



УДК 504:37.03

Использование вычислительно-информационной веб-ГИС для развития у студентов-климатологов навыков моделирования и мониторинга климатических изменений

Ю. Е. Гордова (yulia@scert.ru)

Ю. В. Мартынова (foxyj13@scert.ru)

Т. М. Шульгина (stm@scert.ru)

Аннотация. В настоящее время ситуация с подготовкой специалистов в науках об окружающей среде осложняется еще и тем, что сама научная область переживает период бурного подъема. Глобальные изменения вызвали развитие технологий измерения и моделирования характеристик окружающей среды, сопровождающееся расширением понятийного и математического аппарата. Имеющиеся же учебные программы по дисциплинам подготовки специалистов в науках об окружающей среде, как правило, не успевают адаптироваться к столь быстрому изменению содержания предметной области. В статье рассмотрены результаты использования информационно-вычислительной веб-ГИС-платформы «Климат» [3] для подготовки будущих специалистов в науках о Земле.

Ключевые слова: информационно-вычислительные системы, анализ данных, климатическое моделирование, дистанционное обучение.

Введение

В настоящее время в России происходит поиск новых концепций в высшем образовании, которые позволили бы подготавливать конкурентоспособных специалистов в разных областях современного знания. Образование сегодня должно отвечать требованиям международных стандартов качества, удовлетворять запросы всех потребителей образовательных услуг – личности, общества, государства, производства. Общество формирует запрос на подготовку высококвалифицированных специалистов, способных проводить фундаментальные и прикладные исследования, обеспечивающие прогресс во всех областях знаний и отраслях народного хозяйства, и эффективно решать практические задачи в различных отраслях деятельности [9].

Опыт показывает, что одним из основных конкурентных показателей высокоразвитой страны является возможность развития человеческого потенциала, которая определяется состоянием и качеством системы образования. В нашей стране активно внедряется новая образовательная парадигма, которая противопоставляется традиционной – информативной. Новую пара-

дигму именуют по-разному – «рефлексивная», «исследовательская», «активистская», «проблемно-центристская», «критическое мышление» и т. п. Суть ее состоит в смещении основного акцента с усвоения объема информации на «раскрутку мозгов». Образно говоря, новая парадигма советует, отправляясь в путешествие, не набивать рюкзак только готовым знанием, а захватить с собой мыслительные орудия, позволяющие ориентироваться в любом месте при решении любых задач [10].

Понимание и прогнозирование процессов, происходящих в системе Земля, требует широкого применения математического моделирования и современных вычислительных технологий. Можно утверждать, что в настоящее время науки об окружающей среде активно трансформируются в точные науки и этот процесс идет по трем быстро развивающимся направлениям: 1) разработка новых средств инструментальных наблюдений и технологий накопления данных; 2) создание математических моделей системы «Планета Земля» и численный анализ ее динамики; 3) организация всей доступной информации об окружающей среде (больших массивов данных наблюдений и результатов численных экспериментов, моделей и алгоритмов, а также способов отображения этой информации) в информационные и вычислительно-информационные системы. Кроме того, в настоящее время в науках об окружающей среде активно внедряются и используются идеи и методы так называемой электронной науки (e-Science). Связано это с тем, что сейчас происходит (а кое-где уже и произошла) значительная эволюция процесса научного познания. Если ранее научные знания возникали в ходе теоретической или экспериментальной работы отдельных ученых или их небольших коллективов, а конечным результатом работы была научная публикация, то сейчас, как правило, научные коллективы объединяют большое число междисциплинарных групп из разных стран. В процессе работы необходимо создавать большие базы данных наблюдений и/или результатов моделирования, развивать и использовать вычислительные модели и иметь возможность для почти мгновенного обмена информацией внутри коллектива [6]. Имеющиеся учебные программы по дисциплинам подготовки специалистов в науках об окружающей среде, как правило, не успевают адаптироваться к столь быстрому изменению содержания предметной области. В результате выпускники профильных факультетов поверхностно знакомы с математическим моделированием процессов в окружающей среде, не обладают должными навыками в моделировании, обработке и анализе данных наблюдений, не умеют работать с полями данных метеорологических величин. Отсутствие этих необходимых в современной климатической науке знаний и умений приводит к тому, что выпускники профильных факультетов недостаточно подготовлены как для современных наук об окружающей среде, где исследования требуют от ученых высокой компетенции во владении современным вычислительно-информационным инструментарием и умения работать в распределенных коллективах, так и для их прикладных применений.

