



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В РОССИИ

Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции
Иркутск, 24–26 ноября 2021 г.



ISBN 978-5-9624-2009-7

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 528.88:556.021.06:004.78

Информационная система спутникового мониторинга окружающей среды сопредельных территорий Республики Беларусь и Российской Федерации (ГИС СОЮЗ)

С. В. Тасенко (s.tasenko@meteorf.ru)¹, С. А. Кузьмич (zamnormir@hmc.by)²
В. Ю. Алексеев (v.alekseev@meteorf.ru)¹, В. В. Дерюгина (z-victoria@yandex.ru)¹
Е. Е. Зубченко (gid1@hmc.by)², В. А. Кровотынцев¹, А. В. Кухарский
(kuha@mail.ru)¹, А. А. Невский (ar.nevskij2013@yandex.ru)¹, Т. Л. Позняк
(orap9@hmc.by)²

¹ Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», Москва

² Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлена система мониторинга окружающей среды сопредельных территорий Республики Беларусь и Российской Федерации «ГИС СОЮЗ», предназначенная для осуществления эффективного контроля выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, пожарной обстановки, состояния водной среды и растительного покрова, мониторинга гидрологической ситуации и раннего оповещения о наводнениях. Система «ГИС СОЮЗ» реализована с использованием Веб-ГИС-технологий и позволяет в единой информационной среде интегрировать наземную и спутниковую информацию, получаемую от двух территориально удаленных организаций. Использование системы в режиме, близком к реальному времени, позволяет получить быстрый доступ ко всем видам информации для принятия своевременных управленческих решений.

Ключевые слова: спутниковые изображения, Веб-ГИС-технологии, ГИС СОЮЗ, мониторинг окружающей среды, наводнение, пожарная обстановка, состояние водной среды, состояние растительного покрова.

В рамках реализации программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства» на 2017–2021 гг. создана информационная система космического мониторинга окружающей среды сопредельных территорий Республики Беларусь и Российской Федерации «ГИС СОЮЗ». Система является совместной разработкой Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» (Россия) и Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белоруссия). Данная система является территориально-распределенной информационной системой, состоящей из 2 сегментов

(белорусского и российского), каждый из которых обеспечивает космический мониторинг окружающей среды своих сопредельных территорий.

Российский сегмент информационной системы предназначен для решения задач мониторинга окружающей среды для сопредельных областей (Псковской, Смоленской и Брянской) по пяти направлениям:

- 1) картирование наводнений, в том числе на малых реках;
- 2) мониторинг выбросов в атмосферу загрязняющих веществ;
- 3) мониторинг пожарной обстановки;
- 4) картирование состояния водной среды;
- 5) картирование состояния растительного покрова.

Белорусский сегмент информационной системы предназначен для решения задач мониторинга окружающей среды для сопредельных областей (Витебской, Могилевской и Гомельской) по двум направлениям:

- 1) картирование наводнений, в том числе на малых реках;
- 2) мониторинг выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

В качестве исходной спутниковой информации в информационной системе используются спутниковые данные среднего и высокого пространственного разрешения, получаемые с российских и зарубежных космических аппаратов (КА) Метеор-М (КМСС), Канопус-В (ПСС, МСС), БКА (ПСС, МСС), Landsat-8 (OLI), Terra/Aqua (MODIS), Sentinel-1a и -1b (SAR), Sentinel-2a и -2b (MSI).

В российском сегменте для каждого направления были созданы или усовершенствованы технологии обработки спутниковых данных с применением собственного специализированного программного обеспечения.

Специализированное программное обеспечение картирования наводнений, в том числе на малых реках, предназначено для мониторинга наводнений и обеспечивает решение следующих задач: обнаружение и контроль затопленных участков рек в период половодий и паводков; определение границ зон затопления при наводнениях; оценка площадей затопления и анализ их динамики; обнаружение и контроль затопленных участков рек и районов переувлажненных почв) при наводнениях реализуется путем двухэтапного метода выделения водных объектов, основанного на использовании специального алгоритма кластеризации и дерева решений, построенного с использованием средних значений спектральных характеристик кластеров. Более подробно алгоритм описан в работах [2; 3; 9].

