

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОДУКТОВ КОМПОЗИТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО МАЛЫМ ГАЗОВЫМ СОСТАВЛЯЮЩИМ

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

Настоящая работа посвящена описанию технологии построения различных продуктов по малым газовым составляющим в атмосфере для мониторинга состояния воздуха на основе данных различных спутниковых систем дистанционного зондирования Земли. В работе приводится краткий обзор таких спутниковых систем, описывается технология сбора исходных данных из различных центров распространения данных, а также все этапы автоматизированной обработки для построения композитных изображений, содержащих информацию о средней, минимальной и максимальной концентрации газового составляющего в атмосфере за различные временные периоды. На примере данных прибора TROPOMI европейского спутника Sentinel-5 приводятся примеры различных продуктов, построенных с помощью описанной технологии. Также приводятся основные возможности по анализу построенных продуктов, доступные в информационных системах.

Введение. Загрязнения атмосферного воздуха являются одним из основных факторов, оказывающих негативное влияние на окружающую среду и на здоровье населения. Повышение концентрации различных веществ в атмосфере разрушает озоновый слой Земли, приводит к возникновению кислотных дождей, к снижению плодородия почвы, воздействует на дыхательные пути человека, также вызывая изменения состава крови. Необходим комплексный мониторинг состояния воздуха. Для решения задачи мониторинга качества воздуха могут быть использованы данные с различных спутниковых систем ДЗЗ. При этом такие данные не только позволяют получать информацию о концентрации газового вещества в атмосфере в режиме близком к реальному времени, но и предоставляют эту информацию на труднодоступные территории, на которых получение оценок качества воздуха другим способом невозможно.

Обзор данных. На сегодняшний день существует значительное число спутниковых систем, предоставляющих данные с измерениями концентраций различных газов в атмосфере Земли. В Институте космических исследований в рамках развития информационных систем, функционирующих на базе Центра коллективного пользования ЦКП «ИКИ-Мониторинг» [1] осуществляется сбор, обработка и хранение таких данных. Для мониторинга состояния воздуха в информационных системах ИКИ РАН предоставляется доступ к данным концентраций следующих малых газовых составляющих: диоксид азота, диоксид серы, угарный газ, метан, озон, а также аэрозольный индекс, показывающий общее состояние качества воздуха. Сегодня основными используемыми спутниковыми системами для работы с данными о загрязнении воздуха являются: Sentinel-5P и AURA, на которых установлены приборы TROPOMI и OMI соответственно. При этом планируется расширение списка таких систем. В таблице 1 приведен список доступных продуктов в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» на сегодняшний день.

Таблица 1

Доступные продукты в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Спутник	Прибор	Газ	Доступность данных в архивах ЦКП
Sentinel 5P	TROPOMI	NO ₂	2018 по настоящее время
Sentinel 5P	TROPOMI	SO ₂	2018 по настоящее время
Sentinel 5P	TROPOMI	O ₃	2018 по настоящее время
Sentinel 5P	TROPOMI	CO	2018 по настоящее время
Sentinel 5P	TROPOMI	Aerosol	2018 по настоящее время
Sentinel 5P	TROPOMI	CH ₄	2018 по настоящее время
AURA	OMI	SO ₂	2006 - по настоящее время
AURA	OMI	NO ₂	2006 - по настоящее время
AURA	OMI	Aerosol	2008 - по настоящее время

Технология построения композитных изображений. Для удобства использования и анализа динамики состояния атмосферы, в том числе для построения долговременных рядов измерений, предпочтительно использовать статистические композиты за различные промежутки времени, например, за день, неделю, месяц и год. Под статистическим композитом понимается композитное изображение, содержащее информацию о максимальной, средней и минимальной концентрации газового составляющего в атмосфере. Технология была реализована на базе языка программирования python с использованием стандартных библиотек работы с растровыми и векторными данными. Таким образом, было создано автоматизированное программное обеспечение для построения временных статистических композитов. Созданное программное обеспечение позволяет создавать статистические временные композитные изображения за любой промежуток времени, а также может быть применимо к данным с любых спутниковых систем. При этом программное обеспечение является кроссплатформенным и может быть установлено на любую операционную систему. Сам процесс построения композитов состоит из трех основных этапов. На первом этапе проверяется наличие композитного изображения за определенный период в архивах ЦКП. Если записи о наличии такого продукта отсутствуют, инициируется процесс построения. Для начала из архивов ЦКП запрашиваются все исходные данные за определенный промежуток времени, после чего они переводятся в одну проекцию с одинаковыми параметрами (координата верхнего левого угла, пространственное разрешение и т. п.) и формируется изображение на весь мир. На последнем этапе запускается модуль аннотации, который формирует готовые продукты в требуемом формате, который необходим для добавления созданных продуктов в архивы ЦКП «ИКИ-Мониторинг». Если же запись о наличии продукта в базе данных уже существует, запускается процесс проверки актуальности данных. В случае если оказывается, что композитное изображение уже сформировано, но без учета всех доступных в архивах данных, то есть требуется обновление продукта, запускается процесс построения композитного изображения с учетом актуальных данных. Продукты композитов строятся по территории всего Земного шара.