Постановка задачи

Для адекватной подготовки будущих специалистов в науках об окружающей среде нами предложен следующий подход, который отражает новую «исследовательскую» парадигму в образовании. Мы считаем, что подготовка таких специалистов должна осуществляться не в искусственно созданной обучающей среде, а на базе реально действующих вычислительно-информационных комплексов, используемых в климатических исследованиях (окружающей среды), в так называемой виртуальной учебно-исследовательской лаборатории. Само понятие виртуального научно-исследовательского пространства подразумевает рабочую среду, не требующую наличия физического пространства для организации научно-исследовательской деятельности. Взаимодействие научных работников и/или их связь с коллегами в нем осуществляется по современным каналам связи с использованием достижений информационных технологий. Основу виртуального научно-исследовательского пространства составляют информационные ресурсы, расположенные в глобальной сети. Одним из образцов подобного пространства являются виртуальные лаборатории, в том числе на базе вузов. Виртуальная учебная лаборатория – это виртуальная среда обучения, которая позволяет моделировать поведение объектов реального мира в компьютерной образовательной среде и помогает обучаемым овладевать новым знаниями и умениями в естественно-научных дисциплинах. В виртуальных лабораториях характерно использование программ моделирования примеров в изучаемых или проектируемых объектах, а также математических пакетов, программ оптимизации, баз данных и др. Виртуальные учебно-исследовательские лаборатории обеспечивают возможность совместной работы студентов и преподавателей (в том числе находящихся в разных городах) с использованием компьютерных технологий [2].

Реализация задачи

Созданная в рамках выполнения объединенным коллективом Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Томского государственного университета госконтракта № 07.514.11.4044 Министерства образования и науки РФ федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.» и госконтракта № 8345 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. информационно-вычислительная веб-ГИС-платформа «Климат» обеспечивает функционирование веб-ориентированного производственно-исследовательского центра в области исследования изменений регионального климата. Платформа объединяет современные концепции web 2.0 и дает возможности для доступа к климатическим и метеорологическим моделям, большим наборам геофизических данных, средствам визуализации, совместной разработки приложений распределенными научными коллективами, для проведения научных исследований на основе этих при-

ложений, а также организации обучения студентов и аспирантов в качестве образца такой виртуальной учебно-исследовательской лаборатории.

Платформа состоит из следующих основных компонентов:

- системное программное обеспечение (СПО), представленное веб-ГИС-порталом и распределенным вычислительным ядром;

- прикладное программное обеспечение (ППО), размещенное на нескольких серверах и представленное климатическими и метеорологическими моделями, а также модулями вычислительного ядра, обеспечивающими доступ, обработку и анализ наборов геофизических данных, визуализацию результатов и запись их в выходные файлы;

- наборы геофизических данных, представленные данными численного моделирования и натурных наблюдений и размещенные на нескольких удаленных серверах по тематическому признаку;

- аппаратное обеспечение, представленное несколькими системами хранения данных (СХД) и высокопроизводительными вычислительными серверами для численного моделирования, обработки, анализа и визуализации данных, совместно с необходимой инфраструктурой, обеспечивающей устойчивое функционирование и высокоскоростной интернет-доступ, а также специальным программным обеспечением (операционная система, программное обеспечение распределения вычислительной нагрузки, управляющее и обслуживающее программное обеспечение).

Специалист – пользователь системы взаимодействует с интернет-сайтом, открытым в веб-браузере, который имеется на любой современной рабочей станции. С помощью графического интерфейса платформы пользователь может, используя ГИС-функциональность, манипулировать результатами обработки и анализа, представленными в виде слоев на географической карте для выбранного региона. При первом запуске платформы 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 платформы. 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 с различных слоев).