Специализированное программное обеспечение мониторинга выбросов в атмосферу загрязняющих веществ предназначено для обеспечения контроля загрязнения воздуха и решает следующие задачи: обнаружение дымовых шлейфов, возникающих, в том числе в результате выбросов тепловых электростанций, а также крупных промышленных предприятий; создание аннотированных спутниковых изображений районов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Обнаружение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ осуществляется путем выявления дымовых шлейфов на основе экспертного анализа исходных спутниковых изображений, получаемых в панхроматическом, многоспектральном и комплексированном режимах (совмещение панхроматического и многоспектрального снимков). При этом выполняется работа по отличию дымовых шлей-

фов в результате выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от лесных пожаров путем установления принадлежности выброса к конкретному источнику загрязнения на основе геоинформационного анализа данных [4; 6].

Специализированное программное обеспечение мониторинга пожарной обстановки предназначено для картирования дымовых шлейфов и гарей от лесных пожаров и решает следующие задачи: обнаружение дымовых шлейфов и гарей от лесных пожаров; оценка площадей гарей и анализ их динамики; создание аннотированных цветосинтезированных изображений районов дымовых шлейфов и гарей от пожаров [1; 6]. Обнаружение дымовых шлейфов и гарей в результате пожаров осуществляется путем автоматизированного выявления горячих точек на спутниковых данных, получаемых в панхроматическом, многоспектральном (различные комбинации каналов) и комплексированном режимах (совмещение панхроматического и многоспектрального снимков), с последующим экспертным анализом и отбраковкой «ложных» точек.

Специализированное программное обеспечение картирования состояния водной среды предназначено для мониторинга водных объектов и решает следующие задачи: обнаружение и контроль антропогенных и природных загрязнений (включая нефтяные пленки, зоны интенсивного «цветения вод», речные выносы и др.); анализ динамики водной среды; построение обобщенных карт состояния и загрязнения водной среды. Обнаружение антропогенных загрязнений (включая нефтяные пленки) и районов интенсивного «цветения вод», как индикатора экологического неблагополучия водных объектов, осуществляется путем экспертного анализа дешифрирования основных гидрологических характеристик и параметров загрязнения водной среды. Построение данных о динамических структурах на водной поверхности, состояния и загрязнения водной среды осуществляется в программном комплексе PlanetaMultisat (разработка ФГБУ «НИЦ «Планета») с использованием набора инструментальных средств [5; 7].

Специализированное программное обеспечение картирования состояния растительного покрова предназначено для мониторинга растительного покрова и обеспечивает решение следующих задач: построения карт классов растительности, категорий земель, в том числе сельскохозяйственного назначения, участков леса с различными преобладающими породами [6]. Выделение типов растительности осуществляется путем контролируемой классификации (классификации с обучением) многоспектральных спутниковых изображений в программном комплексе PlanetaMonitoring (разработка ФГБУ «НИЦ «Планета») [8].

Результаты тематической обработки спутниковых данных по вышеперечисленным 5 направлениям с помощью настольного и серверного программного обеспечения ГИС автоматически приводятся к необходимому виду для их дальнейшего использования, погружаются в базу данных, преобразуются в веб-сервисы. С помощью веб-интерфейса пользователя информационной системы «ГИС СОЮЗ» веб-сервисы в режиме реального времени становятся доступны потребителям (рис. 1–4). При этом интерфейс пользователя можно открыть через обычный веб-браузер без использования дополнительных программных средств.