Результаты работы. С помощью описанной технологии был создан ряд информационных продуктов на территорию всего Земного шара. Эти продукты позволяют пользователям информационных систем выявлять устойчивые источники загрязнений, оценивать особенности пространственных распределений газовых составляющих и многое другое. Так, например, по композитным изображениям аэрозольного индекса, имеется возможность отслеживать распространение крупных лесных пожаров. На рисунке 1 показаны продукты композитных изображений с максимальными значениями аэрозольного индекса и средними значениями угарного газа за месяц во время крупных лесных пожаров в Сибири, которые начались в июле 2019 года.

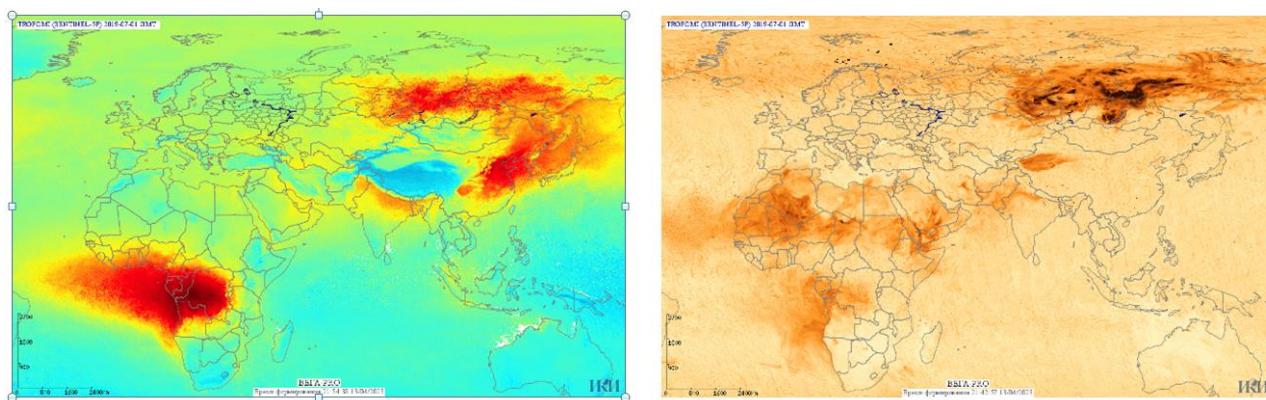


Рисунок 1 – Композитное изображение со средней концентрацией угарного газа слева и максимальным значением аэрозольного индекса справа по данным прибора TROPOMI спутника Sentinel-5P. Композитные изображения построены за временной период с 01.07.2019 по 31.07.19 во время крупных пожаров на территорию Сибири.

Для работы с информационными продуктами по малым газовым составляющим в информационных системах Vega-Science, <http://sci-vega.ru> пользователям доступен широкий круг возможностей и инструментов для анализа данных различных продуктов. Например, разработанная в ИКИ РАН технология «объектного» мониторинга позволяет рассчитывать значения различных показателей внутри произвольных полигонов исследуемых объектов. С помощью этой технологии в 2021 году был составлен рейтинг самых загрязненных диоксидом азота городов России. На рисунке 2 показан построенный средствами системы Vega-Science продукт «Цветосинтез» на котором хорошо видно, что заметный вклад в загрязнения воздуха вносят суда, перемещающиеся по стандартному маршруту, связывающему Европу с Восточной Азией.



Рисунок 2 – Продукт «цветосинтез», на основе данных средних концентраций диоксида азота за 2018 (Red), 2019 год (Green), 2020 (Blue) годы по данным прибора TROPOMI спутника Sentinel-5P. Красными стрелками указан маршрут судов, связывающий Европу с Восточной Азией.

Таким образом, уже сегодня, реализованные на базе ЦКП «ИКИ-Мониторинг» схемы сбора и автоматизированной обработки данных могут быть использованы для формирования ряда продуктов для оценки концентрации малых газовых составляющих на основе данных различных спутниковых систем ДЗЗ.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8). Работа выполнялась с использованием ресурсов Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг».

Список литературы

1. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашницкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.