Платформа обеспечивает:

- обработку и анализ наборов геофизических данных, представляющих собой наборы геопривязанных климатических и метеорологических величин, полученных в результате численного моделирования, а также данных дистанционного зондирования;

- интероперабельность с другими информационно-вычислительными системами при описании результатов вычислений и предоставления соответствующих веб-сервисов;

- использование технологий веб-ГИС;

- модульную организацию отдельных программных компонент с возможностью расширения функциональных возможностей за счет использования дополнительных программных модулей;
- использование пространственно-распределенных наборов геофизических данных (данных реанализов, климатического моделирования и спутниковых наблюдений) для исследования климатических и экологических изменений.

Помимо этого, платформа обеспечивает:

- интерактивный доступ к моделям WRF и Planet Simulator;
- возможности визуализации результатов моделирования;
- добавление новых ресурсов (как аппаратных, так и программных);
- взаимодействие пользователей программно-аппаратной платформы;
- поддержку пользователей (исследователи, преподаватели, студенты).

Доступ к сервисам, предоставляемым платформой, обеспечивается через стандартный браузер с любого компьютера, имеющего выход в Интернет.

Помимо проведения непосредственных исследований геофизических данных, пользователю предоставляется возможность проводить совместные исследования с другими пользователями, обмениваться полученными результатами и использовать в обработке собственные наборы данных. Для общения, обмена информацией и совместных исследований в платформе имеется форум, а для наполнения выделенных разделов веб-сайта собственным содержанием – система *wiki*, которая обеспечивает и организует совместный процесс создания, редактирования и управления содержанием. Кроме того, платформа используется для обучения основам исследования изменений регионального климата и климатообразующих факторов, для чего в ней предусмотрен специальный раздел, содержащий образовательные материалы и интерактивные обучающие курсы.

Образовательный процесс в рамках платформы поддерживается подготовленными на базе системы дистанционного обучения Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) тематическими образовательными материалами. Открытая среда Moodle была выбрана для полноценной реализации дистанционного образовательного процесса. Она обладает широким набором возможностей: опции формирования и представления учебного материала; опции проверки знаний и контроля успеваемости; реализация оценивания работ в баллах; легкая организация модульного подхода в обучении; удобная расширенная обратная связь между педагогом и студентами, которая позволяет студентам выкладывать работы в электронном виде на сервере, получать рецензии преподавателя, исправлять ошибки и вновь отправлять документы на проверку, получать необходимые консультации дистанционно. Эти возможности особо важны, так как в случае дистанционного обучения в науках об окружающей среде зачастую преподаватель и студенты находятся в разных городах. Также среди преимуществ среды Moodle, которые обусловили наш выбор данной среды для реализации образовательного компонента платформы «Климат», можно отметить:

- интуитивно понятный веб-интерфейс;
- разграничение режимов доступа в систему, установка различных прав (преподаватель, тьютор, студент);
- возможность редактирования участниками своих аккаунтов (личные данные, реквизиты);
- поддержку различных структур курсов (календарный – курс организуется на основе расписания работы с точным сроком начала и окончания, форум – курс организуется на основе одного форума, дерево – курс организуется как совокупность тематических модулей без привязки к расписанию);
- наличие большого набора модулей-составляющих для курсов (форум, тетрадь, тест, ресурс, глоссарий, опрос, анкета, домашнее задание и др.);
- возможность получения полного отчета по вхождению пользователя в систему и работе над различными модулями;
- поддержку различных типов контента (HTML-текст; Ссылка – ссылка на статью, книгу; Закачанный файл – отображается любой файл, который закачан для курса и др.);
- возможность создания базы данных вопросов для многократного использования в различных тестах;
- поддержку различных видов вопросов в текстах: да/нет, выбор одного, выбор нескольких вариантов, вопрос в открытой форме, соответствие и др.

В настоящее время разработана программа образовательного курса «Мониторинг и прогнозирование климатических измерений», который включен в учебную дисциплину «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды», преподаваемую бакалаврам четвертого года обучения на геолого-географическом факультете Томского государственного университета. В курсе рассматриваются вопросы количественной географии климата, теоретические основы и инструменты его мониторинга и прогноза. Основной целью созданного модуля курса является предоставление студентам и аспирантам метеорологических кафедр опирающейся на информационно-вычислительные технологии образовательной среды в области современной климатологии. Хотя основное внимание здесь уделено вопросам климатологии, курс имеет непосредственное отношение к той части экологии, которая относится к окружающей среде. Связано это с тем, что современные глобальные климатические модели уже становятся моделями системы Земля, а их региональные аналоги являются моделями окружающей среды региона.

