

УДК 004.42

В.С. Гасан, Н.И. Абасова

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА WEB-СЕРВИСА ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация. В статье рассматривается создание Web-сервиса для информационно-прогностической системы ГеоГИПСАР, разработанной в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН). Приведена проблема отсутствия надежных универсальных методик мониторинга и прогнозирования климата на практике, тем самым выделив важность и актуальность проведенной работы. Проведен обзор современных систем для работы с глобальными климатическими моделями. Рассмотрены требования к базовым элементам управления разрабатываемого Web-сервиса. Представлены используемые технологии разработки.

Ключевые слова: разработка, web-сервис, мониторинг, анализ, прогнозирование, геоклиматические данные.

V.S. Gasan, N.I. Abasova

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DEVELOPMENT OF THE WEB SERVICE FOR GEOCLIMATIC DATA ANALYSIS

Abstract. The article discusses the creation of the Web service for the information and prognostic system GeoGIPSAR, which was developed at the Melentiev Energy Systems Institute (MESI) of SB RAS. A review of modern systems for working with global climate models has been carried out. The problem of the lack of reliable universal methods of climate monitoring and forecasting in practice is presented, thereby highlighting the importance and relevance of the work carried out. The requirements for the basic controls of the developed Web service are considered. The used development technologies are shown.

Keywords: development, web service, monitoring, analysis, forecasting, geoclimatic data.

Введение

За последние десятилетия наблюдаются значительные успехи в мониторинге и прогнозировании климата. Однако надежные универсальные методики их применения на практике отсутствуют.

На современном этапе при долгосрочном планировании выработки электроэнергии на ГЭС и энергетических балансов используются либо оценки по норме стока, либо экспертные, незначительно отличающиеся от нормы. Продолжительные маловодные и многоводные периоды существенно усложняют проведение таких оценок.

В ИСЭМ СО РАН разработан и совершенствуется подход к формированию надежных прогностических оценок водности на водохранилищах и моделированию будущих режимов ГЭС [1–3] на их основе. Информационно-прогностическая система ГеоГИПСАР [4, 5] позволяет комплексно проводить пространственно-временной анализ метео- и гидрологических данных с формированием прогностических сценариев водности на водохранилищах.

Целью работы является разработать проект и тестовую версию Web-сервиса для информационно-прогностической системы ГеоГИПСАР.

Обзор систем для анализа геоклиматических данных

Современные технологии глобального мониторинга и прогнозирования состояния климата совместно с появлением различных открытых ГИС-систем дают новый уровень в анализе природно-климатических данных. Примерами известных и удобных сервисов, предоставляющими доступ к работе с геоклиматическими данными, включая качественную визуализацию, являются:

Ventusky [6] – это пример современной системы мониторинга и прогнозирования глобальных метеорологических показателей и изменения погоды с течением времени на всем земном шаре и отдельных пунктах. Он создан чешской компанией InMeteo, которая специализируется на метеорологии и визуализации метео-показателей, собранных с различных спутников и метеовышек. Изначально специалисты работали с погодой только в Чехии, но позже запустили всемирный проект. Карты Ventusky позволяют наглядно представить взаимосвязь между погодой в разных частях света с помощью динамических иллюстраций. Также сервис содержит отдельное приложение, включающее классический прогноз погоды для определенного местоположения. Уникальность приложения заключается в большом количестве отображаемых данных: прогноз осадков, скорость ветра, облачность, атмосферное давление, снежный покров и другие метеорологические данные для разных высот над уровнем моря.

Nullschool [7] – один из первых созданных сервисов с динамическими 3D картами визуализации глобальных погодных условий, работающий напрямую в браузере. Сервис включает универсальную карту, которую можно в реальном времени вращать и масштабировать, с отображением передвижения ветра, загрязнения воздуха, высотой волн и др. Данные обновляются каждые 3 часа для суши и 5 дней – для параметров поверхности океана.