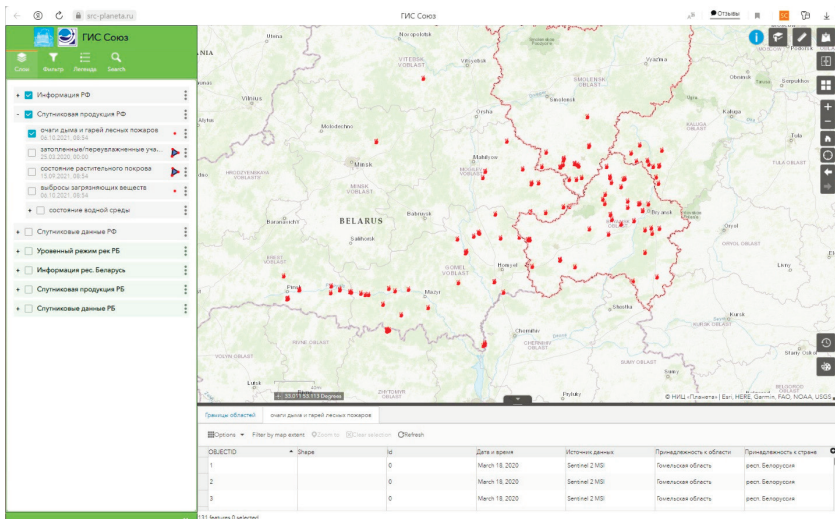


Рис. 1. Представление информации о пожарной обстановке по результатам интерпретирования спутниковой информации в интерфейсе пользователя системы «ГИС СОЮЗ». В период с 01.01.2020 по 30.10.2021 был установлен 131 очаг возгорания на сопредельных территориях Беларусь и Российской Федерации

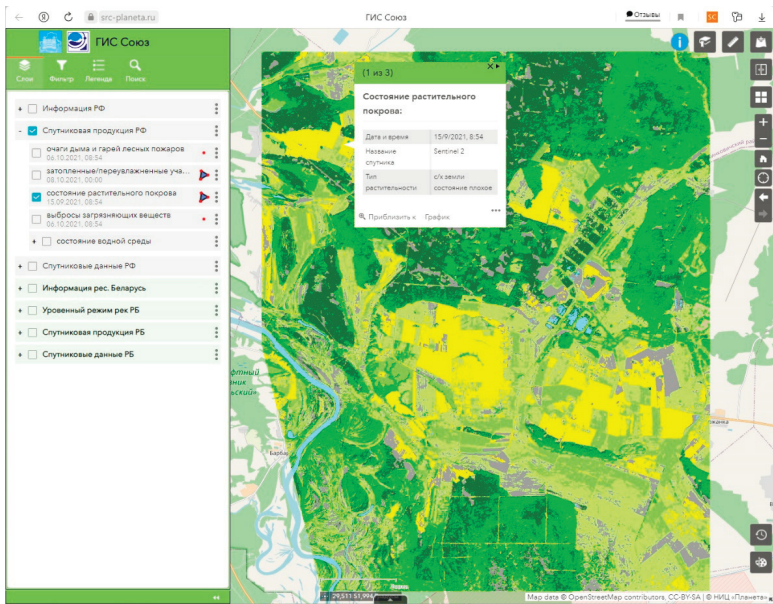


Рис. 2. Представление информации о состоянии растительного покрова по результатам интерпретирования спутникового изображения Sentinel-2 от 15 сентября 2021 г. 8:54 UTC в интерфейсе пользователя системы «ГИС СОЮЗ»

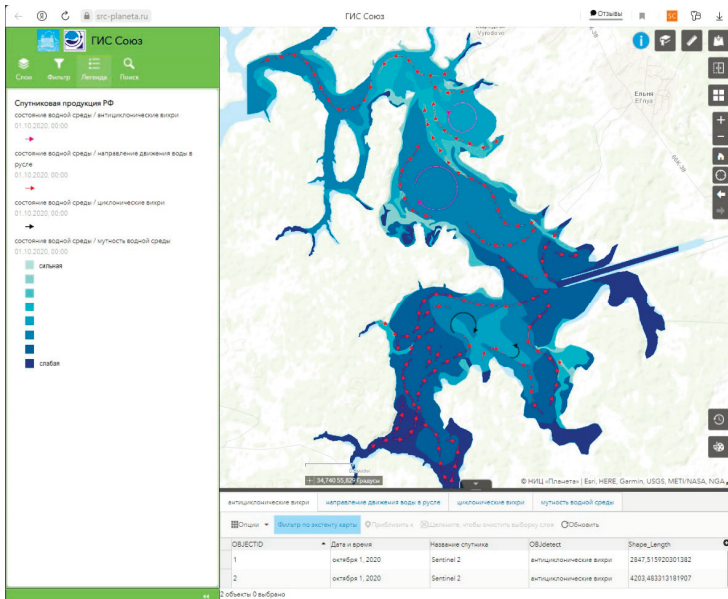


Рис. 3. Представление информации о состоянии водной среды Вазузского вдхр. по результатам интерпретирования данных КА Sentinel №2 (от 1 октября 2020 г.) в интерфейсе пользователя системы «ГИС СОЮЗ»