Модуль включает в себя основной курс лекций, посвященный базовым аспектам современной климатологии, включая анализ современных климатических изменений и их возможных последствий, специальный курс, посвященный геофизической гидродинамике, несколько циклов вычислительных лабораторных работ, посвященных конкретным вопросам мониторинга и моделирования климата и его изменений, а также набор информационных материалов, который не только включает обычный список рекомендованной литературы, но и содержит файлы многих публикаций, распространение которых не ограничено законом об авторском праве. В число этих материалов включены и курсы лекций повышенного уровня по климатической тематике.

В лабораторном практикуме «Анализ региональных изменений климата» изложены основные статистические приемы обработки и анализа метеорологических данных для количественной характеристики наблюдающихся региональных изменений климата. Представлен комплекс лабораторных работ для изучения многолетнего режима атмосферных величин на территории отдельных регионов, даются основы математического моделирования климата и анализа его изменений.

Лабораторный практикум «Анализ климата будущего» предназначен для изучения взаимодействия отдельных компонентов климатической системы, ознакомления с основными климатическими сценариями и статистическими методами оценки влияния глобальных климатических изменений на некоторые параметры климатической системы в рамках веб-ГИС-портала платформы «Климат». Курс направлен на освоение методов статистической обработки для получения количественных климатических характеристик различного пространственного разрешения.

Особенностью лабораторных практикумов является тот факт, что связь системы обучения Moodle с элементами программного обеспечения информационно-вычислительной платформы позволяет студентам выполнять вычислительные лабораторные работы, используя информационно-вычислительные инструменты платформы «Климат» и одновременно с освоением предмета получать навыки работы с ними. Для прохождения практикумов не создается искусственная обучающая среда. Напротив, основной целью объединения образовательного блока и вычислительно-информационной системы является знакомство студентов с реально действующими технологиями мониторинга и анализа данных о состоянии климата. В рамках лабораторных практикумов студенты выполняют свои расчетные задания по моделированию климата и оценке и анализу климатических изменений с использованием типичных инструментов системы «Климат», которые, как правило, применяются учеными для выполнения такого рода исследований. Задания базируются на технологиях и процедурах, которые являются общими для наук об окружающей среде. Курс сконструирован таким образом, чтобы дать студентам возможность провести свои собственные сценарные исследования климата прошлого, настоящего и будущего таким же образом, которым они проводятся в национальных и международных организациях по исследованию климата, например в Межправительственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК). Такой опыт выполнения практических заданий также помогает проиллюстрировать процесс проведения комплексного исследования. Поскольку выполнение этих заданий является многоступенчатым процессом, который требует от студентов планирования действий по обработке данных, анализу и интерпретации, то таким образом они приобретают навык проведения исследования в дополнение к улучшению понимания сути климатических изменений. Результаты, полученные после выполнения лабораторных работ, представляются в виде отчетов с постановкой задачи, результатами расчетов и логически обоснованными выводами.

Результаты

В настоящее время образовательные ресурсы платформы «Климат» построены на основе упомянутого выше учебного курса «Мониторинг и прогнозирование климатических измерений». Учебный курс является ключевым понятием системы дистанционного обучения Moodle и представляет собой набор учебных материалов, оформленных в виде объектов (модулей): ресурсов курса (теоретической части) и элементов курса (практической части – лабораторных работ). Также курс при необходимости может включать в себя журнал успеваемости учащихся и журнал посещаемости. На данном этапе журнал успеваемости в рамках существующих курсов не ведется. Интерфейс образовательного компонента экспериментального образца платформы «Климат» представлен на рис. 1.