Windy [8] – чешская компания, предоставляющая услуги интерактивного прогнозирования погоды по всему миру. По функциям Windy близка к сервису Ventusky, но больше ориентирован на анимацию ветра, для чего он изначально создавался. В настоящее время есть и другие основные метеорологические параметры, такие как температура, давление, относительная влажность, база облаков и дополнительные источники с расширенными данными.

EarthAtlas [9] – пример модульного картографического сервиса, разрабатываемый группой анализа водных систем (WSAG) университета Нью-Гэмпшира (США). Он предназначен для предоставления пользователю доступа и взаимодействия с различными данными Земли и результатами моделирования водных слоев. EarthAtlas является частью приложения, обслуживающая собственный полнофункциональный веб-поддержка, включая настройку стилей, видов карт, картографические инструменты, выбор наборов данных, слоев и т.д. Основной целью и функциональностью EarthAtlas является динамическое отображение карт, содержащих: растровые и векторные полигональные наборы данных (пространственные покрытия данных наблюдений или моделирования), наборы точечных данных (от станций и объектов).

Meteologix [10] – европейский сервис, располагающий прогнозные данные из различных глобальных моделей с отображением различных показателей, снимками из космоса, прогнозами для всего мира. Уникальность сервиса – большой набор прогностических моделей из разных стран.

Era5.lobelia [11] – европейский сервис, где можно работать с наблюдениями Земли и климатическими моделями для анализа рисков и оценок, связанных с климатическими сценариями, используя набор данных ERA5. Предоставляет почасовые оценки большого количества атмосферных, наземных и океанических климатических переменных (охватывают атмосферу Земли на сетке 30 км с использованием 137 уровней от поверхности до высоты 80 км).

Однако, несмотря на мощные средства визуализации и обширный ГИС-инструментарий, данные системы сложно применить для оценки показателей на заданной территории, например, бассейна водосбора, и формирования статистических данных. Обычно они не содержат уникальные данные, а используют распространенные глобальные модели (такие как NOAA, GPCC и др.).

Также существуют системы, разработанные для подобных задач, которые апробированы в исследовательских институтах и профильных лабораториях. К представителям таких систем можно отнести ГИС-системы, геоинформационные системы и

др. подобные системы, направленные на поддержку работ по, мониторингу и анализу климата [12-14].

Требования к базовым элементам управления Web-сервисом

Наряду с развитием сервисов обработки пространственных данных как самостоятельных ГИС-ресурсов, предоставляющих исследователям средства визуализации разнородных геоклиматических данных, также особое значение имеет создание специализированного программного обеспечения для анализа данных по заданной территории, бассейну, интервалу времени, определенным показателям и др. Например, компоненты системы ГеоГИПСАР по обработке прогностических ансамблей данных позволяют для любой выбранной ячейки сеточных данных сформировать динамику изменения прогностических метеорологических показателей с возможностью задания весовых коэффициентов, а также их пространственные распределения.

Для расширения круга пользователей системы ГеоГИПСАР разработан проект его интерфейса в виде специальной веб-поддержки.

Требования к веб-поддержке включают:

– взаимодействие с системой ГеоГИПСАР через передачу параметров и обработкой результатов её работы;

– HTML-интерфейс с вводом и проверкой данных;

– формирование шаблонов выходных данных (графики, таблицы, отчеты);

– визуализация результатов работы;

– разграничение доступа к данным (многопользовательский режим).

Особенности реализации веб-поддержки включают:

– кроссплатформенность, портативность, малый (компактный) размер и возможность замены внешних приложений;

– возможность использования внешних систем построения графиков для качественной визуализации (Gnuplot [15]) с гибкими шаблонами вывода;

– производительность за счет использования современных технологий обработки данных и вывода результатов (языки программирования Lua [16] и PHP);

– надежность и бесперебойность работы (например, создание фильтров для отсеивания ботов, использование аутентификации);

– интеграция с распространенными современными базами данных.

