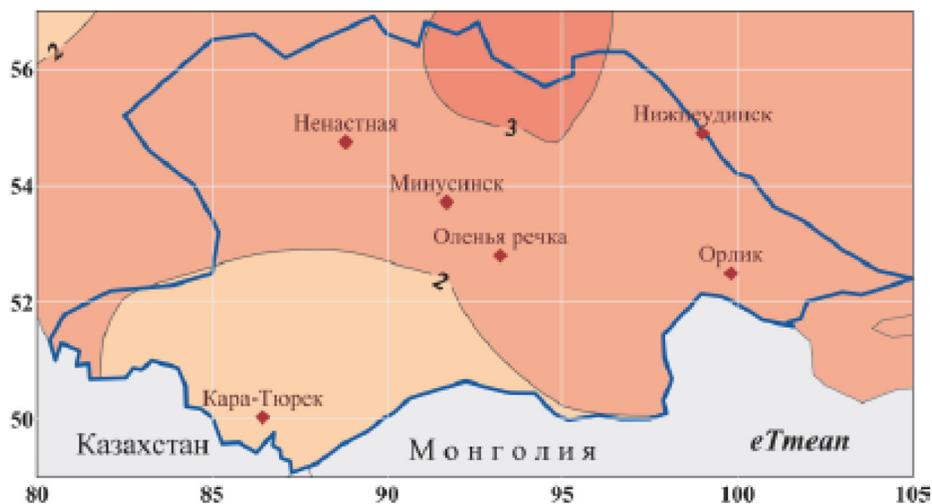


Рисунок 7. Регрессионный прогноз изменения 30-летних норм среднегодовой температуры приземного воздуха на территории Алтае-Саянского экорегиона от 1976–2005 гг. к 2006–2035 гг. при предписанном сценарием SRES A1B изменении концентрации диоксида углерода (Изменение климата..., 2011)

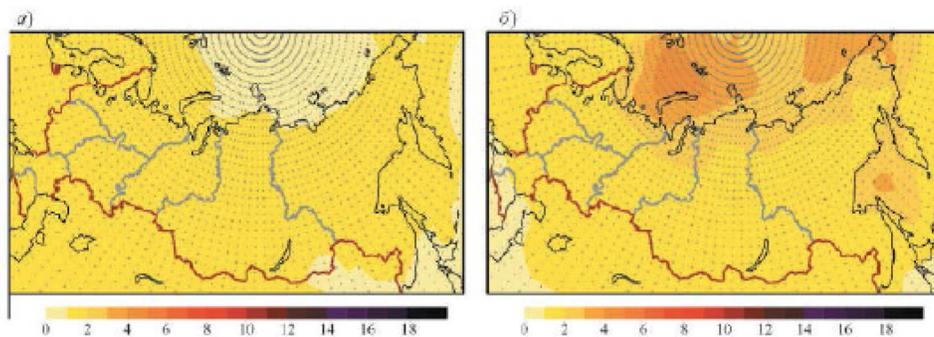


Рисунок 8. Изменения средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) в периоды 2011–2030 (а, б) по отношению к концу XX в. летом (а) и зимой (б) по оценкам ансамбля из 31 модели CMIP5 для сценария RCP4.5

Точками показаны регионы, где отношение среднего по ансамблю изменения температуры и межмодельного разброса превышает 1 (Второй оценочный доклад..., 2014)

Для локальных явлений удобно использовать нанесение точек или пиктограмм (рис. 10). Они привлекают внимание, легко воспринимаются и запоминаются, дают возможность показать разные объекты и их взаимосвязи на одной иллюстрации. К недостаткам данного метода визуализации можно отнести низкую точность привязки информации к территории на карте, а также сложность соотнесения с территорией, т.к. значки закрывают собой характерные особенности на картографической основе: фрагменты береговой линии, гидрологические объекты, населенные пункты и т.д.

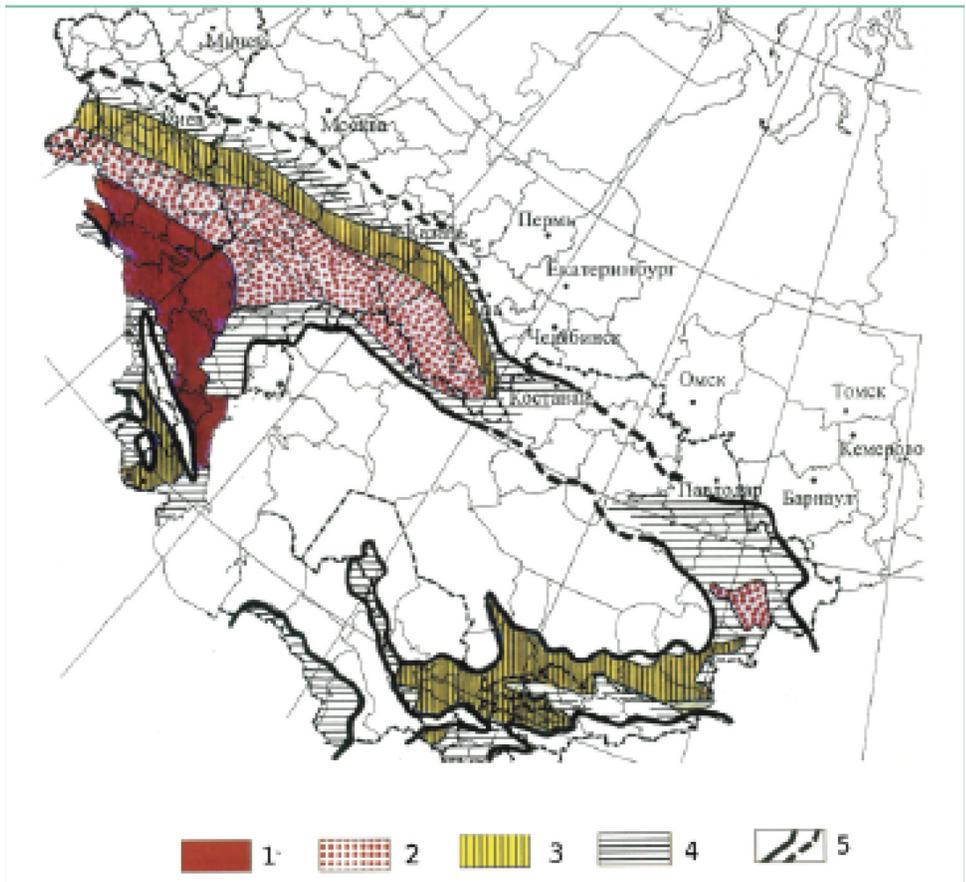


Рисунок 9. Ареал вредной черепашки с выделением зон вредоносности и указанием возможного расширения его границ на территории России и соседних стран
1 – зона постоянной высокой вредоносности; 2 – зона периодически высокой вредоносности; 3 – зона низкой вредоносности; 4 – зоны обитания вида; 5 – границы фактического (сплошная линия) и возможного (пунктирная линия) ареала вида (Павлюшин и др., 2010)

Можно размером значка показать силу того или иного фактора, его интенсивность, частоту, количество событий, или ранжировать площадь фактической территории распространения. На «Карте пожаров» ИТЦ СКАНЭКС размер кружка соответствует количеству термоточек (рис. 11).