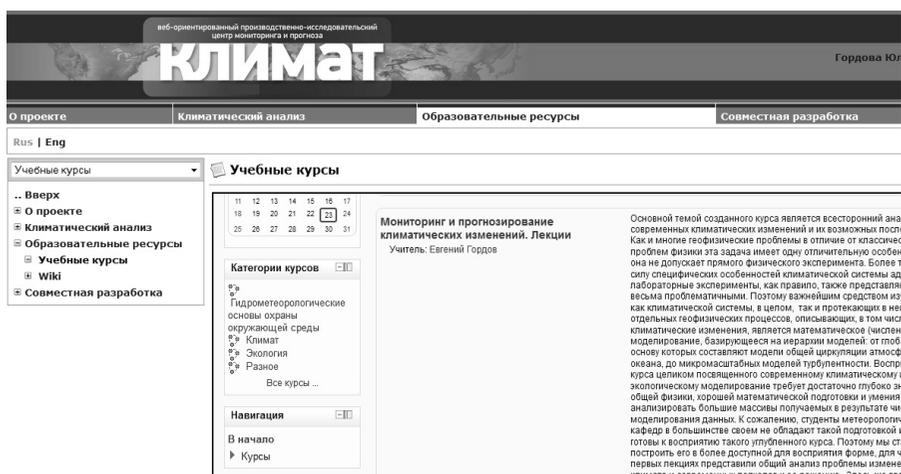


Рис. 1. Интерфейс образовательного компонента

Учебно-методическое пособие «Анализ региональных изменений климата» [8] в теоретической части рассматривает основные статистические приемы обработки и анализа метеорологических данных для количественной характеристики наблюдающихся региональных изменений климата. Выполняемый на основе платформы «Климат» комплекс из шести лабораторных работ, рассчитанных на 12 академических часов, для изучения многолетнего режима атмосферных величин на территории отдельных регионов представляет собой практическую часть модулей курса.

Второе пособие «Анализ прогнозируемых для базовых сценариев ИРСС климато-экологических изменений в выбранном регионе» [4] предназначено для изучения возможных при реализации базовых сценариев МГЭИК [7] развития глобальных климатических изменений и их последствий в выбранном регионе. Основное внимание обращено на изучение взаимодействия отдельных компонентов климатической системы, ознакомление с основными климатическими сценариями МГЭИК и статистическими методами оценки влияния глобальных климатических изменений на некоторые

параметры региональной климатической системы. После прохождения теоретической части модулей курса предусмотрена также выполняемая на базе платформы «Климат» практическая часть, состоящая из двух блоков лабораторных работ, рассчитанных на 16 академических часов. Первый блок посвящен анализу влияния глобальных климатических изменений, прогнозируемых сценариями SRES [7], на параметры климатической системы в выбранном регионе. Второй блок содержит аналогичные исследования со сценариями RCP [13].

Последующие действия являются общими при выполнении всех лабораторных работ. После входа в веб-ГИС-систему и перехода в окно задания параметров по кнопке «+» создается новый слой, в котором с помощью «Мастера создания картографического слоя» (шаг 1) задаются параметры исследования: метеорологическая характеристика, набор данных, уровень высоты, тип обработки данных, временной интервал. В следующем окне «Мастера» (шаг 2) задается область исследования, а далее (шаг 3) проводится проверка выбранных параметров и настройка графического вывода (рис. 2), т. е. выбирается тип представления результатов анализа (растр или векторное представление – контурные линии). Отметим, что «Мастер создания картографического слоя» дает возможность вернуться назад и изменить заданные параметры.

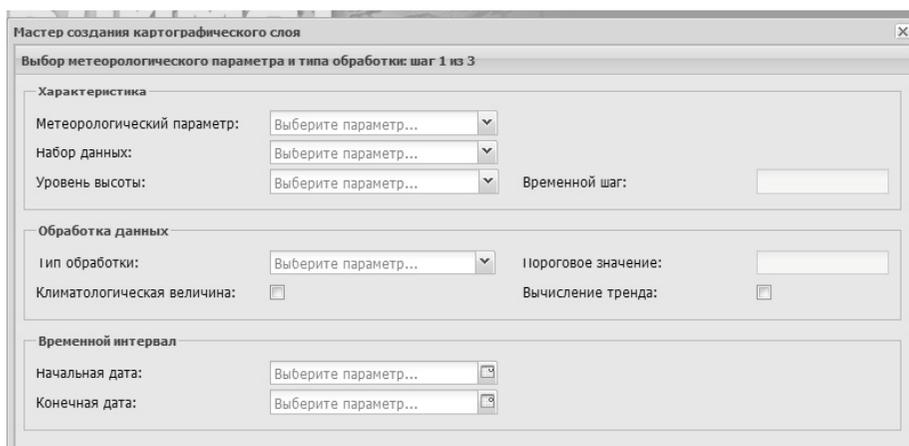


Рис. 2. Диалоговое окно «Мастер задания картографического слоя»