Для обеспечения многопользовательского режима работы используя разграничение доступа в виде различных групп пользователей, такие как:

– выювер – отвечает за генерацию шаблонов и просмотр карт;

– редактор – отвечает за мониторинг, изменение и добавление данных в систему;

– программист – отвечает за создание приложений и интерфейсов;

– ГИС-специалист – отвечает за соответствие карт заданным требованиям, создание расширенных 2D и 3D карты, визуализирует и анализирует их;

– аналитик – отвечает за анализ результатов, исследует данные и выполняет пространственный, статистический, прогностический анализ, поиск связей и закономерностей;

– администратор – отвечает за разграничение прав доступа к данным и за состоянием системы.

Рассматриваемая веб-поддержка включает следующие базовые функции для работы с системой ГеоГИПСАР:

– генерация климатических карт абсолютных и относительных показателей для выбранного бассейна водосбора водохранилищ ГЭС;

– анализ данных заданного года с отображением распределений показателей;

– анализ разностей показателя для задаваемых 2-х периодов;

– сравнение средних показателей по периодам в несколько лет;

– анализ корреляционных полей (связей) для выбранных временных рядов;

- анализ и выделение трендов;
- анализ индексов завихренности, увлажненности, циркуляции атмосферы.

В таблице 1 приведены требования к параметрам управления веб-поддержки для взаимодействия с ГеоГИПСАР.

Таблица 1 Требования к параметрам управления

Группа	Что включает
Базовые параметры	Координаты, номер месяца, количество месяцев (при осреднении), тип графика (осадки, давление, температура и др.), поиск аномалий
Визуализация данных	Масштаб, выбор слоя, настройка сетки, диапазон легенды
Анализ данных для выбранной даты	Текущая дата
Анализ данных за выбранный период	Начальная и конечная даты
Сравнение средних показателей по периодам	Исходные данных для обработки отдельных периодов
Группа	Что включает
Анализ корреляционных полей	Тип корреляции (Пирсона), наименования ряда для корреляции
Анализ трендов	Тип корреляции (тренд), начальный и конечный год
Анализ индексов	Набор типов графика

Используемые технологии разработки Web-сервиса

Реализация веб-поддержки включает следующие языки программирования, системы и фреймворки. Схема управления и формирования данных в веб-поддержке изображена на рисунке 1.

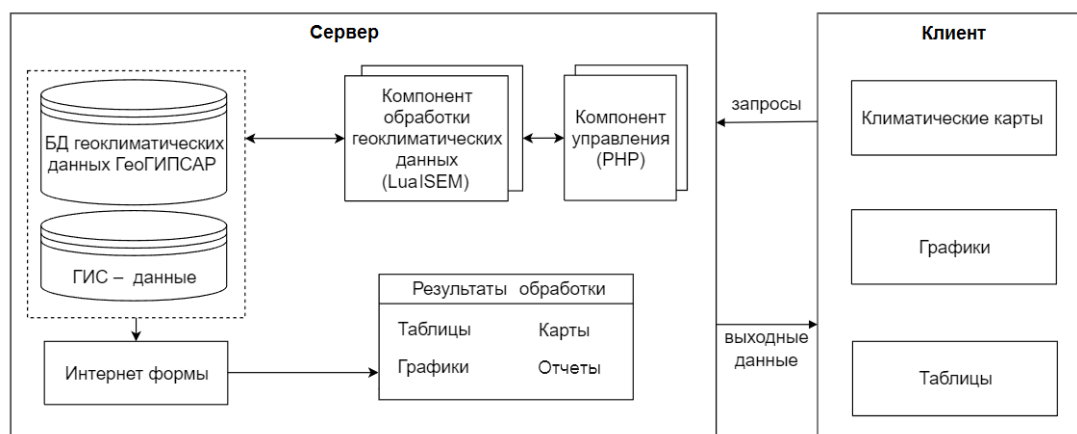


Рис. 1. Схема управления и формирования данных в веб-поддержке

Язык Lua. Скриптовые языки, в отличие от компилируемых, значительно упрощают технологию создания модулей, т.к., фактически, для них достаточно иметь только текстовый редактор кода и осуществлять отладку через командную строку файлового менеджера или другого системного средства. Язык Lua является уникальным по следующим основным свойствам:

