

DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.12.9>

УДК: 528.8; 528.83; 528.85; 528.88

ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКА METEOSAT

Е. В. Савченко, С. М. Маклаков

ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал
141190, г. Фрязино, пл. Введенского 1

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2021 г.

Аннотация. В настоящей работе была проведена проверка возможности определения условий возникновения наводнений с использованием доступных спутниковых данных (продуктов Meteosat Second Generation). Для этого проверена доступность данных, в т.ч. доступность на конкретный временной период и территорию (полуостров Крым и прилегающие акватории Азовского и Черного морей), представляющих собой готовые продукты по количеству осадков и наличию облачности, доступные на сайте EUMETSAT. Отработан процесс их получения и обработки с помощью специализированных программных пакетов для их изучения и возможного последующего составления оперативной картины возникновения наводнений. Полученные результаты показали, что данные продукты возможно использовать для детектирования наводнений, но требуется тщательный подход к их обработке и обязательное сопоставление с данными из других имеющихся источников информации, в том числе наземных.

Ключевые слова: наводнения, климат, изучение климата, EUMETSAT, спутники Meteosat, дистанционное зондирование, спутниковое зондирование.

Abstract. In this work, we tested the possibility of determining the conditions for the occurrence of floods using available satellite data (Meteosat Second Generation products). For this, the data availability was checked, incl. availability for a specific time and territory (the Crimean peninsula and the adjacent waters of the Azov and Black Seas), which are ready-made products about precipitation and cloudiness,

available on the EUMETSAT website. The process of obtaining and processing them with the help of specialized software packages for their study and possible subsequent compilation of an operational picture of the occurrence of floods has been worked out. The obtained results showed that these products can be used for flood detection, but a careful approach to their processing and mandatory comparison with data from other available information sources, including terrestrial ones, is required.

Key words: floods, climate, climate study, EUMETSAT, Meteosat satellites, remote sensing, satellite sensing.

Введение.

В настоящее время в связи с ростом количества стихийных бедствий все большую актуальность приобретает возможность их оперативного наблюдения и оценки возникающих последствий. Одной из важных задач в этом ряду стоит исследование условий возникновения паводков и наводнений, причиняющих значительный урон жизнедеятельности человека.

Ярким примером, произошедшим за недавнее время, стали наводнения летом 2021 года на черноморском побережье России. Значительный объем осадков, выпадавший за короткий срок, стал причиной подтопления в городах и в сельской местности [1, 2]. В данной работе объектом исследования является наводнение, произошедшее в Крыму в июне этого года, принесшее ущерб в восточных и центральных районах полуострова.

Все системы, используемые для получения данных состояния атмосферы, можно подразделить на две различные подсистемы: наземные и воздушно-космические [3]. К наземным подсистемам относится сеть метеостанций и постов, различных датчиков наблюдения текущих атмосферных характеристик, метеорологические радиолокационные станции, морские и океанические станции, аэрологические, ионосферные, геомагнитные и гелиофизические станции и др. Космическая подсистема включает спутники дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземные комплексы приема спутниковой информации.

В число преимуществ использования спутниковых средств ДЗЗ входит оперативность получения данных, позволяющая проводить постоянный мониторинг и вовремя отслеживать эти зачастую краткосрочные процессы чрезвычайных природных явлений и их влияние на окружающую среду, а также территориальный охват одновременных наблюдений, несопоставимый с наземными исследованиями. Широкий диапазон спектральных каналов и наличие на орбите целого ряда одновременно функционирующих приборов предоставляет огромные возможности для детального и качественного исследования.

Спутниковые измерения являются важными источниками сведений о состоянии подстилающей поверхности и атмосферы. Особенное значение они имеют при сплошной облачности, когда другие средства не могут показать удовлетворительные результаты. Данные ДЗЗ позволяют оценивать площадь затоплений, распределение осадков и состояние растительных покровов, влажность почвы, следить за изменением стока рек, площадью озер, а также служат основой для прогнозирования хода наводнений, улучшения гидрологических моделей и принятия оперативных мер по снижению ущерба от наводнений [4].