После проверки заданных параметров и настройки графического вывода запускается расчет заданной характеристики. Вычисления занимают от 5 до 15 мин в зависимости от величины заданного временного интервала. Полученное поле климатической характеристики автоматически появляется в поле «Слой». Поле представляет собой цветовую двумерную карту поверхности, где каждому цвету соответствует количественное значение характеристики.

В качестве примера приведем сравнение полей температуры, полученных по данным реанализов NCEP/DOE AMIP II [12], ECMWF ERA-40

[11] и архива результатов расчетов климатической модели ИВМ РАН [1], выполненное в рамках лабораторной работы 1 курса «Анализ региональных изменений климата». Целью работы является количественная оценка наблюдаемых на территории Сибири изменений приземной температуры воздуха в период с 1980 по 2000 г. Выбор такого временного периода обусловлен наличием данных для всех реанализов. Область исследования – территория Сибири: долгота 55–130° в. д., широта 50–75° с. ш. Тип графика: растр. Поля температуры, полученные по разным наборам данных, представлены на рис. 3. Видно, что реанализы ERA-40 и NCEP/DOE дают схожую пространственную картину. Пространственное распределение и значения температуры, рассчитанные по архиву INMCM4, существенно отличаются от первых двух.



Рис. 3. Средняя приземная температура лета (июнь – август) за период 1980–2000 гг. по данным реанализа ERA-40 (слева), NCEP/DOE AMIP II (в центре), INMCM4 (справа)

Для получения значения характеристики в отдельной точке соответствующего растра достаточно нажать на панели инструментов кнопку «*i*», навести курсор на интересующую точку и нажать левую кнопку мыши. В открывшемся окне будет отражена информация о координатах выделенной точки и количественном значении рассчитанной климатической характеристики. Кроме того, рассчитанные значения сохраняются в файле формата netCDF и могут быть использованы в дальнейшей работе.

Образовательный модуль платформы «Климат» был протестирован на кафедре метеорологии и климатологии ТГУ. После ознакомления с теоретической частью учебного курса «Анализ климата будущего» студенты выполнили лабораторные работы по анализу динамики количества осадков и экстремальных климатических характеристик приземной температуры воздуха и количества осадков на территории Сибири в период последних десятилетий и сформировали отчеты по ним. В ходе выполнения первого блока лабораторных работ студенты провели анализ влияния глобальных климатических изменений, задаваемых сценариями SRES МГЭИК [7], на параметры климатической системы, сравнили полученные карты с картами контрольного сценария. Они проследили динамику полей метеорологических параметров (температуры воздуха, удельной влажности, давления, ветра, осадков), а также распределение растительности и лесного покрова. В рамках выполнения лабораторных работ студентами для выбранных сценариев

были построены карты распределения значений климатических параметров, определенных условиями лабораторных работ, построены сравнительные таблицы точечных значений, сделан анализ полученных материалов, сформулированы выводы и подготовлены отчеты. В ходе выполнения второго блока лабораторных работ обучаемые провели все вышеописанные исследования для нового сценария RCP8.5 [8], предложенного МГЭИК, и также подготовили отчеты. Пример отчета приведен на рис. 4.

Последнее редактирование: Понедельник 22 Апрель 2013, 22:58 (всего слов - 39)

Лабораторная работа №1. Влияние глобальных климатических изменений, задаваемых сценариями SRES, на параметры климатической системы.
Уйманова В.А., ТГУ, ГГФ, кафедра гидрологии, 02905 гр

Цель работы: проанализировать влияние глобальных климатических изменений, задаваемых сценариями SRES, на параметры климатической системы.