- компактность и портбельность (размер единственного исполняемого модуля со специализированными api-функциями не более 200Кб, либо сборка из набора небольших DLL с прозрачными средствами их добавления);
- сочетание простоты синтаксиса с мощными средствами манипулирования динамическими данными (ассоциативные таблицы) и высоким быстродействием реализованных алгоритмов;
- простота чтения-записи текстовых файлов с развитыми средствами обработки через регулярные выражения;

- использование как автономного обработчика текстов программ, так и в качестве расширения технологий на языках C/C++ (а также других языках);
- возможности реализации различных парадигм программирования (императивной, объектно-ориентированной, функциональной);
- открытость программного кода и кроссплатформенность.

Опыт работы с языком Lua показал, что его можно эффективно использовать в разных аспектах (кодирование отдельных алгоритмов; управление запуском задач; преобразование текстовых файлов и др.). Гибкость, простота и эффективность языка проявляется при создании управляющих скриптов по вызову других программных комплексов с включением кода по организации обмена данными между ними.

LuaISEM – расширение языка Lua от ИСЭМ СО РАН с добавлением прикладных и базовых функций. Содержит набор библиотек функций для обработки данных глобальных климатических моделей, включая загрузку, анализ, шаблоны вывода и др.

Для формирования качественных графиков используется кросс-платформенная портативная система Gnuplot с развитым декларативным языком их описания. Gnuplot позволяет отображать данные как в виде отдельных файлов (поддерживает множество распространённых графических форматов), так и в интерактивном режиме в веб-скриптах.

Язык PHP используется для запуска программ на стороне сервера и вызова Lua-функций (LuaISEM). С его помощью проводится обработка данных форм, генерация динамических страниц, сохранение введенных пользовательских данных и сессий (через технологию “cookies”). Одним из преимуществ PHP является то, что он поддерживает широкий спектр баз данных и множество расширений.

Для администрирования PHP используется сервер phpMyAdmin. Она поддерживает широкий спектр операций с такими базами, как MySQL и MariaDB. Все операции над ними (создание, просмотр, изменение таблиц, столбцов, отношений, индексов и т.д.) могут выполняться через пользовательский интерфейс, при этом у пользователя остается возможность напрямую выполнить любую инструкцию SQL.

RedBeanPHP [17] – это мощное дополнение для PHP, которое значительно упрощает работу с базами данных. Оно позволяет преобразовывать различные типы моделей, в частности, между хранилищем данных и объектами программирования. Используется для упрощения процесса сохранения объектов в реляционной базе данных и их извлечения.

Bootstrap [18]– это большая коллекция простых в использовании фрагментов кода, написанных на HTML, CSS и JavaScript, которые позволяют разработчикам и дизайнерам быстро создавать полностью адаптивные веб-сайты.

Работа рассматриваемого веб-поддержки реализована в виде клиент-серверной архитектуры.

Серверный блок веб-поддержки выполняется на языке PHP и включает администрирование доступа к данным через RedBeanPHP, актуализацию данных, управление параметрами и стилями, создание входных/выходных HTML-форм через Bootstrap. Обработка данных проводится с помощью языка LuaISEM.

В начале работы с системой, пользователю необходимо войти в систему или зарегистрироваться. При входе с правами администратора доступно управление системой, включая настройку прав пользователей, климатических баз данных, шаблонов карт и др. При входе с правами вьювера, редактора, ГИС-специалиста или аналитика отображается набор базовых функций управления ГеоГИПСАР. Доступны несколько разделов работы с климатическими данными: мониторинг, анализ, прогнозирование.