Климатические данные можно вставить в виде климадиаграмм на карты другой тематики, чтобы помочь восприятию основной информации (рис. 12). Недостатки данного метода описаны выше при рассмотрении визуализации с помощью крупных значков и пиктограмм.

Совмещение различных картографических приемов позволяет соединить на одной иллюстрации несколько явлений одновременно, что необходимо для построения карт уязвимости или потенциала адаптации (рис. 13). Штриховка различной густоты, однотонная сплошная и точечная заливки, линейные объекты разных цветов отражают разную степень уязвимости территории о. Вайгач к неблагоприятным изменениям климата (Алейников и др., 2014).

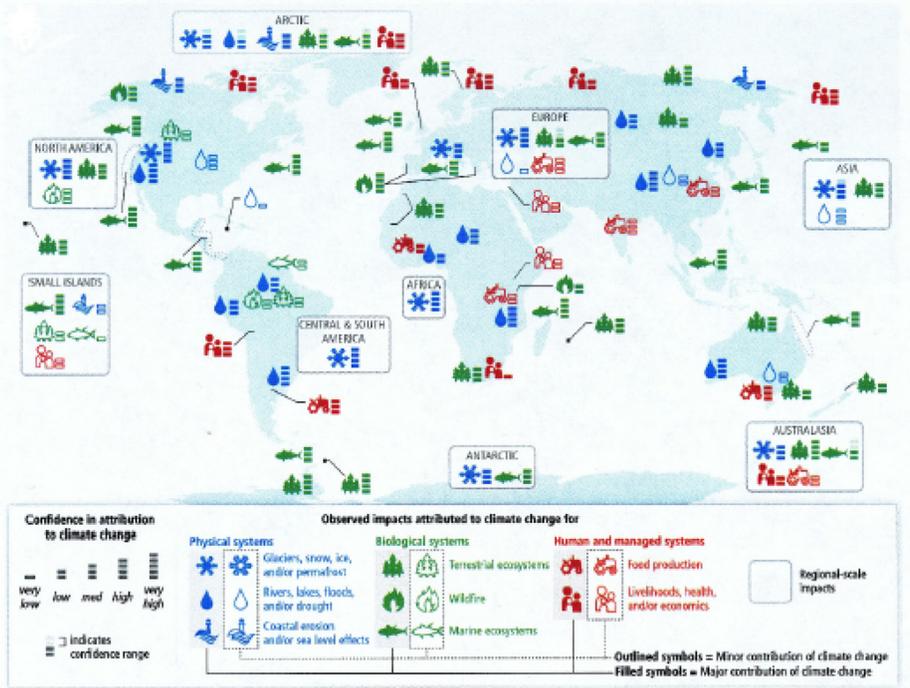


Рисунок 10. Глобальные типы воздействий в последние десятилетия, объясняемых изменением климата, согласно результатам исследований после Четвертого оценочного доклада МГЭИК

Воздействия показаны в целом диапазоне географических масштабов. Условные обозначения указывают категории объясняемых воздействий, относительный вклад изменения климата (основной или незначительный) в наблюдаемое воздействие, и степень достоверности установления причины (IPCC, 2014)

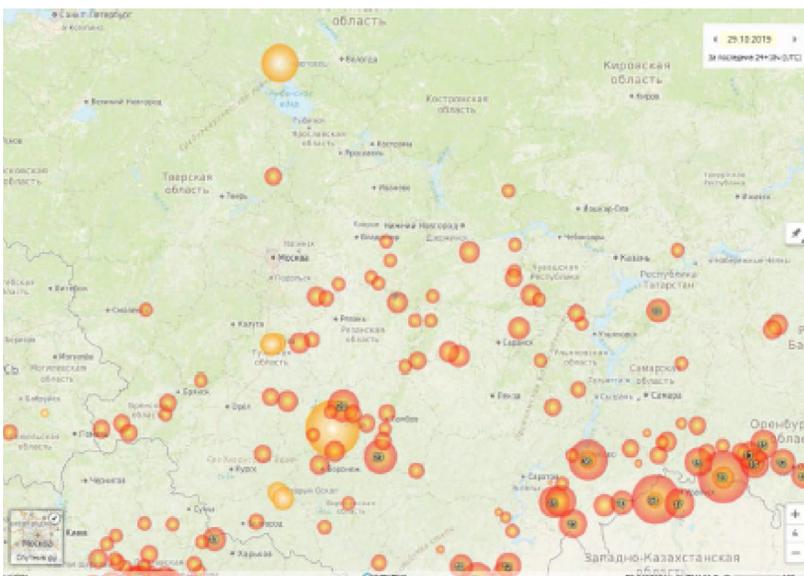


Рисунок 11. Карта пожаров (СКАНЭКС)

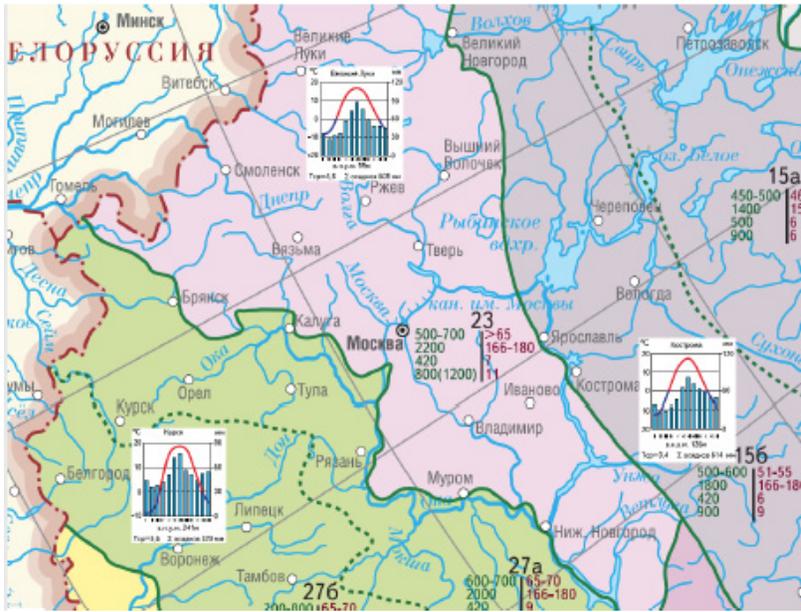


Рисунок 12. Фрагмент карты «Биомы России», масштаб 1:7 500 000 (WWF, 2018)

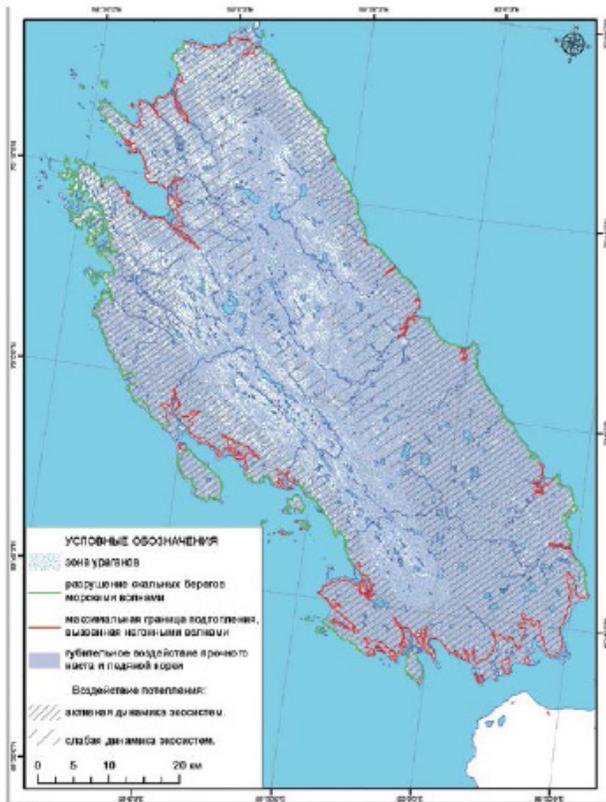


Рисунок 13. Карта воздействия климатообусловленных явлений на экосистемы (Алейников и др., 2014)