В России средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для определения наводнений и паводков применяются с конца 90-х годов прошлого века. Данные ДЗЗ применяются также для создания геоинформационных систем (ГИС), объединяющих в себе возможности автоматизированных картографических редакторов и систем управления базами данных. Это позволяет получать комплексную информацию о ситуации, так как есть большой объем пространственной информации: о регионе в целом, затапливаемых территориях и об объектах, подверженных затоплению. [5]

Получение и обработка спутниковых данных – это сложный процесс, требующий навыков и знаний в определенных областях. Данные представлены в различных форматах и с разной степенью обработки, требуются дополнительные преобразования для получения массива читаемых данных и их последующей

визуализации. Необходимы навыки программирования в различных средах, работы со специализированными программными утилитами. Доступ к массивам данных тоже зачастую является затруднительным в связи с их отсутствием или ограничениями для публичного использования у целого ряда организаций, связанных с ДЗЗ.

В данной работе использовались продукты, полученные от Европейской организации спутниковой метеорологии (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT), доступные на их официальном сайте для заказа через специальный сервис. Продукты были созданы на основе обработанных данных спутников Meteosat второго поколения (Meteosat Second Generation, MSG), которые позволяют получить доступ к различным данным о состоянии земной атмосферы за необходимый период времени с большой периодичностью (от получаса до суток в зависимости от продукта). [6]. Также данные спутники используются для метеорологического мониторинга и исследования климата [7].

Спутники MSG стабилизированы по вращению, что позволяет значительно улучшить наблюдение Земли. 12-канальный спутниковый тепловизор, известный как вращающийся улучшенный видимый и инфракрасный тепловизор (spinning enhanced visible and infrared imager, SEVIRI), наблюдает полный диск Земли с циклом повторения 15 минут в 12 спектральных каналах и улучшенным пространственным разрешением. Meteosat-8 был запущен в 2002 году и Meteosat-9 в декабре 2005 года. Программа MSG включает серию из четырех идентичных спутников, со сроком службы более 15 лет. [7]

Целью настоящей работы является проверить возможность определения условий возникновения наводнений с использованием доступных спутниковых данных (продуктов Meteosat Second Generation). Для этого необходимо проверить доступность данных, в т.ч. доступность на конкретный временной период и территорию (полуостров Крым и прилегающие акватории Азовского и Черного морей), наладить процесс их обработки для изучения и возможного последующего составления оперативной картины возникновения наводнений.

При этом требуется провести анализ доступных обработанных продуктов, относящиеся к наводнению в Крыму в июне 2021 года на их информативность и совместимость между собой и с другими типами данных.

1. Отбор, получение и процесс обработки спутниковых продуктов.

Был произведен анализ всех доступных продуктов Meteosat на предмет возможности их использования для выбранной задачи. Для текущего исследования из архивной базы на портале EUMETSAT были отобраны два продукта, подходящих для работы и представленных в доступном формате для осуществления оперативного декодирования большого объема данных:

1) Multi-Sensor Precipitation Estimate (MPE) – состоит из значений интенсивности дождя в мм/час в реальном времени для каждого изображения Meteosat в исходном разрешении пикселей. Алгоритм основан на сочетании микроволновых измерений полярного орбитального аппарата и изображений в ИК-канале Meteosat с помощью так называемого метода смешивания. Был получен в двух форматах: GRIB (GRIdded Binary) – для обработки и исследования, и JPEG (Joint Photographic Experts Group, растровый формат данных) – для проверки обработанных данных и как еще один вариант их наглядного отображения. Количество осадков является основным параметром для выявления возможных наводнений;

2) Cloud Mask – описывает тип сцены («ясная» или «облачная») на пиксельном уровне. Каждый пиксель классифицируется как один из следующих четырех типов: чистое небо над водой, чистое небо над сушей, облака или необработанный (за пределами земного диска). [8] В настоящей работе это вспомогательный параметр, выбранный с целью выявления корреляции для проверки информативности первого параметра.