При выборе раздела с анализом климатическими данными отображается форма ввода параметров, изображенная на рис. 2. Введённые в форму параметры отправляются в скрипт, написанный на LuaISEM. Для простоты, данный скрипт использует замещение данных в шаблоне на данные, введенные пользователем. После замены запускается рабочий скрипт на языке Lua. Данный скрипт связан с системой ГеоГИПСАР, которая обрабатывает глобальные данные по климату и преобразует их в требуемый формат. Результатом является

визуализация геоклиматических данных в виде географических карт разного вида: таблиц, графиков и отчетов (рис. 3).

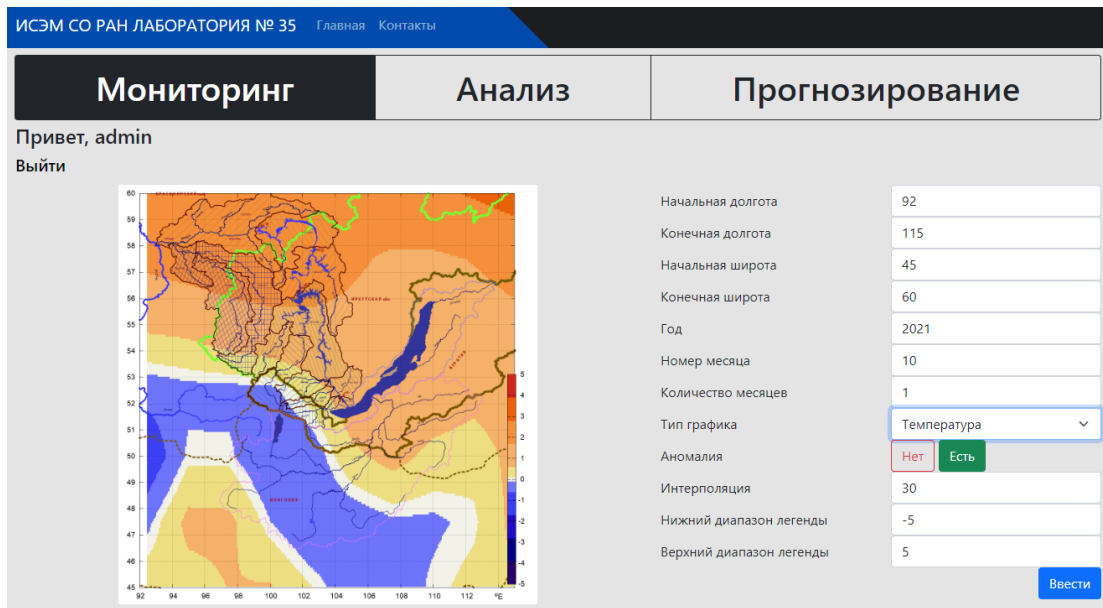


Рис. 2. Пример интерфейса Web-сервиса

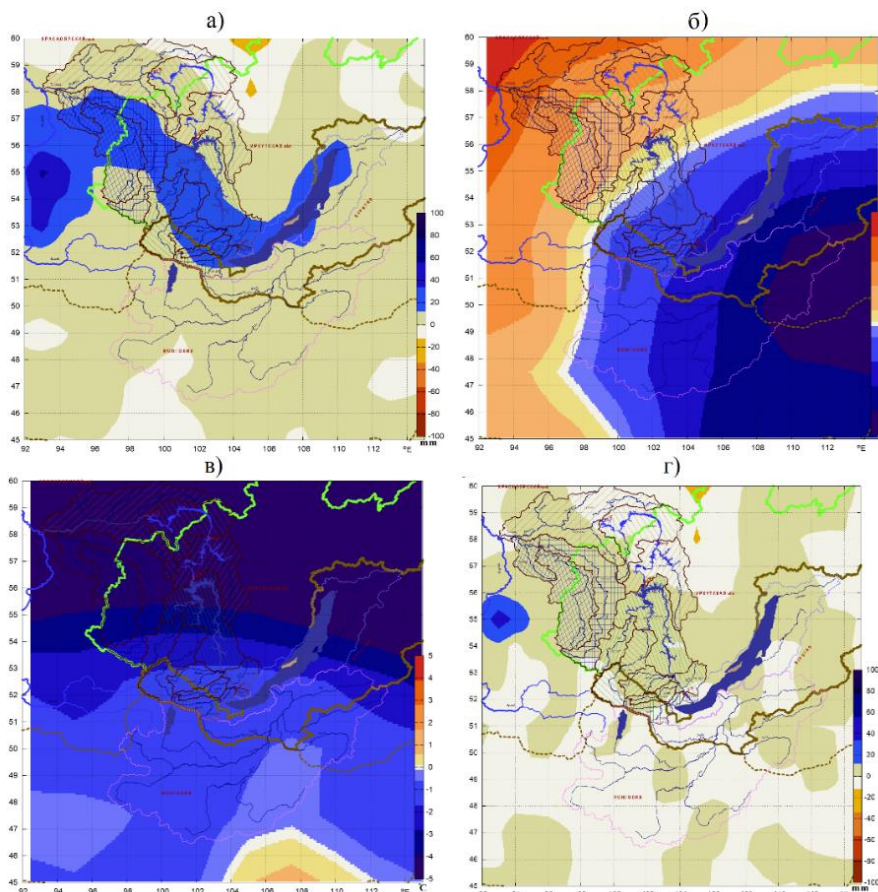


Рис. 3. Пример формирования климатических карт; поиск отклонений (аномалий) на летний период (июнь-август 2021 года) в бассейне озера Байкал: температура (а), осадки (б) и давление (в); сравнение средних показателей температуры за период с 2019 по 2021гг (г)

Заключение

На данный момент Web-сервис находится в стадии активной разработки. Дальнейшее развитие предполагает расширение ядра системы с возможностью оперативного выбора форм представления и визуализации данных.

Разработка и управление Web-сервис реализовано в двух формах:

- 1) разработка тестовой локальной версии, на портативном USBWebserver – это облегченный локальный веб-сервер с использованием Apache, PHP, MySQL и PHPMyAdmin, который позволяет пользователю работать на различных системах без необходимости его установки (Локальная версия повышает скорость и надежность разработки);
- 2) перенос отлаженного программного обеспечения в стационарную систему (сервер).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абасов Н.В., Никитин В.М. и Осипчук Е.Н. 2019 Система моделей для изучения длительной эксплуатации ГЭС в Ангарском каскаде. Исследование энергетических систем том 2 (6) с. 5–18
2. Никитин В.М., Абасов Н.В. и Осипчук Е.Н. N 2020 Моделирование режимов длительной эксплуатации гидроэлектростанций в составе энергетических и водных систем в условиях неопределенности. E3S Web of Conf. (ENERGY-21 – Устойчивое развитие и интеллектуальное управление, том 209) стр. 7
