

УДК 004.94

DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.014

Мониторинг и накопление данных в информационно-прогностической системе ГеоГИПСАР

Гасан Виктор Святославович, Абасов Николай Викторович, Осипчук Евгений Николаевич

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Россия, Иркутск,
viktor-gasan@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются исходные данные, их структура и методы обработки, применяемые в информационно-прогностической системе ГеоГИПСАР, которая была разработана в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН и продолжает развиваться. Она успешно использует данные современных глобальных климатических моделей (таких как NOAA, GPCP) для прогнозирования притока воды в крупные водохранилища и озера с оценкой их уровневых режимов. В статье приводится описание структур и типов показателей глобальных климатических моделей, используемых на практике при прогнозировании стока в бассейнах рек. Рассмотрены основные шаги для сбора данных, их обработки и анализа. Демонстрируются результаты работы системы с использованием разработанного визуализатора карт. Отмечается необходимость проведения исследований по прогнозированию полезного притока для эффективного управления уровнем режимом озера Байкал. По результатам работы планируется расширение системы с включением веб-интерфейса для анализа и формирования прогностических показателей.

Ключевые слова: глобальные климатические модели, реанализ, мониторинг, информационно-прогностическая система

Цитирование: Гасан В.С. Мониторинг и накопление данных в информационно-прогностической системе ГеоГИПСАР / В.С. Гасан, Н.В. Абасов, Е.Н. Осипчук // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2023. – № 4(32). – С. 160-169. – DOI:10.25729/ESI.2023.32.4.014.

Введение. За последние десятилетия наблюдаются значительные успехи в мониторинге и прогнозировании климата. Однако надежные универсальные методики их применения на практике отсутствуют. В условиях изменения климата важной задачей становится планирование режимов крупных водохранилищ и регулируемых озер, например, оз. Байкал. При долгосрочном планировании режимов обычно используются оценки по норме стока на основе накопленных статистических данных. В связи с ужесточением современных экологических требований, как на уровневые режимы оз. Байкал, так и на расходы воды через Иркутскую ГЭС, а также появлением экстремальных и продолжительных маловодных и многоводных периодов, проведение оценок будущих режимов с использованием только статистических данных становится ограниченным, что требует применения новых подходов.

Для обработки и анализа геоклиматических данных в ИСЭМ СО РАН разработана и развивается информационно-прогностическая система ГеоГИПСАР [1–6], которая использует универсальную базу с файлами многомерных сеточных данных специализированных форматов с включением в них различных агрегированных показателей. Система основана на компонентном подходе с инструментальными средствами развития и добавления новых компонентов.

Сложность мониторинга и обработки глобальных климатических данных связана как с большими объемами исходных данных (до десятков Гб в день), включающих множество атрибутов и показателей с разными временными интервалами по всему земному шару, так и необходимостью учета наличия пропусков и ошибок в данных, верификации и согласования данных из различных источников. Кроме того, как правило, данные из различных центров используют разные форматы, которые имеют сложную структуру и описание, что приводит к проблеме их оперативной обработки.

1. Исходные данные и их структура. Предлагаемый подход к мониторингу фактических показателей параметров атмосферы в бассейне оз. Байкал с помощью ГеоГИПСАР основан на ретроспективном анализе данных с центра реанализа.

Центр данных реанализа включает:

- ERA5/NCMWF [7] – данные реанализа атмосферы и глобального климата NCMWF пятого поколения, охватывающий период с января 1940 г. по настоящее время;
- ECMWF ERA-40 [7] – данные реанализа ECMWF глобальной атмосферы и состояния поверхности за 45 лет (с сентября 1957 г. по август 2002 г.);
- NOAA/NCEP [8] – данные реанализа Национального управления океанических и атмосферных исследований (США) с координатной сеткой $2,5 \times 2,5^\circ$;
- GPCC [9-11] – мировой центр данных по осадкам (Германия) с месячным разрешением за период 1900–2022 гг. и координатной сеткой 1×1 .

Центр точечных данных включает:

- Weather and Climate [12] – оперативные метеоданные по пунктам;
- Aisori-M [13] – архивы метеоданных по пунктам;
- Predictive ensembles [14] – прогностические ансамбли;
- AIS GMVO [15] – архивы данных по водным объектам;
- Solar activity [16] – данные по солнечной активности.

В системе ГеоГИПСАР, с использованием информации из мировых центров данных и глобальных прогностических моделей, постоянно отслеживаются глобальные и региональные климатические изменения с формированием различных вероятностных прогностических оценок по притокам для исследуемых бассейнов. Реализован набор стандартных конверторов и шаблонов обработки различных выборок данных из открытых источников. Ежедневно производится опрос сайтов на обновление данных с загрузкой необходимых файлов, преобразованием к нужному формату и пересылкой в соответствующее хранилище. В ГеоГИПСАР используются как точечные, так и пространственно распределенные данные.

Точечные данные классифицируются:

- по пунктам метеорологических наблюдений;
- по типам данных (температура, осадки, давление, др.);
- по времени (годовые, месячные, декады, суточные, срочные).