Выбранные продукты были произведены из данных, полученных со спутника, покрывающего регион Индийского океана (Indian Ocean 41.5 degrees E), так как зона их охвата также включает полностью и причерноморский регион.

Веб-интерфейс сайта EUMETSAT (его подраздела с собственным адресом <https://archive.eumetsat.int/>) представляет собой приложение, позволяющее осуществлять выбор и заказ обработанных спутниковых данных в виде готовых продуктов из архива организации. При этом можно осуществить выбор конкретного продукта, задав точный необходимый диапазон дат, выбрав необходимый регион на интерактивной карте, формат представления из доступных вариантов для конкретного продукта и способ его получения – FTP-ссылка на архив с заказом или физический носитель. Пример интерфейса выбора данных представлен на рис. 1.

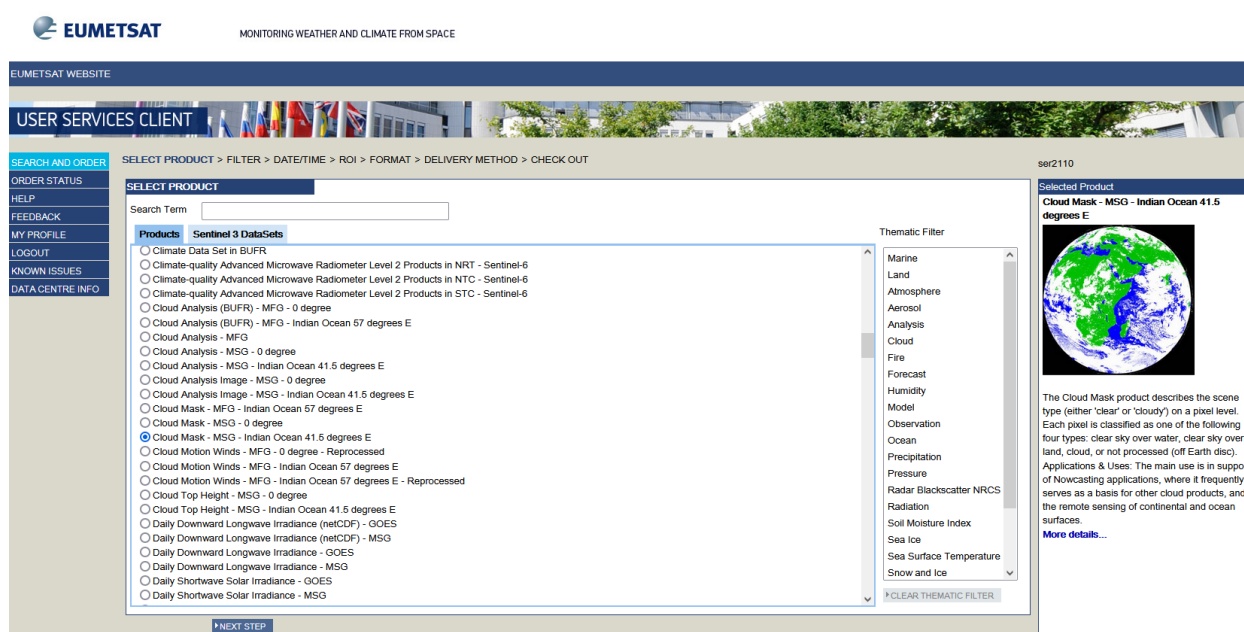


Рис. 1. Интерфейс заказа спутниковых продуктов на портале EUMETSAT.