3. Бережных Т.В. и Абасов Н.В. 2003 Возрастающая роль долгосрочного прогнозирования природных факторов в управлении энергосистемами Стажер. Журнал проблем глобальной энергии, том 20 (4) стр. 353–363
4. Абасов Н.В. 2012 Система долгосрочного прогнозирования и анализа экологических факторов энергетической отрасли ГеоГИПСАР. Проз. Международного совещания АПН: Экстремальные проявления глобального изменения климата в Северной Азии Enviromis-2012 с. 63–66
5. Абасов Н.В., Бережных Т.В. и Резников А.П. 2000 Долгосрочный прогноз экологических факторов энергетической отрасли в информационно-прогнозной системе ГИПСАР. Труды Российской академии наук, Энергетика, т. 6, с. 22–30
6. Ventusky - прогноз погоды на карте – URL: www.ventusky.com (дата обращения: 10.05.2022)
7. earth :: глобальная карта ветров, погодных условий и морских течений – URL: earth.nullschool.net (дата обращения: 10.05.2022)
8. Windy: карта ветра и прогноз погоды – URL: www.windy.com (дата обращения: 10.05.2022)
9. EarthAtlas – URL: earthatlas.sr.unh.edu (дата обращения: 10.05.2022)
10. Meteologix.com - качественное Швейцарское прогнозирование погоды – URL: meteologix.com (дата обращения: 10.05.2022)
11. Past Climate Explorer – URL: era5.lobelia.earth (дата обращения: 10.05.2022)
12. Геоинформационная веб-система для исследования региональных природно-климатических изменений и первые результаты ее использования / Е. П. Гордов, И. Г. Окладников, А. Г. Титов [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 2. – С. 137-143. – EDN OOEZTD
13. Титов Александр Георгиевич, Окладников Игорь Георгиевич, and Гордов Евгений Петрович. "Разработка Веб-ГИС на основе сервисов обработки и визуализации пространственных данных для анализа и прогнозирования региональных климатических изменений" Информационные и математические технологии в науке и управлении, no. 4-2, 2016, pp. 96-109
14. Гордов, Е., Окладников, И. и Титов, А. 1. Разработка Веб-ГИС системы для статистического анализа больших архивов пространственно распределенных данных при проведении комплексных геофизических исследований. Электронные библиотеки. 12, 1 (1)