Пространственно-распределенные данные включают:

- текстовые форматы;
- формат NetCDF [17];
- формат HDF5 [18];
- формат GRIB [19].

NetCDF – формат файлов, ориентированный на многомерные массивы данных, широко используемый в ГИС. Он был принят и согласован Открытым геопространственным консорциумом (OGC) в качестве основного стандарта кодирования. Почти любой тип пространственных данных может быть сохранен в файле NetCDF. Формат часто используется в данных об атмосфере и океане. Одним из основных преимуществ формата является его самоописание – в самом файле содержатся метаданные, описывающие его структуру.

HDF – формат файлов, широко используемый в сообществе дистанционного зондирования. Как и в NetCDF, большая часть данных внутри файла HDF хранится в виде многомерных массивов. Одно из различий между этими форматами заключается в том, что

HDF поддерживает иерархическую структуру внутри файла. Данные в файле могут быть организованы в группы. Группы могут содержать один или несколько наборов данных. Каждый из этих наборов данных может содержать многомерные данные.

Существует три разных типа файлов HDF: HDF4, HDF5 и HDF-EOS. Устаревший формат HDF4 не поддерживал файлы размером более 2 Гб и имел ограничения в структурах ввода и вывода. HDF5 не имел этих ограничений, а также включал множество улучшений. HDF-EOS – специальная реализация HDF, оптимизированная для хранения больших объемов данных спутникового дистанционного зондирования.

Общая модель данных CDM (Common Data Model) [17] (рис. 1) используется в специализированных форматах хранения данных NetCDF и HDF5. Основное её назначение – представление многомерных численных массивов (рис. 1). Файл имеет определенную группу данных верхнего уровня. Каждая группа может содержать одну или несколько именованных подгрупп, определяемые пользователем типы, переменные, измерения и атрибуты. Переменные также имеют атрибуты и могут иметь общие измерения, указывающие на общую сетку. Один или несколько размеров могут иметь неограниченную длину. Переменные и атрибуты имеют 1 из 12-ти примитивных типов данных или 1 из 4-х пользовательских типов.

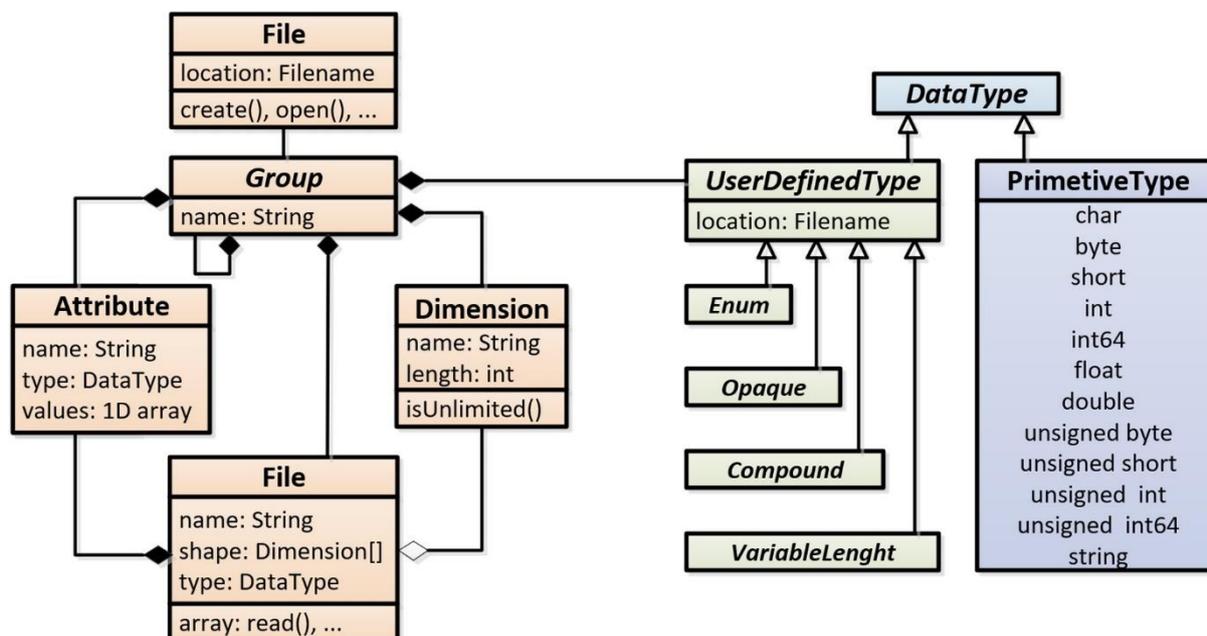


Рис. 1. Модель данных CDM

GRIB (англ. GRId in Binary – сетка в двоичном виде) – является форматом пространственных данных с применением математических методов сжатия. Формат широко используется для метеорологических данных и поддерживается Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) [7], Национальным управлением океанических и атмосферных исследований (NOAA) [8], Национальным центром атмосферных исследований (NCAR) [20].