Задание. 5. Оценить влияние глобальных климатических изменений на интенсивность и территориальное распределение конвективных осадков.

- 1) Оцените, как сильно в сравнении с контрольным сценарием за 100 лет меняется интенсивность конвективных осадков.
- 2) В каких областях проявляется наибольшее и наименьшее влияние?
- 3) Как соотносятся изменения интенсивности конвективных осадков с изменениями поля давления, зональной и меридиональной составляющих ветра?

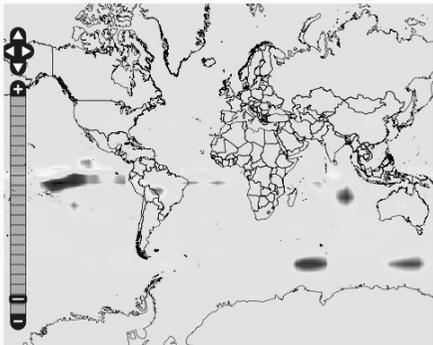


Рис. 4. Внешний вид отчета по лабораторной работе

Выводы

В ходе обучения студенты освоили современные методы статистической обработки климатической информации, ознакомились с базами данных МГЭИК. Также обучаемые получили представление о специфике климатических изменений в заданном регионе и их влиянии на экосистемы и ознакомились с прогнозами возможных изменений глобальных климатических характеристик в ближайшее столетие [5].

Тестирование образовательного модуля платформы «Климат», проведенное на кафедре метеорологии и климатологии ТГУ, показало, что созданный образовательный ресурс является эффективным инструментом обучения студентов и аспирантов направления 021600 «Гидрометеорология» методам статистической обработки и визуализации архивов данных, применяемым для анализа современных и прогнозируемых климатических изменений. Полученные результаты подтверждают, что предлагаемый образовательный подход позволяет ознакомить студентов с фактическим положени-

ем дел в климатической науке и продвигает использование современных информационных и коммуникационных инструментов. Благодаря использованию информационно-вычислительной веб-ГИС-платформы «Климат» будущие специалисты получают практические навыки работы с вычислительно-информационными системами и обработки и анализа данных наблюдений, которые значительно повышают их компетентность и дают им конкурентное преимущество в дальнейшем трудоустройстве как на национальном, так и на международном уровне. Помимо этого, отрабатываются навыки самостоятельной дистанционной работы с применением современных инструментов обработки и анализа, которые в настоящее время востребованы в связи с возрастающим числом изысканий, проводимых большими коллективами исследователей, разнесенных географически.

В настоящее время ведется пополнение архива геофизических данных результатами, полученными на основе использования встроенных в платформу моделей, а также доступными (в том числе в Интернете) новыми данными наблюдений и моделирования. Также на базе информационно-вычислительной веб-ГИС-платформы «Климат» разрабатываются новые интерактивные образовательные курсы, в том числе практикум «Анализ экстремальных показателей региональных изменений климата». В нем будут изложены основные статистические приемы обработки и анализа метеорологических данных для количественного описания экстремальных климатических явлений в условиях современных климатических изменений и возможного их влияния на состояние окружающей среды региона. Теоретический материал будет сопровождаться комплексом лабораторных работ для изучения многолетнего режима тепла и влаги на территории отдельных регионов.

В ближайшее время мы планируем дать студентам возможность выполнять вычислительные задачи по моделированию климата будущего на основе региональной климатической модели RCM (ICTP) и глобальной климатической модели CM3 (ИВМ РАН).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 13-05-12034 и № 14-05-00502.

Список литературы

1. Володин Е. М. Воспроизведение современного климата с помощью новой версии совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана ИВМ РАН / Е. М. Володин, Н. А. Дианский, А. В. Гусев // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 448–466.
2. Гордов Е. П. Информационно-вычислительные технологии для наук об окружающей среде: синтез науки и образования / Е. П. Гордов, В. Н. Лыкосов // Вычисл. технологии. – 2008. – Т. 13, спец. вып. № 3. – С. 3–11.
3. Информационно-вычислительная веб-ГИС-платформа «Климат» [Электронный ресурс]. – URL: <http://climate.scert.ru>.
4. Анализ прогнозируемых для базовых сценариев IPCC климато-экологических изменений в выбранном регионе : учеб.-метод. пособие / Ю. В. Мартынова, Е. П. Гордов, В. Н. Крупчатников, Т. М. Шульгина. – Томск : Том. гос. ун-т, 2012. – 20 с.