Визуализация с помощью графиков на основе картографической информации. Предоставление информации в виде графиков и диаграмм является популярным методом визуализации. Они могут дополнять картографические изображения или заменять их, в зависимости от целей и задач публикации. Столбчатые диаграммы позволяют как сравнивать между собой изменяющиеся абсолютные величины для разных временных интервалов, так и отображать изменения нарастающим итогом.

В данной работе графики строились на основе интерактивных карт с привлечением дополнительной информации, чтобы облегчить для пользователей возможность сравнения показателей, или подчеркнуть их особенности, которые недостаточно ярко проявляются при анализе картографических материалов.

Наиболее привычна для пользователей информация об абсолютных значениях температур. Она приводится во многих справочниках и прикладных методических пособиях.

На сайте Климатического центра Росгидромета представлена информация только об изменении температуры, однако пользователей всегда интересуют абсолютные значения. Для целей визуализации данные с интерактивной карты были соединены с информацией о базовом периоде с сайта ВНИИГМИ.

Информация о приземной температуре воздуха для каждого федерального округа представлена на рис. 14-16, где по оси абсцисс показаны субъекты Федерации, по оси ординат – значения среднегодовой приземной температуры воздуха в °С. Зеленые столбики соответствуют среднегодовому значению $T_{\text{приз}}$ за базовый климатический период 1981-2000 гг., рассчитанные по данным с сайта ВНИИГМИ. Желтые и красные столбики представляют значения спрогнозированной среднегодовой приземной температуры воздуха для середины (2041-2060 гг.) и конца (2080-2099 гг.) XXI века соответственно (сценарий RCP8.5).

Можно увидеть, насколько более теплыми станут условия в том или ином регионе. Особенно контрастными на графиках выглядят Северо-Западный и Северо-Кавказский федеральные округа из-за значительных амплитуд природных условий. В первом случае регион включает арктические острова с отрицательными среднегодовыми температурами, во втором – предгорья Кавказа с высокими температурами.

Очень важно показать скорость, с которой происходили или будут происходить изменения того или иного метеопараметра, причем по сравнению с наблюдаемой скоростью изменений. С этой целью были построены графики изменений приземной температуры воздуха (рис. 17-19) для сценария RCP8.5. На графиках по оси абсцисс отложены субъекты в каждом из федеральных округов, по оси ординат – дельта среднегодовой приземной температуры воздуха в °С. Зеленые столбики – дельта $T_{\text{приз}}$ за базовый климатический период 1981–2000 гг. (данные ВНИИГМИ), желтые и красные столбики показывают приращение среднегодовой приземной температуры воздуха между двумя периодами: желтые – между 1981-2000 и 2041-2060 гг., а красные – между 2041-2060 и 2080-2099 гг. (данные Климатического центра).

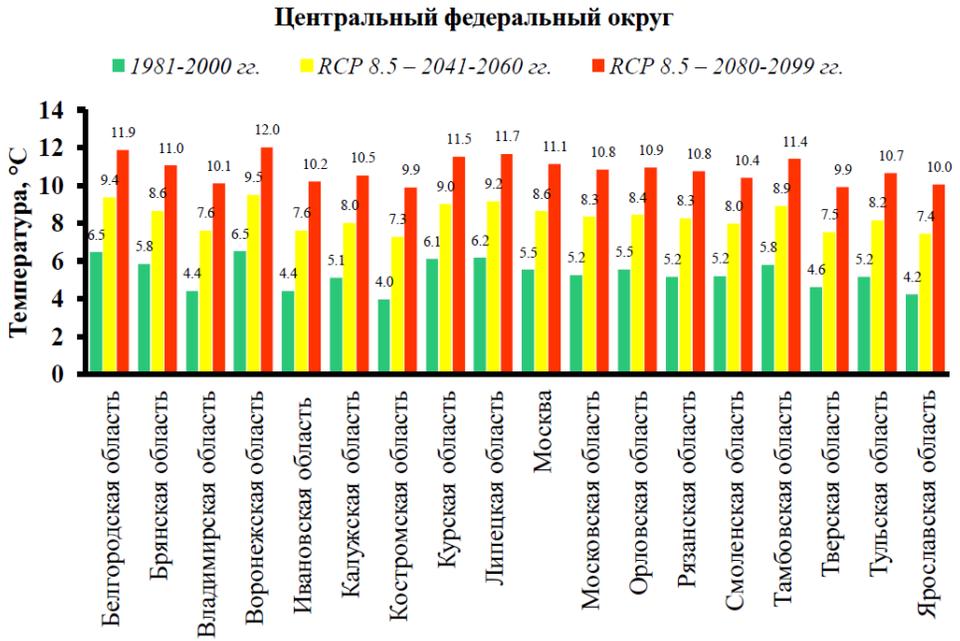


Рисунок 14. Значения среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в ЦФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

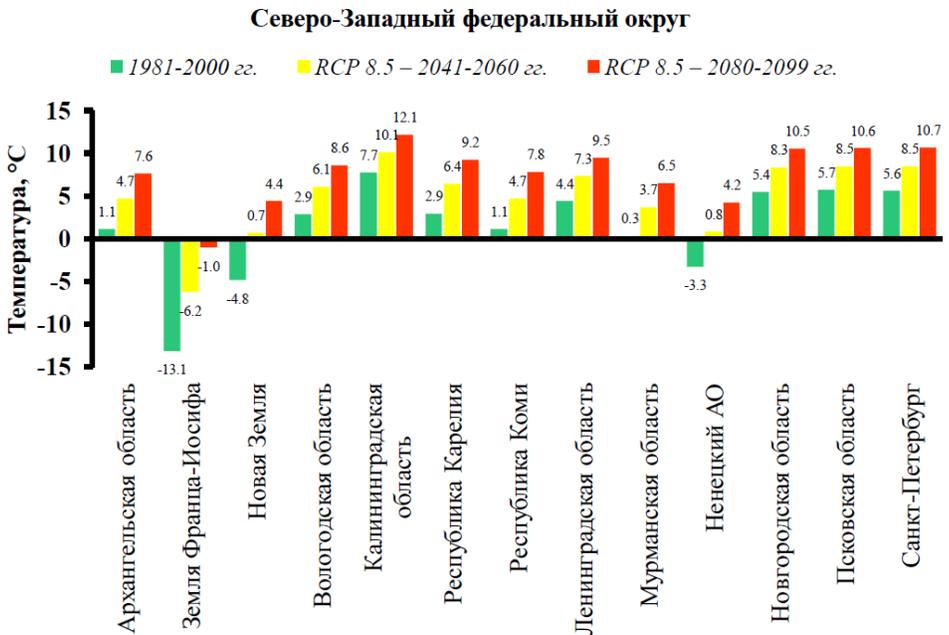


Рисунок 15. Значения среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в СЗФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5



