

# Использование информационно-вычислительной системы «Климат» для повышения осведомленности населения и лиц, принимающих решения, о последствиях климатических изменений для региона.

Гордова Ю.Е., Рязанова А.А., Титов А.Г., Гордов Е.П.

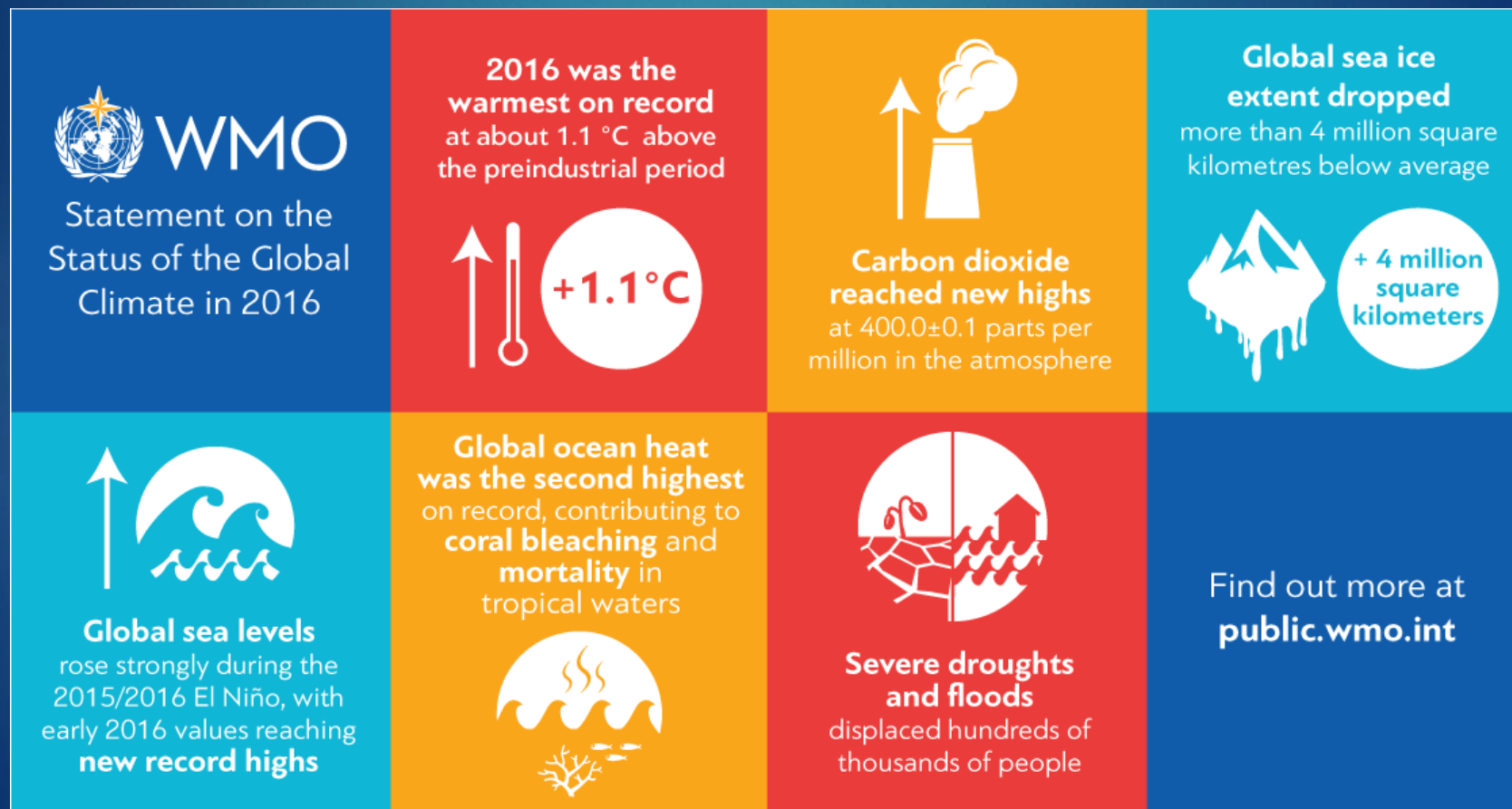
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

E-mail: [yulia@scert.ru](mailto:yulia@scert.ru)

# 1. Влияние климатических изменений на регион

2

В отчете Всемирного экономического форума о глобальных рисках в 2018 году (<http://reports.weforum.org/global-risks-2018/>) в первую десятку входят риски, связанные с климатическим фактором.