В настоящее время используются 2 версии формата: GRIB1 с 1994 г. и GRIB2 с 2003 г. GRIB1 применяется для управления двумерными атмосферными данными с географической привязкой на поверхности сетки. GRIB2 расширяет возможности GRIB1 для 4D пространственно-временных данных и прогностических ансамблей. GRIB2 расширяет возможности описания метеорологических параметров, любых связанных статистических обработок и их метаданных, также включает возможности сжатия данных.

Файл формата GRIB2 состоит из нескольких секций [21] (рис. 2):

1. Информации о метаданных: содержит информацию о типе файла, способе кодирования и дополнительную мета-информацию.
2. Идентификации: содержит описание формата файла и данных, включая номер версии GRIB и их размер.
3. Определения структуры: включает содержание и структуру данных, например, тип данных, интервал времени, переменные и т.д.
4. Данных: содержит сами данные в двоичном формате, может содержать как сжатые, так и несжатые данные.
5. Карты данных (битовый массив): содержит информацию о наличии или отсутствии данных для каждого элемента в массиве, что позволяет сократить их объем.

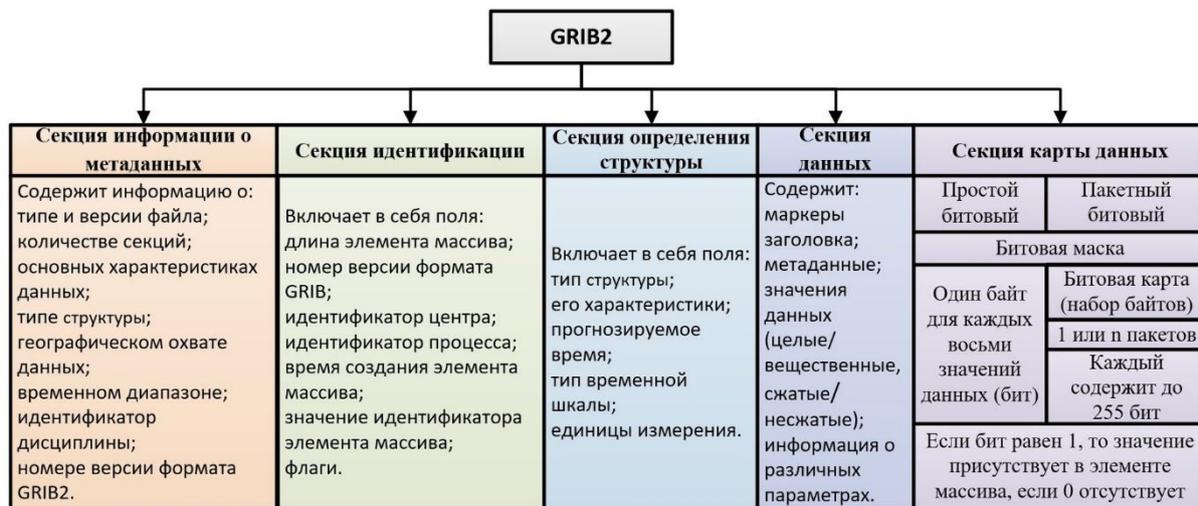


Рис. 2. Секции данных в формате GRIB2

2. Используемые методы и технологии. Схема преобразования данных из различных центров в системе ГеоГИПСАР изображена на рис. 3.

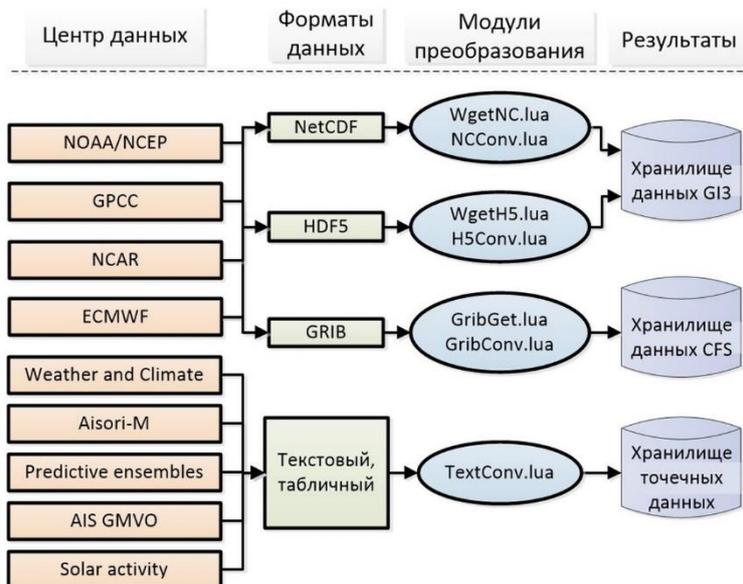


Рис. 3. Преобразование данных из различных центров в системе ГеоГИПСАР

Данные с пунктов наблюдения в бассейнах водосбора рек позволяют проверить и уточнить данные ретроспективного анализа. Для эффективности дальнейшего анализа исходные данные из форматов NetCDF и HDF5 конвертируются в специализированный GIZ-формат, что позволяет хранить в одном файле не только пространственные данные за весь

период наблюдения, но и включать в себя показатели среднего, минимального и максимальные значения для каждой даты в этом файле. Данные используются для суточного и месячного разрешения (рис. 4).