Рисунок 16. Значения среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в СКФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

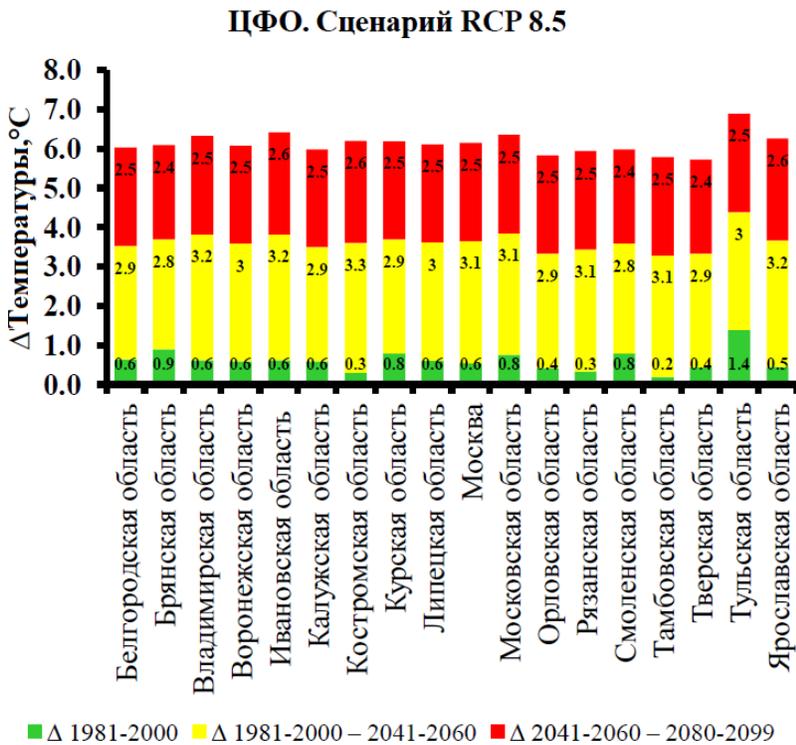


Рисунок 17. Дельта среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в ЦФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

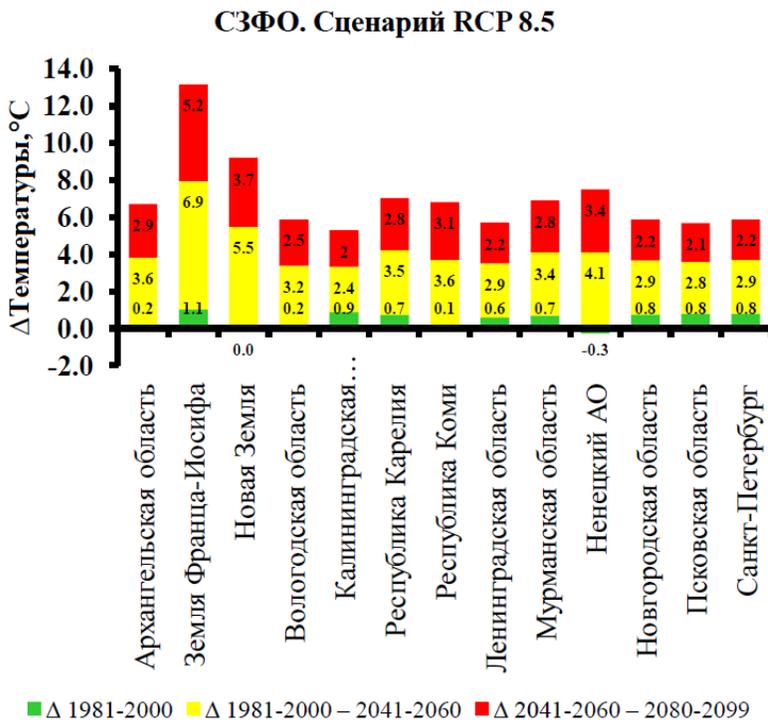


Рисунок 18. Дельта среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в СЗФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

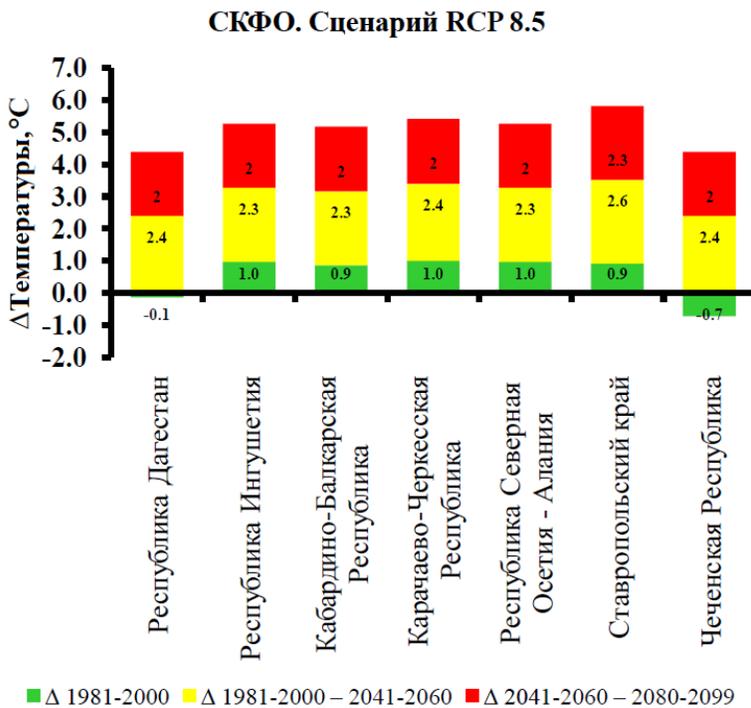


Рисунок 19. Дельта среднегодовой приземной температуры воздуха по субъектам РФ в СКФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

На графиках данного типа можно увидеть, в каком из временных периодов и на какой территории температура изменяется существеннее и соотнести скорость изменений с современной.

Прогностические данные на сайте Климатического центра Росгидромета для осадков представлены в «мм/сут». Однако такая единица измерения непривычна для рядовых пользователей, которые в большей степени привыкли к исчислению осадков в единицах «мм/год». Именно в мм/год представлена информация во всех региональных и отраслевых климатических справочниках, поэтому для наглядности и удобства пользователей было необходимо перевести мм/сут в мм/год, что привело к искажению исходных данных, но способствовало лучшему восприятию информации. Искажение проявилось в том, что при переводе в мм/год появляется неопределённость получаемой величины до нескольких единиц, т.к. точность первоначальных данных осадков, представленных в мм/сут, составляет один знак после запятой. По этой же причине (улучшения наглядности и удобства) графики отражают абсолютные величины осадков, а не их изменение, что позволяет легче сопоставлять с имеющейся информацией о количестве осадков по данным многолетних наблюдений.