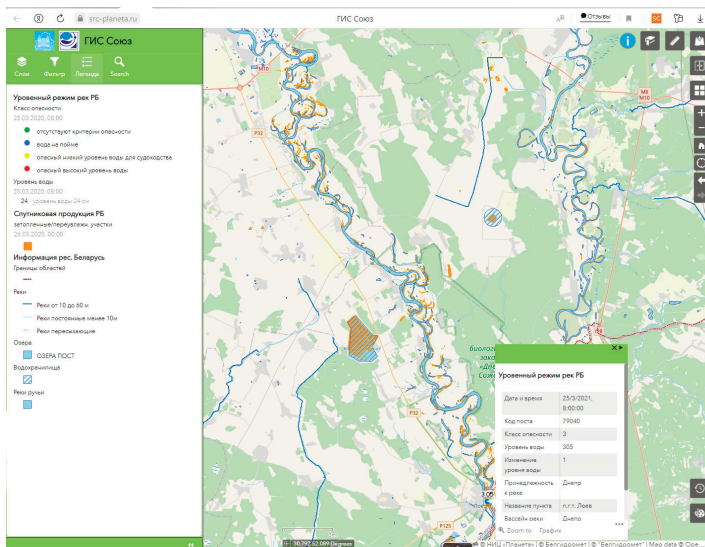


Рис. 4. Представление комплексной информации о гидрологической ситуации на р. Днепр по данным гидропостов Белгидромета и результатам интерпретации спутникового изображения Sentinel-2 от 25 марта 2020 г. в интерфейсе пользователя системы «ГИС СОЮЗ»

Информационная система «ГИС СОЮЗ» реализована на платформе ArcGIS (ESRI). В качестве СУБД используется БД Microsoft SQL Server 2014. Интерфейс пользователя был разработан на языке программирования Java Script API ArcGIS.

Аналогичным образом реализованы технологии обработки спутниковых данных для решения задач белорусского сегмента информационной системы «ГИС СОЮЗ». Все результаты тематической обработки удаленно подгружаются в зеркальную базу данных и веб-сервисы, реализованные особым образом на российской стороне. Отличительной особенностью белорусского сегмента является дополнительное использование наземных данных с гидропостов Белгидромета совместно с результатами обработки спутниковых изображений для обнаружения и мониторинга наводнений (рис. 4).

Белорусский и российский сегменты в системе «ГИС СОЮЗ» объединяются на уровне веб-приложения, к которому подключаются веб-сервисы. Пользователь, имея идентификационный доступ к веб-интерфейсу, видит общую картину состояния окружающей среды для сопредельных территорий Республики Беларусь и Российской Федерации. При этом результаты в системе «ГИС СОЮЗ» могут представляться в виде цифровой карты, таблиц, анимаций, графиков, оформляться в печатном и электронном виде. Кроме того, система также выполняет функцию обмена данными между организациями – Научным-исследовательским центром космической гидрометеорологии «Планета» и Государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». Непосредственно из веб-интерфейса можно выбрать необходимый набор данных за требуемый период времени и скачать в виде шейп-файлов, kml-файлов, таблиц.

В заключение можно отметить, что система «ГИС СОЮЗ» обладает высокой оперативностью и быстродействием представления информации пользователям. Она позволяет интегрировать в едином интерфейсе данные с разных территориально удаленных друг от друга организаций без временных затрат на пересылку информации. В системе в максимальной степени применена автоматизация технологических процессов. Для доступа к данным не требуется специализированное программное обеспечение. Просмотр и скачивание информации можно получить с любых устройств, оснащенных веб-браузером (ноутбуков, планшетов, смартфонов). Таким образом не только потребители получают оперативную информацию, но и обеспечивается быстрый обмен данными и продукцией между российской и белорусской организациями.

Информационная система «ГИС СОЮЗ» рассчитана на органы исполнительной власти и управления, а также широкий круг потребителей.