## Прогнозируются следующие последствия глобального потепления:

- ▶ таяние ледников и полярных льдов. Это ведет к затоплению территорий, смещению границ болот и низинных районов, повышению солености воды в устьях рек, а также потенциальной утрате мест проживания человека;
- ▶ изменение количества осадков (количество осадков повышается в северной части Европы и снижается в южной);
- ▶ изменение гидрологического режима, количества и качества водных ресурсов;
- ▶ воздействие на экологические системы, сельское и лесное хозяйство (смещение климатических зон в северном направлении и миграция видов дикой фауны, изменение продуктивности угодий в сельском и лесном хозяйстве).

# Росгидрометцентр – 2016 год.

4

Имеет место рост величины и частоты появления экстремальных климатических явлений, а также возрастающий ущерб для экосистем и инфраструктуры от них.

988 опасных гидрометеорологических явлений (включая агрометеорологические и гидрологические), из них 380 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизни населения.



Фото: [trasyy.livejournal.com](http://trasyy.livejournal.com)



Фото: [volgodonsk.pro](http://volgodonsk.pro)

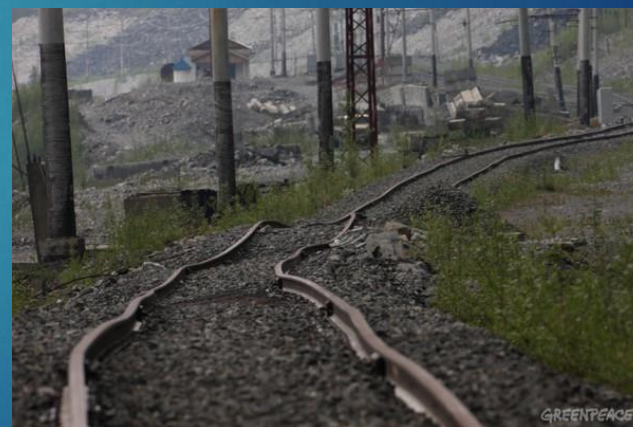
# Для Сибири :

5

- Вечная мерзлота
- Водопользование и водопотребление
- Топливо-энергетические ресурсы
- Здоровье населения
- Сельское хозяйство



*Неравномерное оседание и разрушение угла дома, в связи с таянием вечной мерзлоты. Черского, Сибирь. (Фото: В. Романовский).*



GREENPEACE

## 2. Адаптация к климатическим изменениям и уменьшение их негативных последствий

6

# Климатическая доктрина РФ

- является основой формирования и реализации политики в области климата.

Необходимым условием политики в области климата являются государственная поддержка и обеспечение соответствия мировому уровню:

- ▶ систематических наблюдений за климатом;
- ▶ фундаментальных и прикладных исследований в области климата и смежных областях науки;
- ▶ **применения результатов исследований для оценки рисков и выгод, связанных с последствиями изменений климата, а также возможности адаптации к этим последствиям.**

## 1. Подготовка молодых специалистов

### Проблемы:

- ▶ Глобальные изменения вызвали развитие технологий измерения и моделирования характеристик окружающей среды, сопровождающееся расширением понятийного и математического аппарата.
- ▶ Имеющиеся учебные программы в науках об окружающей среде не успевают адаптироваться к быстрому изменению содержания.
- ▶ Выпускники профильных факультетов поверхностно знакомы с математическим моделированием процессов в окружающей среде, не обладают должными навыками в моделировании, обработке и анализе данных наблюдений и моделирования.