Данные об осадках для каждого федерального округа представлены на рис. 20-22 (сценарий RCP8.5), где по оси абсцисс показаны субъекты в федеральном округе, по оси ординат – среднегодовые значения сумм осадков в мм/год.

Синие столбики соответствуют значениям сумм осадков за базовый климатический период 1981-2000 гг., рассчитанные по данным с сайта ВНИИМГИ. Светлые и темные зеленые столбики представляют значения спрогнозированной среднегодовой суммы осадков для середины (2041-2060 гг.) и конца (2080-2099 гг.) XXI века соответственно (рис. 20-22).

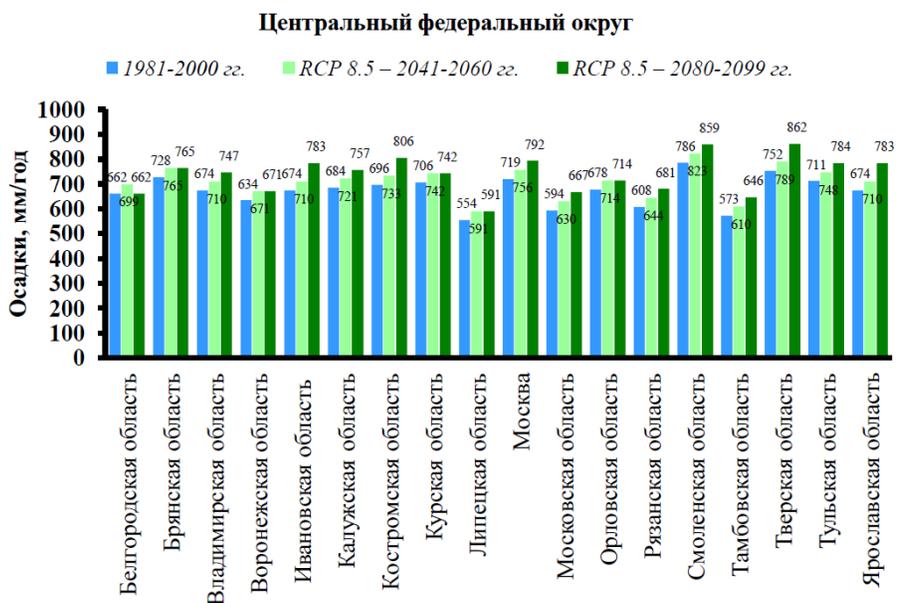


Рисунок 20. Значения среднегодовой суммы осадков по субъектам РФ в ЦФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

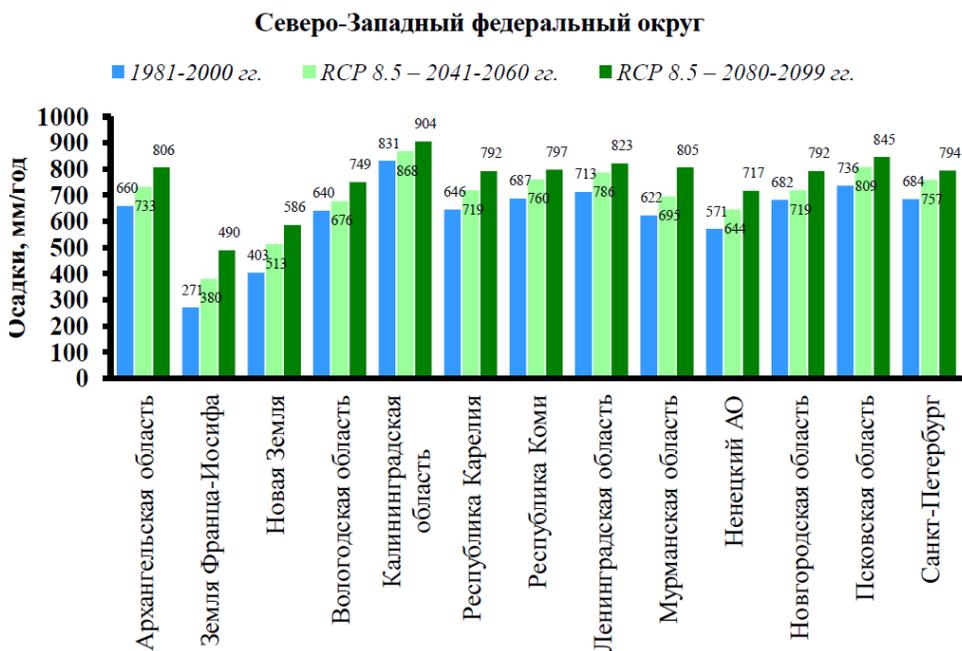


Рисунок 21. Значения среднегодовой суммы осадков по субъектам РФ в СЗФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5



Рисунок 22. Значения среднегодовой суммы осадков по субъектам РФ в СКФО за базовый климатический период и прогноз по сценарию RCP 8.5

В некоторых субъектах Федерации среднегодовое количество в конце века начинает уменьшаться по сравнению с серединой. Соответственно, построить графики изменения количества осадков, аналогичные температуре, уже не представляется возможным из-за сложного наложения диапазонов.

Показатель «осадки минус испарение» по сути, показывает, насколько суше или влажнее станет на территории. Для базового периода информацию в открытых источниках найти не удалось. На сайте Климатического центра Росгидромета доступна информация о диапазоне значений изменения показателя для каждого временного интервала (т. е. об ансамбле показателя и его размахе). При построении графиков диапазоны значений пересекаются, график получается сложным, но наглядно показывающим динамику ситуации. На рис. 23-25 показаны изменения для сценария RCP8.5: желтый столбик показывает разброс значений разностей между периодами 1981-2000 и 2041-2060 гг., красный – между периодами 2041-2060 и 2080-2099 гг. Коричневый столбик соответствует пересечению этих двух интервалов, то есть значения в пределах этого столбика могут относиться и к первому (желтый) и ко второму (красный) периодам. По оси абсцисс отложены субъекты в каждом федеральном округе, по оси ординат – изменчивость приращений разности осадков и испарения в мм/год. Здесь, также, как и для случая значений суммы осадков, единицы мм/сут были переведены в мм/год.