Список литературы

1. Космический мониторинг опасных природных явлений на территории России / В. В. Асмус, Г. М. Иоффе, Л. С. Крамарева, В. А. Кровотынцев, О. Е. Милехин, И. А. Соловьева // Метеорология и гидрология. 2019. №11. С. 20–32.
2. Ансамблевый алгоритм кластеризации больших массивов данных / И. А. Пестунов, В. Б. Бериков, Е. А. Куликова, С. А. Рылов // Автометрия. 2011. Т. 47, № 3. С. 49–58.

3. «ГИС Амур»: система мониторинга, прогнозирования и раннего оповещения о наводнениях / А. В. Фролов [и др.] // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 5–21.
4. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» с космическим аппаратом «Канопус-В» № 1 / под ред.: К.А. Боярчука, С. Н. Волокwa, А. В. Горбунова, С. Г. Казанцева, Л. А. Макриденко, Р. С. Салихова. М. : ВНИИЭМ, 2011. 109 с.
5. Компьютерные технологии формирования гидрометеорологических карт по спутниковым изображениям / А. А. Воронин [и др.] // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 24–35.
6. Справочник потребителя спутниковой информации / под ред.: В. В. Асмуса, О. Е. Милехина. СПб. : Гидрометеоиздат, 2005. 114 с.
7. Спутниковый мониторинг загрязнения российского сектора Черного и Азовского морей в 2003–2007 гг. / А. И. Бедрицкий [и др.] // Метеорология и гидрология. 2007. № 11. С. 5–13.
8. Технология мониторинга процессов опустынивания на основе спутниковых данных / О. Н. Григорьева, Н. В. Елисеев, Н. П. Иванова, В. А. Кровотынцева // Вопросы обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли / Труды НИЦ «Планета». СПб. : Гидрометеоиздат, 2005. № 1 (46). С. 173–186.
9. Технология обработки данных с космических аппаратов «Канопус-В», «Ресурс-П» и «Метеор-М» для мониторинга и картографирования паводковой ситуации / С. А. Рылов, О. Г. Новгородцева, И. А. Пестунов, О. А. Дубровская // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы II Междунар. науч. конф. Красноярск, 2015. С. 207–212.

УДК 556.16

Новая методика расчета теплового стока неизученных рек (на примере рек Северо-Востока России)

Д. В. Магрицкий (magdima@yandex.ru)

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Изложена новая методика расчета теплового стока неизученных рек на основе пионерной Карты модуля теплового стока рек, построенной по данным 145 постов на реках Северо-Востока азиатской части России. Предложены конкретные рекомендации по оценке годового теплового стока неохваченных наблюдениями средних по размеру рек, его внутригодового распределения, по оценке теплового стока в устьях больших рек. Проведен анализ и сравнение разных подходов по расчету теплового стока, предложенных автором и сторонними специалистами. Среди новых материалов, помогающих расчетам, также карты среднемесячных температур воды, зависимости температуры воды и теплового стока от средней высоты водосбора, районирование территории Северо-Востока АТР на 10 высотно-термических зон и др.

Ключевые слова: река, пост, тепловой сток, методика расчета.

Речные воды вместе с наносами, растворенными химическими веществами и биологическими субстанциями переносят аккумулированную тепловую энергию (или теплоту), руслевой транзит которой образует так называемый *тепловой сток* реки. Он неотъемлемая часть речного стока в комплексном его понимании. Накопленная и переносимая реками теплота, ее изменения по длине реки и в течение года определяют термический режим реки, влияют на ледовые условия, скорость и характер химических процессов, возможности растворения и разрушения тех или иных химических соединений, самоочищающую способность рек и в целом на гидроэкологическое состояние рек. В районах распространения многолетнемерзлых пород тепловой сток – важный фактор переформирования

Научное издание

**Современные тенденции
и перспективы развития
гидрометеорологии в России**

*Материалы
IV Всероссийской научно-практической конференции
Иркутск, 24–26 ноября 2021 г.*

Материалы публикуются в авторской редакции

Темплан 2021. Поз. 259
Уч.-изд. л. 30,2. Заказ 307

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИГУ
664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124