## 2. Подготовка лиц, которые будут разрабатывать и применять меры по адаптации


Проблема:

Лица, ответственные за принятие решений, заинтересованные стороны и население, от которых и зависит выработка адекватных мер по адаптации и уменьшению негативных последствий изменений климата, **не имеют навыков и знаний для работы с накопленными климатическими данными** для анализа и выработки стратегии.

Необходимо дать таким группам **знание для понимания происходящих климатических процессов в регионе.**



# Адаптация и уменьшение негативных последствий

Климатические изменения – процесс, происходят постепенно  возможность приспособиться и минимизировать их негативные воздействия, организовывать мероприятия по адаптации к меняющимся условиям.

Населению и лицам, принимающим решения, необходима научно обоснованная информация о текущих и ожидаемых изменениях климата в регионе проживания, которая подготовит общественность к ожидаемым последствиям и будет стимулировать управленцев на поиск путей адаптации к ним.

# Примеры

- ▶ экономное использование дефицитных водных ресурсов;
- ▶ изменение существующих строительных норм с расчетом на устойчивость зданий к воздействию будущих климатических условий и экстремальных погодных явлений;
- ▶ Проведение противопаводковых работ и повышение уровня дамб для защиты от растущего уровня морей;
- ▶ создание засухоустойчивых культур;
- ▶ отбор лесных видов и методов ведения лесного хозяйства, менее уязвимых к ураганам и пожарам;
- ▶ улучшение сезонных прогнозов погоды, системы раннего предупреждения чрезвычайных ситуаций, системы управления рисками.

# Современное состояние

В России есть порталы с информацией о климатических изменениях и их последствиях. Но нет интерактивных сервисов и возможности получить гео-привязанные количественные характеристики современных и ожидаемых изменений.

**ПОЛЯРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
портал об Арктике, Антарктике и криосфере Земли

РУССКИЙ ENGLISH

ПОИСК:

О сайте / Новости / Контакты

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА RU

Климат  
[Изменения и прогнозы](#)  
[Адаптация](#)

Политика  
[Международные переговоры](#)  
[Деятельность России](#)

Бизнес  
[Финансовые механизмы](#)  
[Новые технологии](#)

Общество  
[Просвещение и образование](#)

Актуальные исследования / Изменение климата /

## Изменение климата

Существование нашей планеты, возникновение жизни лесов, морей, возникновение и исчезновение цивилизаций который менялся на протяжении всей истории земли.

Что такое климат? Какова его роль в нашем существовании? Кратким ответам на эти и другие вопросы, этот раздел нашего сайта.

Изменение климата особенно заметно на арктических «аборигенов» менять привычные места обитания, приспосабливаться к необычным соседям, считают ученые занимающиеся изучением влияния климата на экосистем

В научных кругах нет единства: можно ли считать измен десятилетия, глобальным потеплением климата не естественными циклами, и заметное потепление в будущем

Однако в одном ученые единодушны: Арктику не ар наиболее заметны в северных широтах — почти всем об иначе поменять свои привычки и даже ареалы обитания,

Положительная аномалия становится нормой

Наблюдения за погодой на Кольском полуострове ведут работы 25 пунктов наблюдений. В период расцвета

**Разделы**

**Изменение климата**

Наблюдаемые изменения  
Причины изменений  
Возможные последствия  
Смягчение последствий  
Уязвимость и адаптация  
МГЭИК

**Деятельность в мире**

РКИК и Киотский протокол  
Россия - ЕС  
Другие форумы

**Деятельность России**

Снижение выбросов  
Адаптация  
Киотские механизмы  
Деятельность РРЭИ

**Актуальные материалы**

1 декабря 2014

В Лиме открывается 20-я конференция участников Рамочной конвенции ООН об изменении климата

В течение двух недель на конференции будут обсуждаться перспективы выработки нового основополагающего документа в области борьбы с изменениями климата

Изменение климата Международные переговоры

1 декабря 2014

Заявление спецпредставителя Президента России по вопросам климата Александра Бедрицкого

На сайте Президента РФ опубликовано заявление специального представителя Президента по вопросам климата о позиции России