15. Janert P K 2016 Gnuplot in Action. Понимание данных с помощью графиков (Manning 2nd ed) p 400
16. Roberto Ierusalimsky, Programming in Lua, Publisher: Lua.org, 2016, P. 388
17. RedBeanPHP — это простой в использовании инструмент ORM для PHP – URL: <https://redbeanphp.com> (дата обращения: 10.05.2022)
18. Bootstrap Самая популярная библиотека HTML, CSS и JS в мире – URL: <https://getbootstrap.com> (дата обращения: 10.05.2022)

REFERENCES

1. Abasov N V, Nikitin V M and Osipchuk E N 2019 Sistema modelej dlya izucheniya dlitel'noj ekspluatcii GES v Angarskom kaskade [*A System of Models to Study Long-Term Operation of Hydropower Plants in the Angara Cascade*]. Issledovanie energeticheskikh system tom 2 (6) [*Energy Systems Research vol 2 (6)*] pp 5–18
2. Nikitin V M, Abasov N V and Osipchuk E N 2020 Modelirovanie rezhimov dlitel'noj ekspluatcii gidroelektrostantsij v sostave energeticheskikh i vodnykh sistem v usloviyah neopredelennosti. [*Modeling of Long-term Operating Regimes of Hydro Power Plants as Part of Energy and Water Systems in the Context of Uncertainty*]. E3S Web of Conf. (ENERGY-21 – Ustoichivoe razvitie i intellektual'noe upravlenie, tom 209 [*Sustainable Development & Smart Management vol 209*]) p 7
3. Bereznykh T V and Abasov N V 2003 Vozrastayushchaya rol' dolgosrochnogo prognozirovaniya prirodnykh faktorov v upravlenii energosistemami Stazher [*The increasing role of long-term forecasting of natural factors in energy system management Intern*]. Zhurnal problem global'noj energii , tom 20 (4) [*Journal of Global Energy Issues vol 20 (4)*] pp 353–363
4. Abasov N V 2012 Sistema dolgosrochnogo prognozirovaniya i analiza ekologicheskikh faktorov energeticheskoy otrasli GeoGIPSAR [*The GeoGIPSAR system of long-term forecasting and analysis of environment-related factors of the energy industry*]. Proc. Mezhdunarodnogo soveshchaniya APN: Ekstremal'nye proyavleniya global'nogo izmeneniya klimata v Severnoy Azii [*Proc. of the International Meeting of APN: Extreme manifestations of global climate change in North Asia*] Enviromis-2012 (in Russian) pp 63–66
5. Abasov N V, Bereznykh T V and Reznikov A P 2000 Dolgosrochnyj prognoz ekologicheskikh faktorov energeticheskoy otrasli v informacionno-prognoznnoy sisteme GIPSAR [*Long-term forecast of environment-related factors of the energy industry in the information-forecasting system GIPSAR*]. Trudy Rossijskoj akademii nauk [*Proceedings of the Russian Academy of Sciences*], Energetika [*Power Engineering*] vol 6 (in Russian) pp 22–30
6. Ventusky - prognoz pogody na karte [*weather forecast on the map*] – URL: www.ventusky.com (date of application: 10.05.2022)
7. earth :: global'naya karta vetrov, pogodnykh uslovij i morskikh techenij [*global map of winds, weather conditions and sea currents*] – URL: -earth.nullschool.net (date of application: 10.05.2022)
8. Wind: karta vetra i prognoz pogody [*Wind: wind map & weather forecast*] – URL: www.windy.com (date of application: 10.05.2022)
9. EarthAtlas – URL: earthatlas.sr.unh.edu (date of application: 10.05.2022)
10. Meteologix.com - kachestvennoe SHvejcarskoe prognozirovanie pogody [*Swiss quality weather forecasting*] – URL: meteologix.com (date of application: 10.05.2022)
11. Past Climate Explorer – URL: era.5.lobelia.earth (date of application: 10.05.2022)
12. Geoinformacionnaya veb-sistema dlya issledovaniya regional'nykh prirodno-klimaticheskikh izmenenij i pervye rezul'taty ee ispol'zovaniya [*Geo-information system for investigation of regional climatic changes and first results obtained*]/ E. P. Gordov, I. G. Okladnikov, A. G. Titov [i dr.] // Optika atmosfery i okeana [*Optics of the atmosphere and ocean*] – 2012. – T. 25. – № 2. – S. 137-143. – EDN OOEZTD
13. Titov Aleksandr Georgievich, Okladnikov Igor' Georgievich, and Gordov Evgenij Petrovich. Razrabotka Veb-GIS na osnove servisov obrabotki i vizualizacii prostranstvennykh