ЦФО. Сценарий RCP 8.5

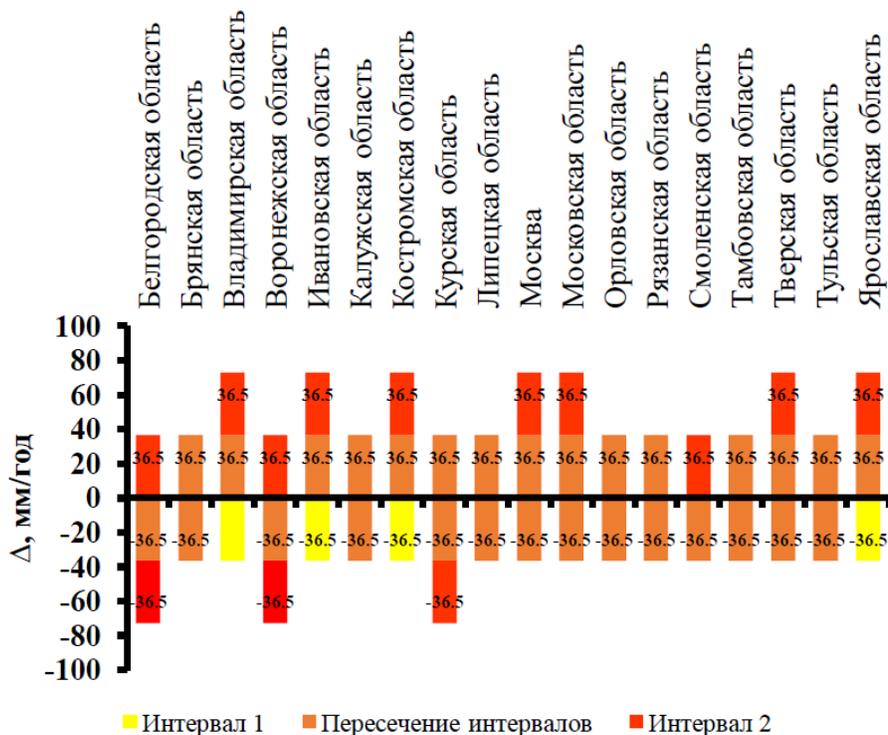


Рисунок 23. Значения разброса показателя «осадки минус испарение» по интервалам времени по субъектам РФ в ЦФО; прогноз по сценарию RCP 8.5

СЗФО. Сценарий RCP 8.5

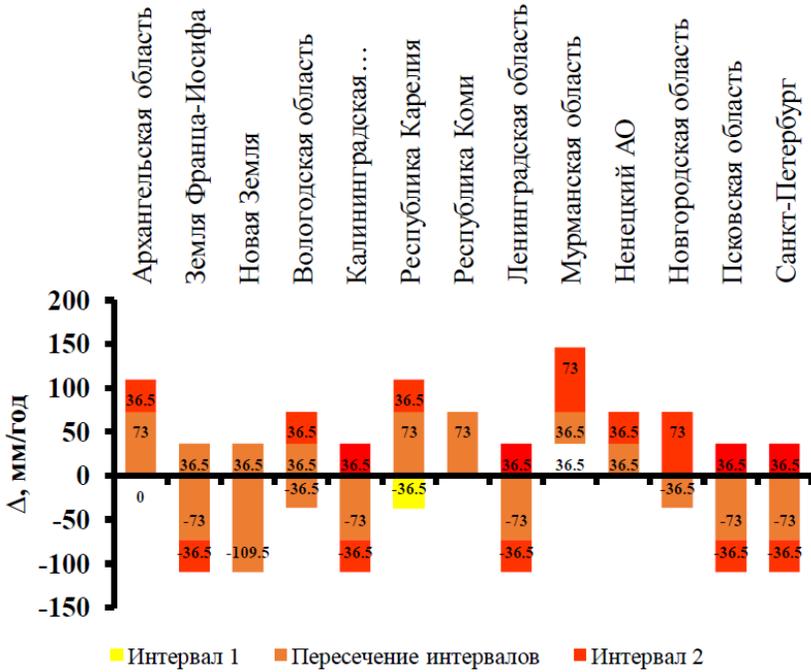


Рисунок 24. Значения разброса показателя «осадки минус испарение» по интервалам времени по субъектам РФ в СЗФО; прогноз по сценарию RCP 8.5

СКФО. Сценарий RCP 8.5

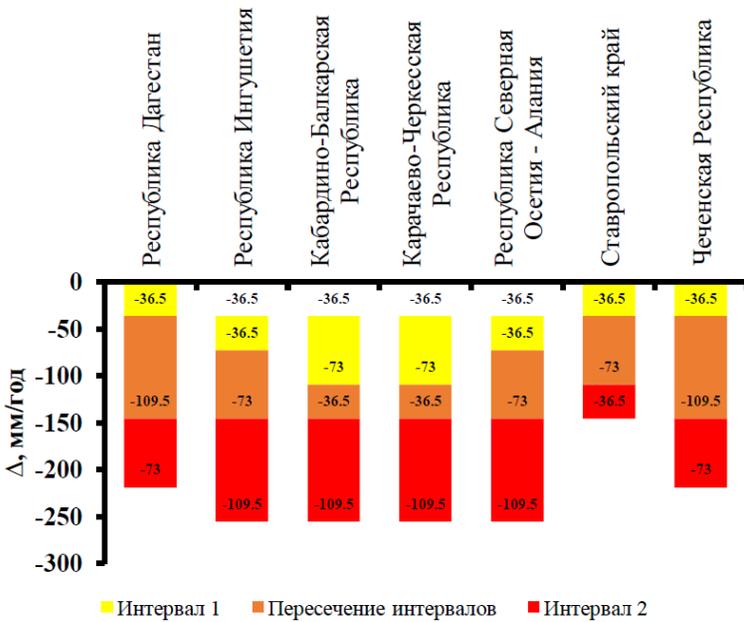


Рисунок 25. Значения разброса показателя «осадки минус испарение» по интервалам времени по субъектам РФ в СКФО; прогноз по сценарию RCP 8.5

Графики на рис. 23-25 отражают ситуацию, когда вариативность параметра велика. Для эффективной адаптации нужно ориентироваться не на средний показатель, а быть готовым как к минимальному, так и к максимальному развитию событий.

Среднегодовые значения изменений метеопараметров не всегда отражают суть будущих изменений в течение всего года. Так, на примере прогноза значений облачности можно показать пользователям, что эти изменения зимой и летом отличаются с точностью до знака (рис. 26-28). В таком случае для практических целей необходимо использовать сезонную, а не среднегодовую информацию.

На графиках по оси абсцисс отложены субъекты РФ, по оси ординат – дельта облачности в %. Серые столбики показывают среднегодовую изменчивость для двух периодов: светло-серые между 1981-2000 и 2041-2060 гг., а темно-серые между 2041-2060 и 2080-2099 гг. Синие столбики отображают изменчивость облачности для зимы для тех же двух периодов: между 1981-2000 и 2041-2060 гг. (голубые столбики), а также между 2041-2060 и 2080-2099 гг. (синие столбики). И, наконец, столбики с красным оттенком характеризуют изменчивость облачности для летнего времени года: между 1981-2000 и 2041-2060 гг. (розовые столбики) и между 2041-2060 и 2080-2099 гг. (яркие красные столбики).

Если в Северо-Кавказском Федеральном округе количество облачности сокращается во все сезоны, то в Северо-Западном и Центральном округах зимой она увеличивается, а летом сокращается. Отметим, что на территории Земли Франца-Иосифа в СЗФО облачность увеличивается и зимой, и летом.