**Новости**

15 января 2015

Южная Корея запускает схему торговли квотами на выбросы продуктов сгорания

В Южной Корее 12 января 2015 г. вступила в силу схема торговли выбросами парниковых газов (ETS)

Парниковые газы Углеродный рынок Деятельность стран

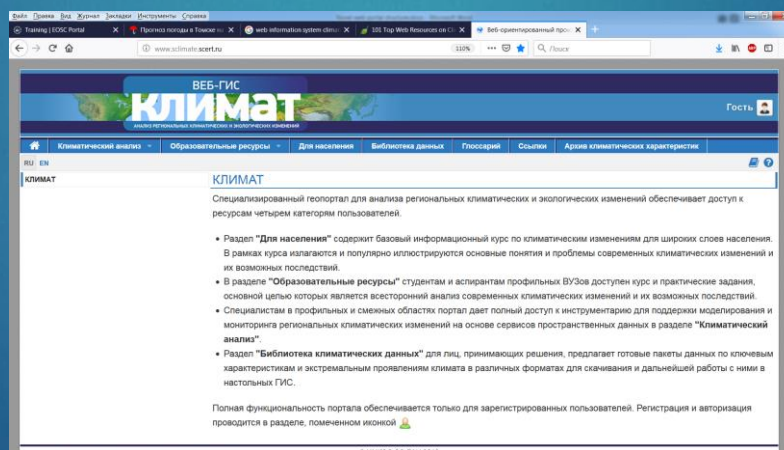
15 января 2015

В Нью-Йорке запретили пенопласт

# 3. Веб-ГИС система «Климат» для населения и управленцев

12

- ▶ Данные категории пользователей не обладают профессиональными навыками, необходимыми для прямого использования информационно-вычислительных инструментов → была создана открытая подсистема текущей версии веб-ГИС «Климат», доступная по адресу (<http://www.sclimate.scert.ru/>).



# 3. Веб-ГИС система «Климат» -

13

## функционал

- ▶ Пользователь взаимодействует с системой в любом веб-браузере.
- ▶ Результаты обработки и анализа - в виде слоев на географической карте для выбранного региона.
- ▶ Пользователь имеет доступ к базовым, заранее подготовленным слоям и может добавить новые слои, полученные на базе обработки архивов геофизических данных или численных моделей, имеющихся в системе.
- ▶ Для исследования полученных результатов пользователю предоставляется возможность выбирать интересующую географическую область, проводить увеличение и уменьшение масштаба, получать значения со всех слоев в точке, производить дополнительную обработку ранее полученных результатов (например, сравнение данных различных слоев).

# 3. Веб-ГИС система «Климат» - уровни пользователей

14

ВЕБ-ГИС  
**КЛИМАТ**  
АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Гость

Образовательные ресурсы ▾ Для населения Библиотека данных Глоссарий Ссылки Архив климатических характеристик Веб-ГИС для вычислений

RU EN

## КЛИМАТ

Специализированный геопортал для анализа региональных климатических и экологических изменений обеспечивает доступ к ресурсам четырем категориям пользователей.

- Раздел "**Для населения**" содержит базовый информационный курс по климатическим изменениям для широких слоев населения. В рамках курса излагаются и популярно иллюстрируются основные понятия и проблемы современных климатических изменений и их возможных последствий.
- В разделе "**Образовательные ресурсы**" студентам и аспирантам профильных ВУЗов доступен курс и практические задания, основной целью которых является всесторонний анализ современных климатических изменений и их возможных последствий.
- Специалистам в профильных и смежных областях портал дает полный доступ к инструментарию для поддержки моделирования и мониторинга региональных климатических изменений на основе сервисов пространственных данных в разделе "**Климатический анализ**".
- Раздел "**Библиотека климатических данных**" для лиц, принимающих решения, предлагает готовые пакеты данных по ключевым характеристикам и экстремальным проявлениям климата в различных форматах для скачивания и дальнейшей работы с ними в настольных ГИС.