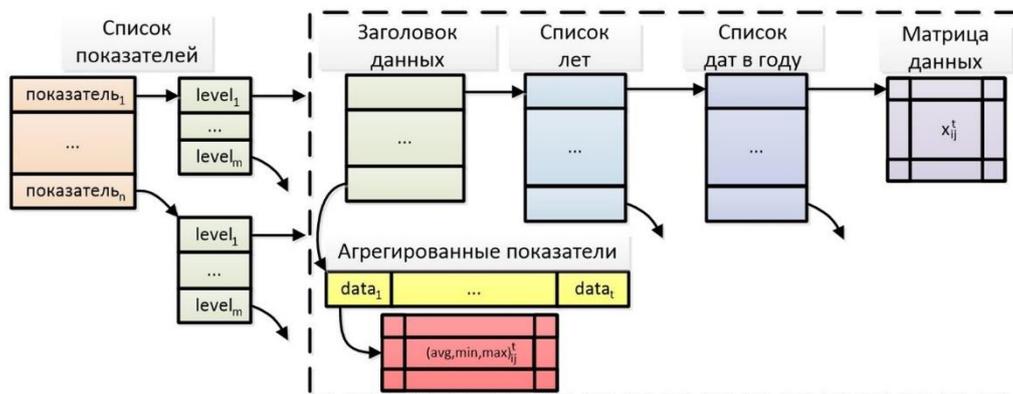


Рис. 4. Структура геоклиматических фактических показателей G_{i3}

Разработана технология преобразования ансамблей прогнозов (в формате GRIB) в специализированные файлы формата CFS, формируемых глобальной климатической системой CFSv2 [22–25] (рис. 5). Она включает среднесуточные прогностические показатели с прямым доступом к их элементам, наполнение базы прогностических ансамблей, а также технологию для обработки этих файлов и получение прогностических оценок распределения температуры, интенсивности осадков и приземного давления.

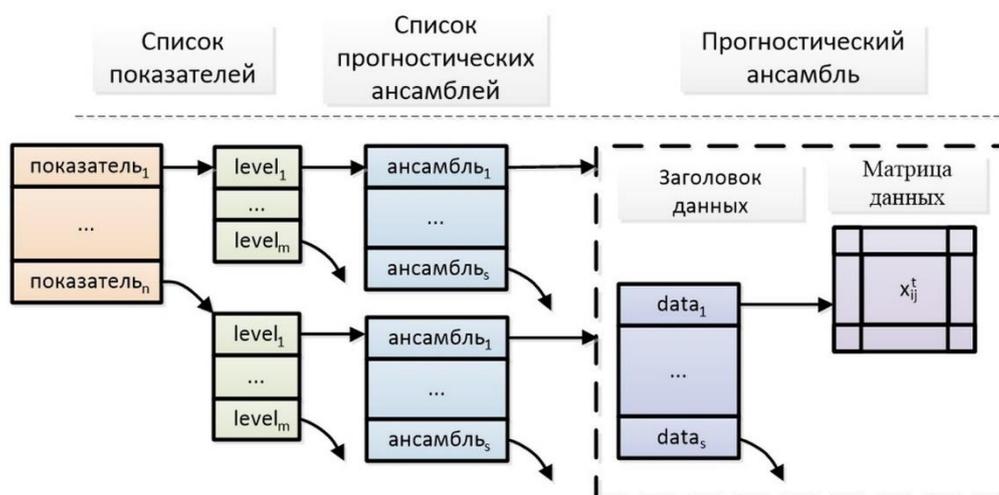


Рис. 5. Структура прогностических ансамблей CFSv2 в системе ГеоГИПСАР

CFSv2 (Climate Forecast System версии 2) – прогностическая система, разработанная в Центре моделирования окружающей среды (ЕМС), который входит в организацию NCEP. Система учитывает динамику изменения атмосферной циркуляции, океанских течений и льдов Арктики и Антарктики. На её основе ежедневно уточняются прогностические ансамбли состояния атмосферы и океана с временным интервалом от нескольких часов до 9 месяцев для всего земного шара.

Используемый в модели ансамблевый подход позволяет формировать вероятностные оценки состояния атмосферы на длительную перспективу. Модель является полностью связанной и представляющей взаимодействие между атмосферой Земли, океанами, сушей и морским льдом. Данная модель функционирует в NCEP с марта 2011 г. и предоставляет в открытом доступе прогностические данные по всему земному шару.

Для возможности оперативной работы с различными источниками и обновления единой базы данных в ГеоГИПСАР используются следующие шаги (рис. 6):

1. С помощью управляющей системы, используя свободные консольные утилиты для загрузки (CURL, WGET), автоматически скачиваются последние данные из различных центров (NOAA/NCEP, GPCP, NCAR, ECMWF);
2. Под управлением компонента LuaISEM системы ГеоГИПСАР, исходные файлы декодируются с использованием стандартных утилит NCDUMP, H5DUMP, WGRIB для выбора необходимых данных;
3. Полученные данные конвертируются в форматы базы ГеоГИПСАР (GI3, CFS) и записываются в хранилище.