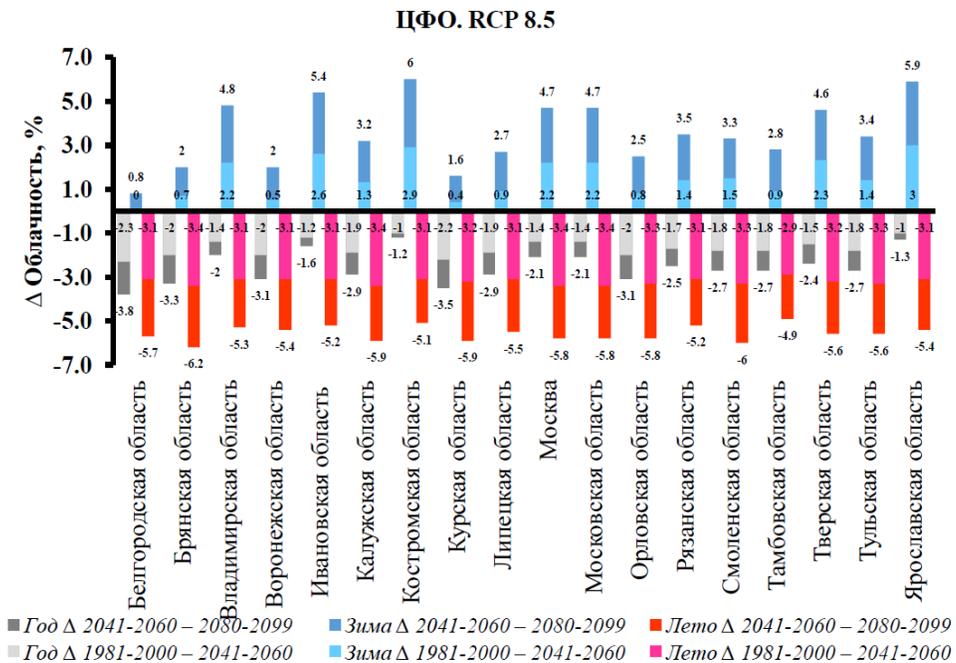


Рисунок 26. Значения дельты облачности по субъектам РФ в ЦФО прогноз по сценарию RCP 8.5

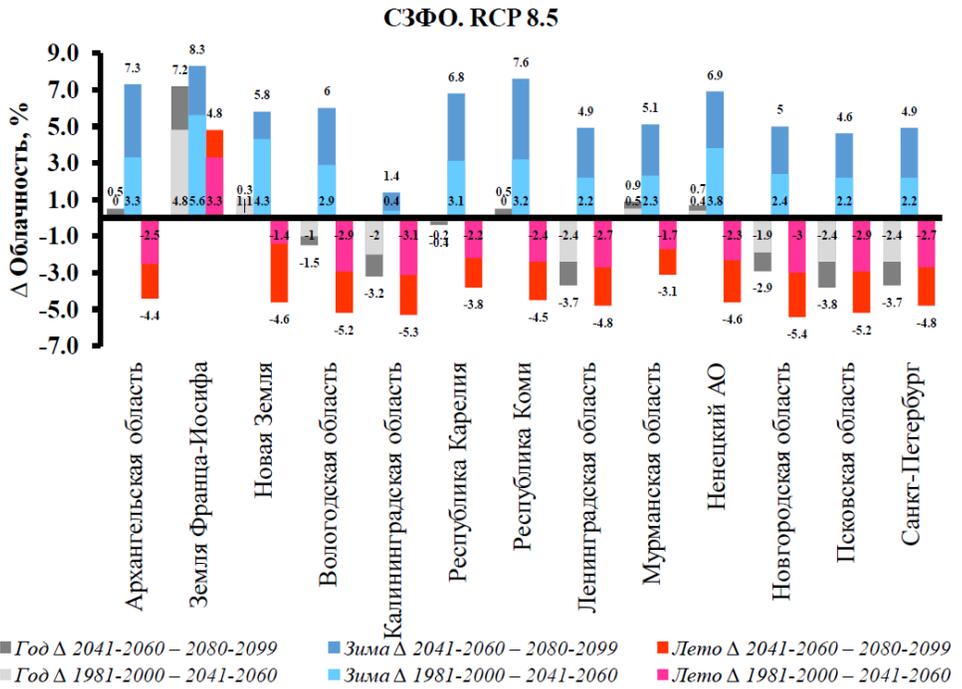


Рисунок 27. Значения дельты облачности по субъектам РФ в СЗФО прогноз по сценарию RCP 8.5

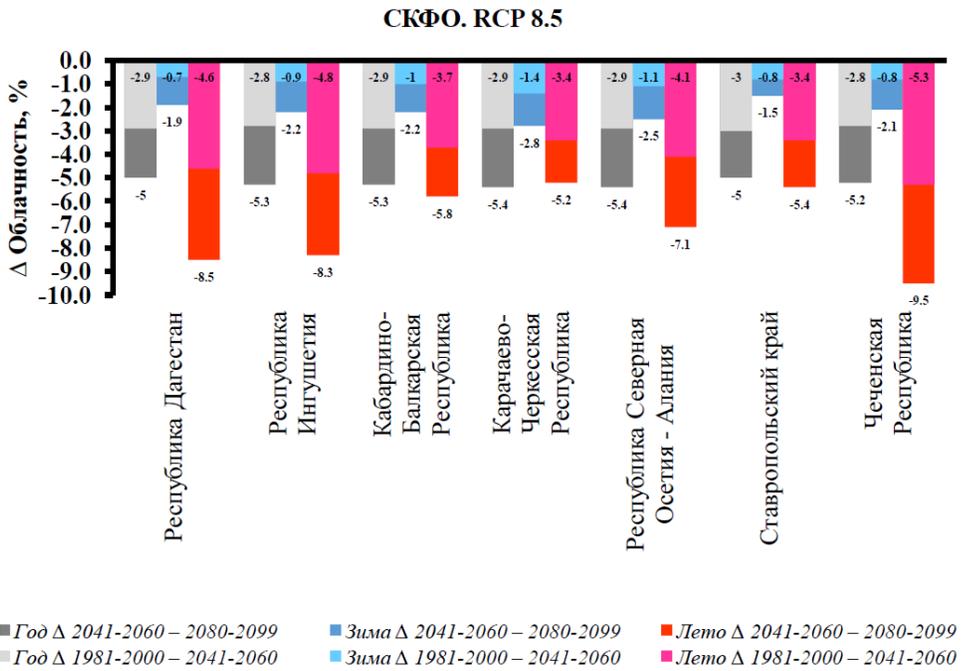


Рисунок 28. Значения дельты облачности по субъектам РФ в СКФО прогноз по сценарию RCP 8.5

Рисунки 26-28 получились еще более сложными для восприятия, чем для разницы осадков и испарения. Однако они также успешно выполняют функцию сопоставления климатической информации для разных регионов за разные годы и показывают изменения более наглядно, чем исходные карты.

Заключение

Картографическая информация удобна для визуализации пространственных различий климатических параметров. Масштаб, степень детализации, способ отображения подбираются в зависимости от задач и нужд конечных пользователей. Наиболее популярными методами передачи информации на климатических картах традиционно являются изолинии в сочетании с качественным фоном (заливкой). Дополнительно используются внесмаштабные значки, штриховки, пиктограммы, климадиаграммы и др. методы визуализации.

Как перегруженность, так и малое количество информации на карте воспринимаются как недостаток. Аналогично слишком блеклые или близкие по тону цвета сливаются и затрудняют чтение карт, а слишком яркие – утомляют зрение.

В ряде случаев отображение в виде графиков более удобно, чем в виде карт, т.к. позволяет сопоставлять информацию для разных территорий за разные периоды, в том числе нарастающим итогом.

Выбор методов визуализации зависит от целей донесения информации и конечной целевой аудитории. Предпочтительно выбирать более привычные параметры, которые пользователи могут легко сопоставить с уже имеющимися у них данными из разных источников.