Полная функциональность портала обеспечивается только для зарегистрированных пользователей. Регистрация и авторизация проводится в разделе, помеченном иконкой

# 3. Веб-ГИС система «Климат» - раздел «Для населения»

15

Базовый курс по климату и происходящим в нем процессам. Цель - повышение уровня региональной климатической грамотности населения и заинтересованных сторон. В рамках курса доступным для неспециалистов языком изложены и проиллюстрированы основные концепции и проблемы современного изменения климата и его возможные последствия.

## Основные процессы, влияющие на климат

Процессы, формирующие климат, следующие: теплооборот, влагооборот и циркуляция атмосферы. Эти физические процессы, совершающиеся на Земле, непосредственно связаны с тем и могут быть названы физическими климатообразующими процессами. Природа их одинакова на всей Земле, но проявляется она различно над разными ее частями. У них общий источник энергии - солнечная радиация, которая и является первичным и главным климатообразующим фактором.

Основными элементами теплооборота являются поступление лучистой энергии на подстилающую поверхность и в атмосферу, ее превращение и излучение, отражение солнечной радиации, приход и расход энергии в результате фазовых переходов воды и адвекция.

Влагооборот включает суммарное испарение воды (физическое испарение и транспирация) с подстилающей поверхности, ее конденсацию и выпадение осадков, перенос водяного пара в тропосфере и сток воды с ледяными сушами, перенос водных масс течениями в океанах и морях. Влагооборот оказывает климатическое влияние в облачности, осадках, увлажнении суши, тепловых свойствах автотерий, в тепловом балансе подстилающей поверхности и тропосферы.

Под циркуляцией атмосферы имеются в виду горизонтальные и вертикальные перемещения масс воздуха, сопровождающиеся перераспределением тепла и влаги на земном шаре и адвекционные процессы (термодинамическими процессами, которые осуществляются в системе без теплообмена с внешним миром), играющими огромную роль в формировании климатического режима.



(с) Викимедиа:Commons

В последнее время все более и более существенным становится новый климатообразующий фактор - антропогенный, т.е. хозяйственная деятельность человека.

Основные формы непреднамеренного вмешательства человека в климатообразование связаны с преобразованиями подстилающей поверхности на больших площадях, сомизерных с крупными частями континентов, в особенности для

## Изменения увеличения климата на территории Сибири и их последствия

Безвечная мерзлота занимает около 25 % земной поверхности в Северном полушарии и более 60 % территории России. С 70-х годов XX века наблюдается увеличение температуры и глубины летнего протаивания вечной мерзлоты, в ряде мест - сокращение ее площади. В ближайшем году по прогнозам глубина сезонного таяния в среднем увеличится на 15-25 %, а на Арктическом побережье и в отдельных районах Западной Сибири - до 50 %. Площадь тундры будет постепенно уменьшаться, во многом прогнозам за 100 лет она может сократиться на 10-50 %, и на ее место придет тайга. Деградиция мерзлоты на побережье Карского моря может привести к значительному усилению береговой эрозии, за счет которой в настоящее время берег отступает ежегодно на 2-5 м. В северной части зоны высокого риска наибольшую опасность представляет возможное повреждение фундаментов домов и сооружений на вечной мерзлоте за счет уменьшения ее несущей способности. Эта тенденция может привести к сокращению периода допустимой эксплуатации зданий до двух раз. Увеличение глубины сезонного протаивания в районах с вечномерзлыми грунтами, приведет к уменьшению несущей способности вечной мерзлоты и может иметь опасные последствия для строящихся на ней сооружений. Наибольшей опасностью будет повреждение сооружений на побережье Карского моря в значительной части Западно-Сибирской равнины. В этих районах имеется развитая система трубопроводов, скважин и там же и газодобывающими комплексами. Места наиболее проблемных подводных переходов трубопроводов расположены в Красноярском крае, Томской, Новосибирской, Омской, Тамбовской и Иркутской областях.