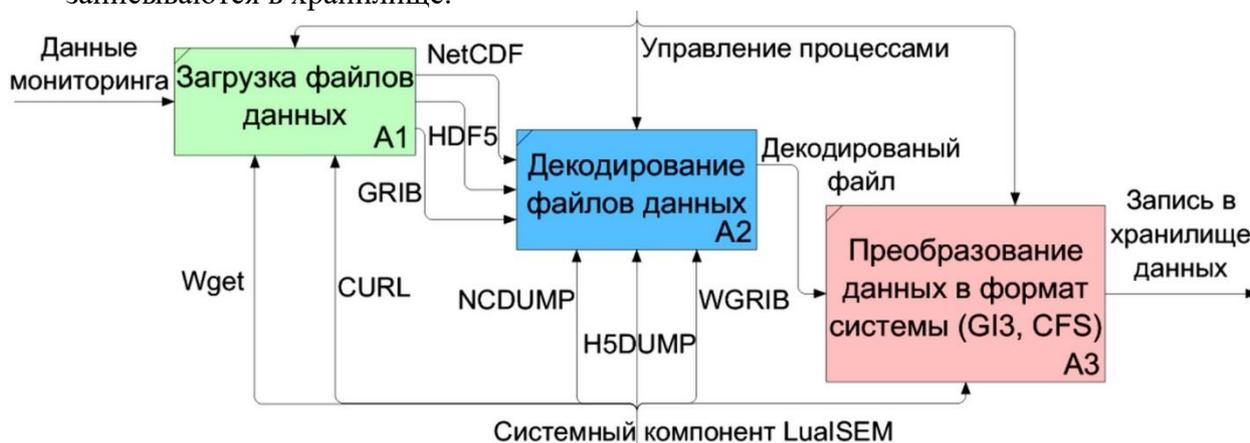


Рис. 6. Функциональная схема мониторинга и накопления данных в системе ГеоГИПСАР

Поддержка целостности данных осуществляется через мониторинг и обновление их состояния в центрах, сравнивая с состоянием баз данных в системе ГеоГИПСАР.

3. Использование ГеоГИПСАР для моделирования уровенных режимов оз. Байкал. При наполнении и сработке воды в оз. Байкал важным является исследование естественных режимов регулирования озера (до строительства Иркутской ГЭС), чтобы определить возможность максимального соответствия зарегулированных и природных (естественных) режимов. В современных условиях невозможно нарушить существующие требования по техническим параметрам работы Иркутской ГЭС, водохозяйственным, социально-экономическим и другим ограничениям в верхнем и нижнем бьефах. Даже при минимальном выполнении требований к зарегулированным режимам необходимо учитывать зависимости изменения уровня озера от расхода ГЭС, ограничения минимального расхода 1300 м³/с по требованию водозаборов, максимально допустимые расходы 4000–4500 м³/с по условиям незатопления прибрежных территорий в нижнем бьефе.

С помощью распределений прогностических показателей (осадки, температура, давление, геопотенциал, скорость и циркуляция атмосферы) в бассейнах водосбора оз. Байкал уточняется полезный приток, на основе которого моделируется динамика изменения его уровенного режима. Выделение на климатических картах границ бассейнов водосбора рек озера позволяет определить годы-аналоги по заданной мере близости в виде суммы среднеквадратичных отклонений с весовыми коэффициентами по выделенной области. На основе их формируются наиболее вероятные прогностические показатели полезного притока.

Высокие и низкие показатели полезного притока в оз. Байкал коррелируют с водностью р. Селенга. В случаях совпадения высокой или низкой водности с северными (Верхняя Ангара) и восточными реками (Баргузин) создаются условия появления экстремальной водности на озере.

Разработанная система позволяет формировать пространственные карты по нескольким ансамблям моделей за указанный период и по заданным климатическим показателям, например, геопотенциалу (рис. 7а); температуре (рис. 7б); давлению (рис. 7в); осадкам (рис. 7г). Распределение скоростей циркуляции атмосферы и геопотенциала на разных изобарических поверхностях позволяет визуализировать циклоническую и антициклоническую активность.