Список литературы

Алейников А.А., Алейникова А.М., Бочарников М.В., Глазов П.М., Головлев П.П., Головлева В.О., Груза Г.В., Добролюбова К.О., Евина А.И., Жбанова П.И., Замолотчиков Д.Г., Зенин Е.А., Калашникова Ю.А., Кожин М.Н., Кокорин А.О., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Кущева Ю.В., Липка О.Н., Микляев И.А., Микляева И.М., Никифоров В.В., Павлова А.Д., Постнова А.И., Пухова М.А., Ранькова Э.Я., Стишов М.С., Суткайтис О.К., Уваров С.А., Фомин С.Ю., Хохлов С.Ф. 2014. Остров Вайгач: природа, климат и человек. – М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 542 с.

Анализ и прогноз изменений климата в Российской части Алтае-Саянского экорегиона и на приграничных территориях Казахстана и Монголии. 2018. – М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 289 с.

Биомы России. Карта для высшей школы. Масштаб 1:7500000. Отв. ред. Г. Н. Огуреева. 2018. – М., WWF-России. Электронный ресурс. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/bio/biomy-rossii> (дата обращения 5 ноября 2019).

Веземская П.С., Гулев С.К., Селиванова Ю.В., Тилинина Н.Д., Маркина М.Ю., Криницкий М.А., Шармар В.Д. 2019. Прогноз и анализ изменений кли-

мата в Российской части Баренцева моря. – М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 611 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. – М., Росгидромет, 1009 с. http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/1.htm.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. 2019. – Москва., Росгидромет, 79 с.

Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад. Под ред. А.О. Кокорина. 2011. – М., Всемирный фонд дикой природы (WWF России), 168 с.

Карта пожаров. ИТЦ СКАНЭКС (Россия). Электронный ресурс. URL: <https://fires.ru> (дата обращения 5 ноября 2019 г.).

Климатический центр Росгидромета. Изменение климата России в 21-м веке. Электронный ресурс. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke> (дата обращения 5 ноября 2019 г.).

Кренке А.Н., Чернавская М.М. 2003. Районирование России по сочетанию климатических экстремумов. – Известия РАН. Серия географическая, № 2, с. 17-26.

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., 2010. Вредная черепашка: распространение, вредоносность. Методы контроля. Приложение к журналу: Защита и карантин растений, № 1, 32 с.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., and White L.L. (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

Статья поступила в редакцию: 13.11.2019 г.

После переработки: 03.04.2020 г.

VISUALIZATION OF APPLIED CLIMATIC INFORMATION FOR USERS

*A.Yu. Bogdanovich, O.N. Lipka**

Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation; *olipka@mail.ru

Abstract. Based on open source data various ways to visualize climate information on maps have been analyzed in terms of convenience for final users who are often not climate scientists. The variety of imaging methods as well as their main advantages and disadvantages are shown. On the examples of the constituent entities of three Federal districts (Central Northwestern and North Caucasian) versions of adding or replacing cartographic information are proposed with the help of diagrams to facilitate a comparison of indicators and perception of results. Several meteorological parameters have been analyzed in each constituent entity of the Russian Federation: average annual surface air temperature, average annual amount of precipitation and the difference between precipitation and evaporation, as well as cloud cover for the summer and winter seasons. Graphs of changes of this parameter for three periods of time (base 1981-2000, as well as 2041-2060 and 2080-2099 of the RCP8.5 scenario) successfully perform the function of comparing climate information for different constituent entities and regions for various years and show the variability more clearly than the source cards.

Keywords. Climate data, applied climatology, climate change, information visualization, mapping, climate graphs.

References

Aleynikov A.A., Aleynikova A.M., Bocharnikov M.V., Glazov P.M., Golovlev P.P., Golovleva V.O., Gruza G.V., Dobrolubova K.O., Evina A.I., Zhananova P.I., Zamolodchikov D.G., Zenin E.A., Kalashnikova Yu.A., Kozhin M.N., Kokorin A.O., Krylenko I.V., Krylenko I.N., Kushcheva Yu.V., Lipka O.N., Miklyaev I.A., Miklyayeva I.M., Nikiforov V.V., Pavlova A.D., Postnova A.I., Puhova M.A., Ran'kova E.J., Stishov M.S., Sutkaitis O.K., Uvarov S.A., Fomin S.J., Khokhlov S.F. 2014. *Ostrov Vajgach: priroda, klimat i chelovek* [Vaigach Island: Nature, Climate and Man]. Moscow. WWF-Russia, 542 p.

Analiz i prognoz izmenenij klimata v Rossijskoj chasti Altae-Sayanskogo ekoregiona i na prigranichnyh territoriyah Kazahstana i Mongolii [Climate change analysis and projections for the Russian part of the Altai-Sayan ecoregion and Kazakhstan and Mongolia frontiers]. 2018. Moscow: WWF-Russia, 289 p.

Biomy Rossii. Karta dlya vysshej shkoly. Masshtab 1:7500000 [The Biomes of Russia. High school map. Scale 1:7500000]. 2018. Senior Ed. G. N. Ogureeva. Moscow: WWF-Russia, Electronic resource. Available at: <https://wwf.ru/what-we-do/bio/biomy-rossii/> (accessed 5 November 2019).

Verezemskaya, P.S., Gulev, S.K., Selivanova, Yu.V., Tilinina, N.D., Markina, M.Yu., Krinitsky, M.A., Sharmar, V.D. 2019. *Prognoz i analiz izmenenij klimata v Rossijskoj chasti Barenceva moray* [The projections and the analysis of climate changes in the Russian part of the Barents Sea]. Moscow. WWF-Russia, 611 p.

Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [Second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]. 2014. Moscow. Roshydromet, 1009 p. http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/1.htm

Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2018 god [Report on Climate Features in the Territory of the Russian Federation for 2018]. 2019. Moscow. Roshydromet, 79 p.

Izmenenie klimata i ego vozdejstvie na ekosistemy, naselenie i hozyajstvo rossijskoj chasti Altae-Sayanskogo ekoregiona: ocenochnyj doklad [Climate Change and its Impact on Ecosystems, Population and Economy of the Russian Part of Altai-Sayan Ecoregion: Assessment Report]. 2011. Chief Ed. A.O. Kokorin. Moscow. WWF-Russia, 168 p.

Karta pozharov. ITC SKANEKS (Rossiya) [Fire map. SCANEX (Russia)]. Electronic resource. Available at: <https://fires.ru> (accessed 5 November 2019).

Klimaticheskij centr Rosgidrometa. Izmenenie klimata Rossii v 21-m veke [Roshydromet Climate Center. Climate change in Russia at the 21st century]. Electronic resource. Available at: <http://cc.voekovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke> (accessed 5 November 2019).

Krenke, A.N., Chernavskaya, M.M. 2003. Rajonirovanie Rossii po sochetaniyu klimaticheskikh ekstremumov [The zoning of Russia by the combination of climate extremes]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya – News of RAS. Series geographical*, no. 2, pp. 17 -26.

Pavlyushin, V.A., Vilkovala, N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., 2010. Vrednaya cherepashka: rasprostranenie, vredonosnost'. Metody kontrolya [Harmful turtle: spread, malware. Control Methods], *Prilozhenie k zhurnalu: Zashchita i karantin rastenij – Appendix to the Journal: Plant Protection and Quarantine*, no. 1, 32 p.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., and White L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.