В условиях прогнозируемого увеличения ледового и сезонного стоков российских рек и изменения режима ледового режима наводнения трубопроводов значительно возрастает. Увеличивается вероятность аварийных повреждений трубопроводов (вплоть до их разрывов) с разливами нефти и нефтепродуктов, влекущими значительные экологические катастрофы. В районах повышенного риска необходимо организовать мониторинг состояния фундаментов зданий и опор линейных сооружений (трубопроводов, мостов) с целью своевременного обнаружения их деформаций и принять меры по стабилизации фундаментов, пересмотреть в сторону уменьшения расчетные сроки эксплуатации подводных переходов трубопроводов, построенных до 1980-1990 гг., проводить обязательную экспертизу проектов новых переходов трубопроводов (как магистральных, так и промышленных), опытные специалисты гидрологов.

### Деградиация вечной мерзлоты

В зоне вечной мерзлоты в последние годы существенно возросло число аварий и повреждений линейных сооружений



# 3. Веб-ГИС система «Климат» - глоссарий.

16

<a href="#">↑ Выше на уровень</a>	<b>ГЛОССАРИЙ</b>
<a href="#">Образовательные ресурсы</a>	<b>А</b>
<a href="#">Для населения</a>	<b>Адаптация</b> – мероприятия, направленные на снижение потерей и использование благоприятных факторов, связанных с изменяющимся климатом, а также меры заблаговременной подготовки к условиям меняющегося климата.
<a href="#">Библиотека данных</a>	<b>Адаптационный потенциал</b> – способность системы приспосабливаться к изменению климата (включая его экстремальные явления), с тем, чтобы смягчить потенциальный ущерб, использовать имеющиеся возможности или справиться с последствиями.
<b>Глоссарий</b>	<b>Адвекция</b> (от лат. Advectio - доставка) - горизонтальное перемещение воздуха из одних районов Земли в другие. Ср. Конвекция.
<a href="#">Ссылки</a>	<b>Альbedo</b> (от поангл. Albedo - белизна) - величина, характеризующая способность поверхности отражать падающий на нее поток электромагнитного излучения или частиц. Альbedo равно отношению отраженного потока к падающему.
<a href="#">Архив климатических характеристик</a>	<b>В</b>
<a href="#">Веб-ГИС для вычислений</a>	<b>«Вероятно», «возможно», «крайне вероятно», «весьма точно».</b> Эти термины используются Межправительственной группой экспертов по проблеме изменения климата (IPCC) для обозначения степени вероятности наступления предсказываемого события относительно климатической системы. По мнению экспертов, «вероятно» означает, что шансы того, что событие произойдет, превышают 66%. «Очень вероятно» означает, что возможность наступления события превышает 90%, «крайне вероятно» - 95% и «весьма точно» - 99%.
	<b>Возобновляемые (неистощаемые) источники энергии</b> – источники энергии, действующие на основе постоянно существующих (солнечная, геотермальная) или периодически возникающих в природе процессов (ветровая, волновая, приливная), и также при жизненном цикле растительного, животного мира и человека (биомасса).
	<b>Г</b>
	<b>Глобальное потепление</b> – наблюдаемое увеличение средних температур околоземной поверхности и нижних слоев атмосферы. В общем