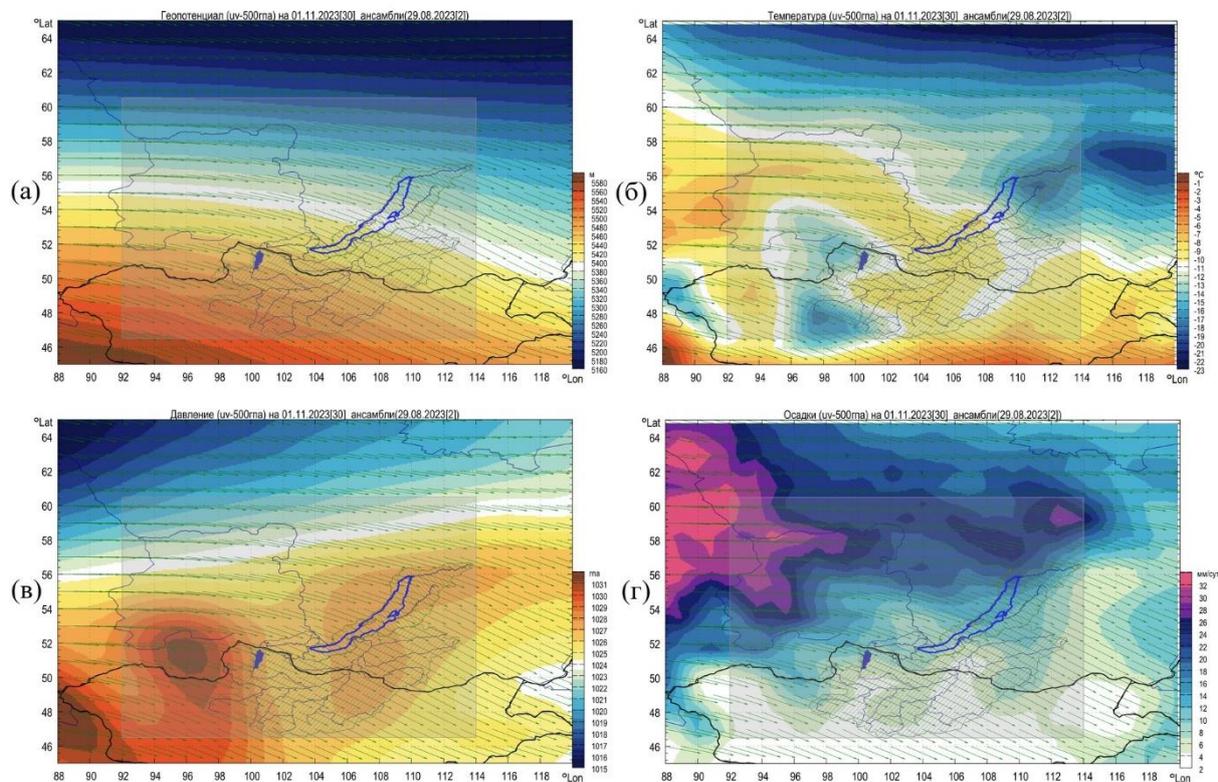


Рис. 7. Результаты визуализации прогностических данных в бассейне оз. Байкале за ноябрь 2023 г.

Прогностические показатели полезного притока в озеро позволяют проводить моделирование его уровня по различным диспетчерским графикам (правилам назначения расходов Иркутской ГЭС). Одним из важных по экологическим требованиям является диспетчерский график с максимальным приближением к естественным условиям регулирования (до строительства ГЭС).

Заключение. В ходе работы были рассмотрены форматы климатических данных; разработаны компоненты системы мониторинга и накопления фактических и прогностических глобальных данных по климату; разработаны компоненты визуализации этих данных.

Разработанная система мониторинга является портативной, позволяет оперативно обновлять данные с запаздыванием до нескольких суток и актуализировать их для отдельных локальных компьютеров и сетевых групп. Данная система позволяет заблаговременно получать оценки вероятных изменений климата, важных для эффективного управления как уровнем оз. Байкал, так и Ангарским каскадом ГЭС. В дальнейшем планируется расширение веб-интерфейса для анализа и формирования прогностических показателей.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2020-787 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект «Фундаментальные

основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории»).