5. Поддержка образовательного процесса в области современной климатологии на основе веб-гис платформы «Климат» / Ю. Е. Гордова [и др.] // Открытое дистанцион. образование. – 2013. – № 1 (49). – С. 14–19.

6. *Попова И. В.* Организация научно-исследовательской работы студентов с помощью виртуальных исследовательских лабораторий / И. В. Попова // Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс] : тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2009. – URL: 2009.it-edu.ru/pages/Conference-works.

7. Сценарии выбросов [Электронный ресурс] : спец. докл. МГЭИК // МГЭИК. – 2000. – URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-ru.pdf>.

8. *Шульгина Т. М.* Анализ региональных изменений климата : учеб.-метод. пособие / Т. М. Шульгина, Е. П. Гордов, И. Г. Окладников. – Томск : Том. гос. ун-т, 2012. – 25 с.

9. *Щеглов П. Е.* Качество высшего образования. Риски при подготовке специалистов / П. Е. Щеглов, Н. Ш. Никитина // Университ. управление: практика и анализ. – 2003. – № 1(24). – С. 46–59.

10. *Юлина Н. С.* Новая образовательная парадигма // Филос. науки. – 2005. – № 9. – С. 132–145.

11. ERA-40 Project Report Series [Electronic resource] // European Centre for Medium Range Weather Forecasts, Reading, UK, 2007. – URL: http://www.emcc.mgm.gov.tr/FILES/model-data/ERA40_PRS17_rev1.pdf.

12. *Kanamitsu M.* 2002 NCEP-DOE AMIP II reanalysis (R-2) / M. Kanamitsu // Bull. Am. Meteorol. Soc. – 2002. – Vol. 83. – P. 1631–1643.

13. The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their extension from 1765 to 2500 / M. Meinshausen [et al.] // Climatic Change. – 2011. – Special Issue on RCPs, – P. 213–241.

Use of the Computational-Informational Web-GIS System for the Development of Climatology Students' Skills in Modeling and Monitoring of Climate Change

Yu. E. Gordova, Yu. V. Martynova, T. M. Shulgina

Abstract. The current situation with the training of specialists in environmental sciences is complicated by the fact that the very scientific field is experiencing a period of rapid development. Global change has caused the development of measurement techniques and modeling of environmental characteristics, accompanied by the expansion of the conceptual and mathematical apparatus. As a rule, available training programs in the environmental sciences disciplines do not have time to adapt to such rapid changes in the domain content. The article discusses the results of the use of computational-informational web-GIS system «Climate» (<http://climate.scert.ru/>) to train future specialists in geosciences.

Keywords: information and computing systems, data analysis, climate modeling, distance learning.

Гордова Юлия Евгеньевна
младший научный сотрудник
Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3
тел.: (3822) 49-21-87

Gordova Yulia Evgenievna
Junior Research Scientist
Institute of Monitoring of Climatic and
Ecological Systems SB RAS
10/3, Akademicheskii av., Tomsk, 634055
tel.: (3822) 49-21-87

Мартынова Юлия Валерьевна
кандидат физико-математических
наук, научный сотрудник
Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3
тел.: (3822) 49-21-87

Martynova Yulia Valerievna
Candidate of Sciences (Physics and
Mathematics), Research Scientist
Institute of Monitoring of Climatic and
Ecological Systems SB RAS
10/3, Akademicheskii av., Tomsk, 634055
tel.: (3822) 49-21-87

Шульгина Тамара Михайловна
кандидат технических наук, научный
сотрудник
Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3
тел.: (3822) 49-21-87

Shulgina Tamara Mikhailovna
Candidate of Sciences (Technics),
Research Scientist
Institute of Monitoring of Climatic and
Ecological Systems SB RAS
10/3, Akademicheskii av., Tomsk, 634055
tel.: (3822) 49-21-87