dannyh dlya analiza i prognozirovaniya regional'nyh klimaticheskikh izmenenij [*Web mapping system development based on geospatial data processing and visualization services for regional climate change analysis and forecast*]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [*Information and mathematical technologies in science and management*], no. 4-2, 2016, pp. 96-109

14. Gordov, E., Okladnikov, I. i Titov, A. 1. Razrabotka Veb-GIS sistemy dlya statisticheskogo analiza bol'shikh arhivov prostranstvenno raspredelennykh dannykh pri provedenii kompleksnykh geofizicheskikh issledovaniy [*Development of Web GIS system for statistical analysis of large archives of spatially distributed data during complex geophysical research*]. Elektronnye biblioteki [*Digital libraries*]. 12, 1 (1)

15. Janert P K 2016 Gnuplot in Action. Ponimanie dannykh s pomoshch'yu grafikov [*Understanding data with graphs*] (Manning 2nd ed) p 400

16. Roberto Ierusalimsky, Programmirovaniye na yazyke Lua [*Programming in Lua*], Publisher: Lua.org, 2016, P. 388

17. RedBeanPHP - eto prostoy v ispol'zovanii instrument ORM dlya PHP [*RedBeanPHP is an easy to use ORM tool for PHP*] – URL: <https://redbeanphp.com> (date of application: 10.05.2022)

18. Bootstrap Samaya populyarnaya biblioteka HTML, CSS i JS v mire [*Bootstrap The most popular HTML, CSS, and JS library in the world*] – URL: <https://getbootstrap.com> (date of application May: 10.05.2022)

Информация об авторах

Гасан Виктор Святославович – студент бакалавр, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: viktor-gasan@yandex.ru

Абасова Наталья Иннокентьевна – доцент кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ani24n@mail.ru

Information about the authors

Gasan Viktor Svyatoslavovich – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: viktor-gasan@yandex.ru

Abasova Natalia Innokentyevna - Associate Professor of the Department "Information Systems and Information Protection", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ani24n@mail.ru