Список источников

1. Абасов Н.В. Система долгосрочного прогнозирования и анализа природообусловленных факторов энергетики ГеоГИПСАР / Н.В. Абасов // Материалы международного совещания APN (MAIRS/NEESP/SIRS) Экстремальные проявления глобального изменения климата на территории Северной Азии (Enviromis-2012), 2012. – С. 63-66.
2. Abasov N.V., Nikitin V.M., Bereznykh T.V., Osipchuk E.N. Monitoring and predictive estimations of atmospheric parameters in the catchment area of lake Baikal. Atmosphere, 2022, vol. 13, iss. 1, article 49.
3. Abasov N.V., Nikitin V.M., Osipchuk E.N. A System of Models to study long-term operation of hydropower plants in the Angara cascade. Energy Systems Research, 2019, vol. 2, no. 2(6), pp. 5-18.
4. Berdnikov V.M., Abasov N.V. Prognostic maps of climatic indicators based on a multivariate neural network. Energy System Research, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 19-23.
5. Petrukhina V.A., Abasov N.V. A technology for predictive estimation of meteorological parameters on the basis of the global climate model CFSv2. Energy System Research, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 12-18.
6. Osipchuk E.N., Gasan V.S. Development of a Web Service for Analysis of the GeoGIPSAR Geoclimatic Data // Energy Systems Research, 2022, vol. 5, no. 3, pp. 5-12.
7. Набор данных ECMWF. – URL: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets> (дата обращения: 10.03.2023).
8. Национальное управление океанических и атмосферных исследований. – URL: <https://www.noaa.gov/> (дата обращения: 10.03.2023).
9. Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., et al. A description of the global land-surface precipitation data products of the global precipitation climatology centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present. Earth Syst. Sci. Data, 2013, vol. 5, pp. 71-99.
10. Schamm K., Ziese M., Becker A., et al. Global gridded precipitation over land: A description of the new GPCP first guess daily product. Earth Syst. Sci. Data, 2014, vol. 6, pp. 49-60.
11. Schneider U., Finger P., Meyer-Christoffer A., et al. Evaluating the hydrological cycle over land using the newly-corrected precipitation climatology from the global precipitation climatology centre (GPCP), Atmosphere, 2017, vol. 8, 52 p.
12. Оперативные данные сайта «Погода и климат». – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 10.03.2023).
13. Специальные данные для исследований климата. – URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index0.xhtml> (дата обращения: March 10.03.2023).
14. Прогностические ансамбли. – URL: <https://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/cfs/> (дата обращения: 10.03.2023).
15. AIS GMVO. – URL: gmvo.skniivh.ru (дата обращения: 10.03.2023).
16. Данные о солнечной активности. – URL: <http://www.sidc.be/silso/DATA/> (дата обращения: 10.03.2023).
17. Руководство пользователя NetCDF – URL: <https://docs.unidata.ucar.edu/nug/current/index.html> (дата обращения: 10.03.2023).
18. Библиотека HDF5 и формат файлов – Группа HDF. – URL: <https://www.hdfgroup.org/solutions/hdf5> (дата обращения: 10.03.2023).
19. Центр прогнозирования климата. – URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/wgrib.html> (дата обращения: 10.03.2023).
20. Национальный центр атмосферных исследований. – URL: <https://ncar.ucar.edu/> (дата обращения: 10.03.2023).
21. Общественная зона Cosmo. – URL: <https://www.cosmo-model.org/> (дата обращения: 10.03.2023).
22. Saha S., Moorthi S., Wu X., et al. The NCEP climate forecast system version 2, J. Climate, 2014, no. 6(27), pp. 2185-2208.
23. Yuan X., Wood E., Luo L., et al. A first look at climate forecast system version 2 (CFSv2) for hydrological seasonal prediction, Geophys. Res. Lett., 2011, p. 38.
24. Rai A., Saha S.K. Evaluation of energy fluxes in the NCEP climate forecast system version 2.0 (CFSv2), Clim. Dyn., 2017, vol. 50, pp. 101-114.
25. Hourdin F., Mauritsen T., Gettelman A., et al. The Art and science of climate model tuning. Bulletin of the American Meteorological Society, 2017, vol. 98, pp. 589-602.

Гасан Виктор Святославович. Инженер-исследователь лаборатории гидроэнергетических и водохозяйственных систем Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН. Сфера научных интересов – веб-разработка и геоклиматическая аналитика, viktor-gasan@yandex.ru.

Абасов Николай Викторович. К.т.н., старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН. Сфера научных интересов – разработка новых методов и моделей для прогнозирования природообусловленных факторов энергетики и эффективного функционирования энергосистем, nva@iset.irk.ru.

Осипчук Евгений Николаевич. К.т.н., научный сотрудник ИСЭМ СО РАН. Сфера научных интересов – разработка моделей для оптимизации режимов работы ГЭС с учетом ограничений, критериев оптимизации и долгосрочных прогнозов притока, eugene.os@mail.ru.

UDC 004.94

DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.014

Monitoring and accumulation of data in the GeoGIPSAR information-forecasting system

Victor S. Gasan, Nikolai V. Abasov, Evgeny N. Osipchuk

Melentiev Energy Systems Institute (MESI) SB RAS, Irkutsk, Russia, *viktor-gasan@yandex.ru*

Abstract. The article discusses the source data, their structure and processing methods used in GeoGIPSAR information-forecasting system, which was developed at the Melentiev Energy Systems Institute (MESI) of SB RAS and continues to develop. It successfully user data from modern global climate model (such as NOAA, HPCC, etc.) to predict inflow at the large reservoirs and lakes with an assessment of their level modes. The article describes the structures and types of indicators of global climate models used in practice when forecasting runoff in river basins. The main steps for data collection, processing and analysis are considered. The results of the system operation using the developed map visualizer are demonstrated. It is noted that it is necessary to conduct research on forecasting a useful inflow for effective management of the level regime of Lake Baikal. On the results of the work carried out, it is planned to expand the system with the inclusion of a web interface for the analysis and formation of forecast indicators.

Keywords: global climate models, reanalysis, monitoring, information-forecasting system

Acknowledgements: The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the grant No. 075-15-2020-787 for implementation of Major scientific projects on priority areas of scientific and technological development (the project “Fundamentals, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the environmental situation on the Baikal natural territory”).