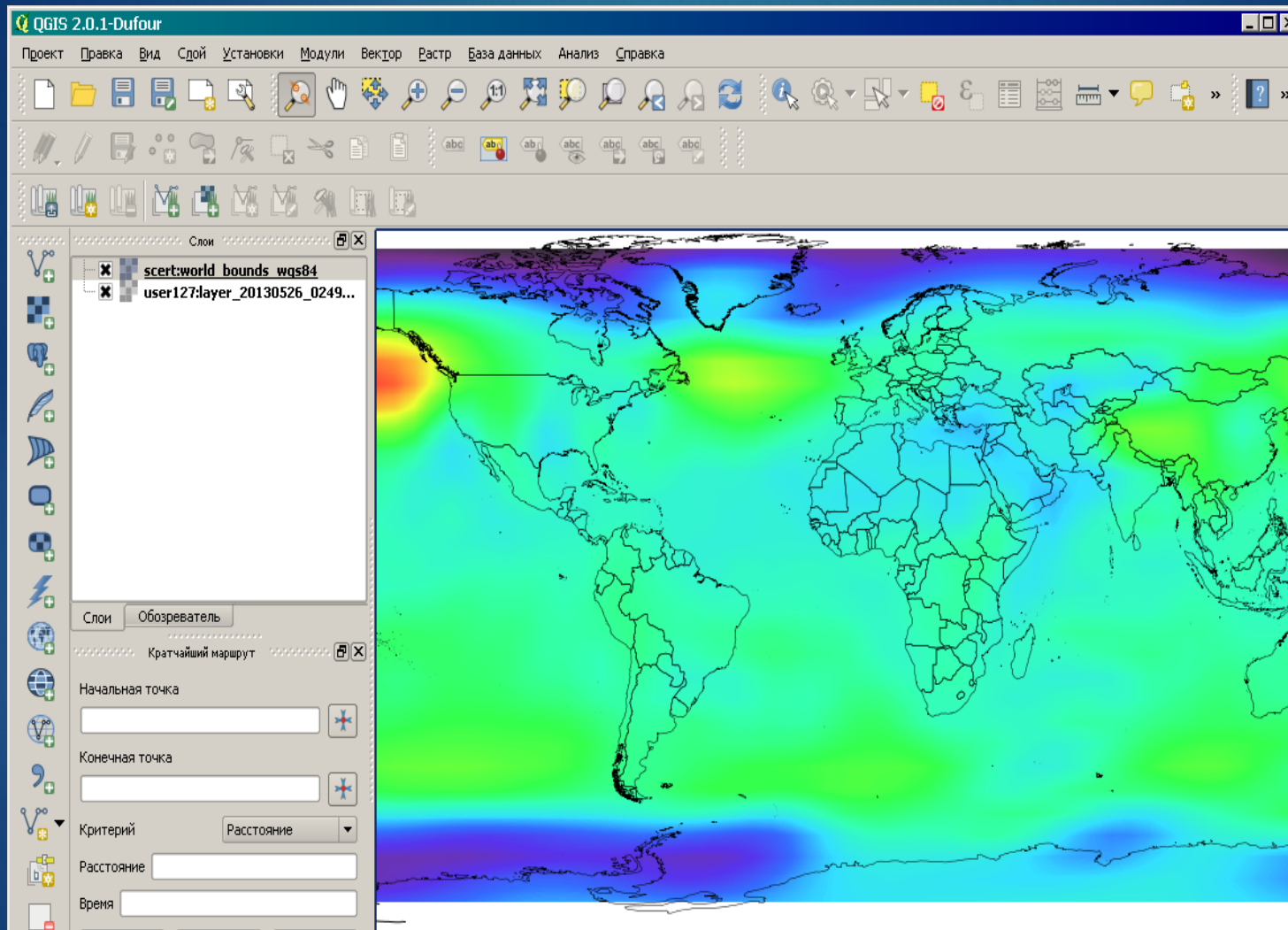


### 3. Веб-ГИС система «Климат» - разделы «Библиотека данных» и «Архив климатических характеристик»

Доступ к рассчитанным ключевым характеристикам изменения регионального климата, которые создают количественную основу для выработки стратегий адаптации на территории Сибири.


Учтено:

- ▶ уровень готовности управленцев к работе с цифровой информацией. Наиболее простой способ представления климатической информации для лиц, принимающих решения, лежит через использование ГИС. Поэтому особое внимание при подготовке соответствующих ресурсов было уделено представлению климатической информации в форматах, допускающих последующее использование ГИС.



Пример добавления пакета данных по средней температуре воздуха в виде нового растрового слоя в ГИС QuantumGIS

## Climate characteristics archive

<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>	<u>Description</u>
 <a href="#">Parent Directory</a>		-	
 <a href="#">Climate extremes ind..&gt;</a>	18-Dec-2018 13:01	-	
 <a href="#">Drought indices/</a>	18-Dec-2018 13:01	-	
 <a href="#">Readme.txt</a>	18-Dec-2018 13:46	834	
 <a href="#">Readme_ru.txt</a>	18-Dec-2018 13:45	841	

The archive contains two sets of calculated climatic characteristics:

1. Set of indices of droughts (the set was created as part of the task of the grant of the RSF #16-19-10257)
2. Set of indices of climatic extremes (the set was created as part of the task of the PRAS programm #51)

Characteristics were calculated for Southern Siberia (50-65°N, 60-120°E) and for the time range is characterized by the greatest climatic changes. For different sets of source data, the start and end dates may not be the same, but the general time interval is close. Their linear trend is also calculated, which shows changes in the index over 10 years over a specified period of time.