References

1. Abasov N.V. Sistema dolgosrochnogo prognozirovaniya i analiza prirodo-obuslovlennykh faktorov jenergetiki GeoGIPSAR [The GeoGIPSAR system of long-term forecasting and analysis of environment-related factors of the energy industry], Materialy mezhdunarodnogo soveshhanija APN (MAIRS/NEESP/SIRS) “Jekstremal'nye proyavleniya global'nogo izmenenija klimata na territorii Severnoj Azii”: (Enviromis-2012) [Proc. of the International Meeting of APN: “Extreme manifestations of global climate change in North Asia”: Enviromis-2012], 2012, pp. 63-66.
2. Abasov N.V., Nikitin V.M., Bereznykh T.V., Osipchuk E.N. Monitoring and predictive estimations of atmospheric parameters in the catchment area of lake Baikal. Atmosphere, 2022, vol. 13, iss. 1, article 49.
3. Abasov N.V., Nikitin V.M., Osipchuk E.N. A System of Models to study long-term operation of hydropower plants in the Angara cascade. Energy Systems Research, 2019, vol. 2, no. 2(6), pp. 5-18.
4. Berdnikov V.M., Abasov N.V. Prognostic maps of climatic indicators based on a multivariate neural network. Energy System Research, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 19-23.
5. Petrukhina V.A., Abasov N.V. A technology for predictive estimation of meteorological parameters on the basis of the global climate model CFSv2. Energy System Research, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 12-18.
6. Osipchuk E.N., Gasan V.S. Development of a Web Service for Analysis of the GeoGIPSAR Geoclimatic Data // Energy Systems Research, 2022, vol. 5, no. 3, pp. 5-12.
7. Dataset ECMWF, available at: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets> (accessed: 04/10/2023).
8. National Oceanic and Atmospheric Administration available online <https://www.noaa.gov/> (accessed: 04/10/2023).

9. Becker A., Finger P., Meyer-Christoffer A., et al. A description of the global land-surface precipitation data products of the global precipitation climatology centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present. *Earth Syst. Sci. Data*, 2013, vol. 5, pp. 71-99.
10. Schamm K., Ziese M., Becker A., et al. Global gridded precipitation over land: A description of the new GPCC first guess daily product. *Earth Syst. Sci. Data*, 2014, vol. 6, pp. 49-60.
11. Schneider U., Finger P., Meyer-Christoffer A., et al. Evaluating the hydrological cycle over land using the newly-corrected precipitation climatology from the global precipitation climatology centre (GPCC), *Atmosphere*, 2017, vol. 8, 52 p.
12. Operational Data of the Site «Weather and Climate». Available online: <http://www.pogodaiklimat.ru> (accessed: 04/10/2023).
13. Dedicated Data for Climate Research. Available online: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index0.xhtml> (accessed: 04/10/2023).
14. Forecasting ensembles, available at: <https://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/cfs/> (accessed: 04/10/2023).
15. AIS GMVO, available at: gmvo.skniivh.ru (accessed: 04/10/2023).
16. Solar activity data, available at: <http://www.sidc.be/silso/DATA/> (accessed: 04/10/2023).
17. NetCDF Users Guide, available at: <https://docs.unidata.ucar.edu/nug/current/index.html> (accessed: 04/10/2023).
18. The HDF5 Library & File Format – The HDF Group, available at: <https://www.hdfgroup.org/solutions/hdf5> (accessed: 04/10/2023).
19. Climate Prediction Center, available at: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/wgrib.html> (accessed: 04/10/2023).
20. National Center for Atmospheric Research, available at: <https://ncar.ucar.edu/> (accessed: 04/10/2023).
21. Cosmo Public area, available at: <https://www.cosmo-model.org/> (accessed: 04/10/2023).
22. Saha S., Moorthi S., Wu X., et al. The NCEP climate forecast system version 2, *J. Climate*, 2014, no. 6(27), pp. 2185-2208.
23. Yuan X., Wood E., Luo L., et al. first look at climate forecast system version 2 (CFSv2) for hydrological seasonal prediction, *Geophys. Res. Lett.*, 2011, p. 38.
24. Rai A., Saha S.K. Evaluation of energy fluxes in the NCEP climate forecast system version 2.0 (CFSv2). *Clim. Dyn.*, 2017, vol. 50, pp. 101-114.
25. Hourdin F., Mauritsen T., Gettelman A., et al. The Art and Science of Climate Model Tuning, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 2017, vol. 98, pp. 589-602.

Viktor Gasan Svyatoslavovich. *Research engineer of the Laboratory of Hydropower and Water Management Systems of Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (MESI SB RAS). His research interests include web-development and the geoclimatic analytics, viktor-gasan@yandex.ru.*

Abasov Nikolai Viktorovich. *Ph.D. in technology, senior researcher at MESI SB RAS. His research interests include development of new methods and models for predicting environmental factors in the energy sector and the efficient functioning of energy systems, nva@isem.irk.ru.*

Osipchuk Evgeny Nikolaevich. *Ph.D. in technology, researcher at MESI SB RAS. His research interests include development of new models for optimizing HPP regimes, taking into account constraints, optimization criteria and long-term inflow forecasts, eugene.os@mail.ru.*

Статья поступила в редакцию 01.09.2023; одобрена после рецензирования 01.12.2023; принята к публикации 16.12.23.

The article was submitted 09/01/2023; approved after reviewing 12/01/2023; accepted for publication 12/01/2023.