The names of the original data sets are specified in the Readme.txt file (Readme\_ru.txt), which is located in the folder of each characteristic.

## Архив климатических характеристик

### 3. Веб-ГИС система «Климат» - раздел «Библиотека данных».

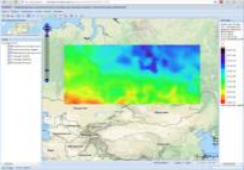
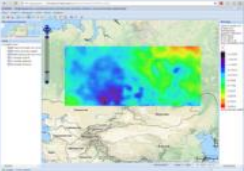

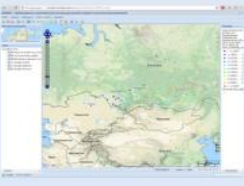
Вычисленные с помощью текущей версии веб-ГИС «Климат» различные характеристики температуры воздуха и количества осадков, рекомендованные ВМО для анализа экстремальных климатических явлений.

Характеристики предоставляют информацию о максимальных / минимальных значениях температуры и осадков, информацию о частоте и продолжительности различных экстремальных значений, определяют количество дней, когда температура или осадки превышают некоторый порог (аномальная волна тепла / холода, аномальные осадки и т. д.).

В каждой группе характеристики рассчитываются с использованием различных наборов данных (ERA-40, промежуточный повторный анализ ERA, данные Проекта водных ресурсов APHRODITE, данные метеостанций и т. д.), используемый при вычислениях набор данных включен в описание характеристики.

Тренды рассчитываются для каждой характеристики из каждого набора данных за период, характеризующийся наибольшим изменением климата. Это позволяет пользователям получить более подробную информацию, необходимую для выработки адаптационных мероприятий.

Абсолютный минимум температуры: нижний предел суточной минимальной температуры для периода. Самая холодная ночь в году

Абсолютный минимум температуры января Период: с 1979 по 2017 гг. Исходные данные: 6-ти часовые данные температуры реанализа Era Interim, 0.75x0.75°		netCDF	GeoTIFF	SLD Legend	WMS link	-	cdata.layer_20180628_160717_TIFF
Тренд абсолютного минимума температуры января Период: с 1979 по 2017 гг. Исходные данные: 6-ти часовые данные температуры реанализа Era Interim, 0.75x0.75°		netCDF	GeoTIFF	SLD Legend	WMS link	-	cdata.layer_20180628_161137_TIFF
Абсолютный минимум температуры января Период: с 1970 по 2015 гг. Исходные данные: минимальная суточная температура метеостанций ВНИИГМИ-МДЦ		netCDF	Shapefile	-	WMS link	WFS link	cdata.layer_20180628_161528_shp
Тренд абсолютного минимума температуры января Период: с 1970 по 2015 гг. Исходные данные: минимальная суточная температура метеостанций ВНИИГМИ-МДЦ		netCDF	Shapefile	-	WMS link	WFS link	cdata.layer_20180628_161946_shp

Пользователь может загрузить карту выбранной характеристики. Для дальнейшей работы с характеристиками – ссылки для загрузки файлов данных с расчетными характеристиками в различных форматах (ссылки netCDF, GeoTIFF, WMS и WFS в таблице). Можно загрузить выбранные файлы данных и использовать их для анализа с помощью своего программного обеспечения.

Для работы с netCDF-файлами – ПО Panoply (<https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>), разработанный Институтом космических исследований им. Годдарда при НАСА. Дальнейшая работа с файлами GeoTIFF, ссылками WMS и WFS возможна в настольной ГИС (QGIS, ArcGIS и т. д.).

Спасибо за  
внимание!