Был осуществлен заказ данных и их последующая загрузка через FTP (File Transfer Protocol). Полученные данные были представлены в формате GRIB (GRIdded Binary) – математическом формате сжатых данных, используемом в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде. Для декодирования загруженных данных был использован язык программирования Python. Для расширения его возможностей на операционной системе Windows 10 был установлен и использован дистрибутив Anaconda, включающий набор популярных свободных библиотек, синхронизированных между собой с помощью встроенного менеджера зависимостей conda, который разрешает возникающие зависимости и конфликты, которые неизбежны при их

одиночной установке. Также дистрибутив позволяет устанавливать дополнительные специализированные библиотеки для решения узконаправленных задач и создавать отдельные программные среды для них, чтобы упростить процедуру разрешения конфликтов между программными пакетами и ускорить выполнение задач компьютером. Характерной особенностью дистрибутива является Anaconda Navigator – это графический интерфейс (Graphic User Interface, GUI), позволяющий запускать приложения, устанавливать дополнительные пакеты, активировать и настраивать программные среды и т.д., без использования командной строки (рис. 2).

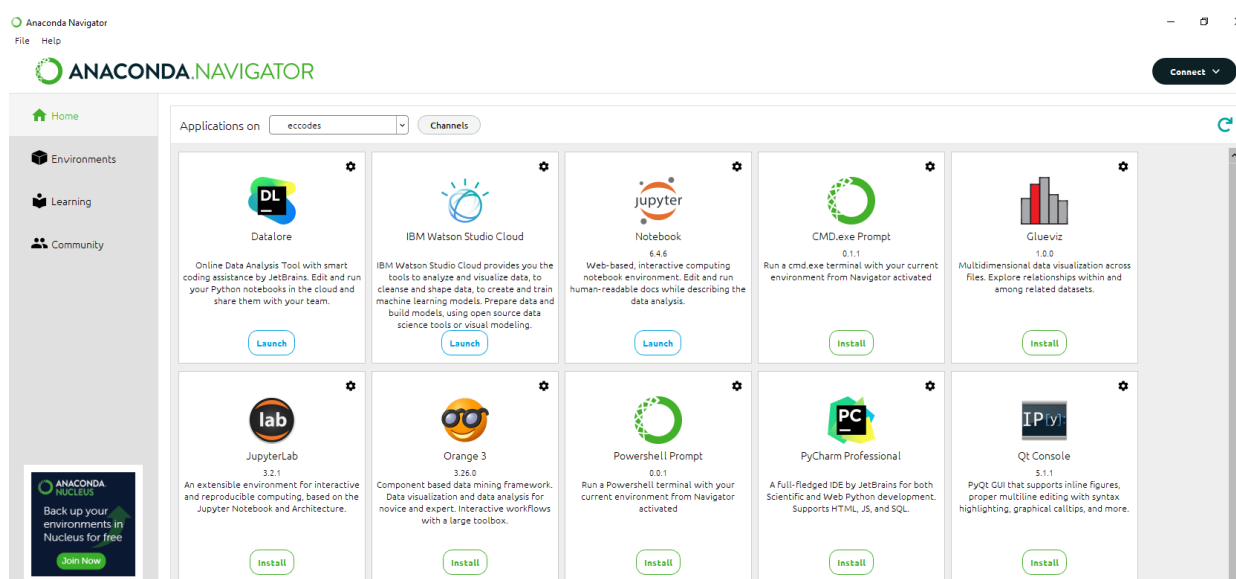


Рис. 2. Программный интерфейс Anaconda Navigator.

Для обработки спутниковых продуктов были загружены и установлены в отдельной программной среде в дистрибутиве Anaconda два программных пакета, созданных Европейским Центром Среднесрочных Прогнозов Погоды (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF). Программный пакет esCodes позволяет пользователям декодировать и кодировать данные в форматах GRIB и BUFR [9]. Программный пакет Magics – это библиотека метеорологических построений для визуализации декодированных данных в форматах BUFR, GRIB и NetCDF [10].

Процесс выполнения указанных программных пакетов и обработки данных происходил с помощью установленной на платформе Anaconda утилиты Jupyter Notebook – интерактивной вычислительной среды на базе веб-браузера с

возможностью ввода и исполнения кода Python и работы с конкретными пакетами с помощью командной строки для ввода кода (рис. 3).

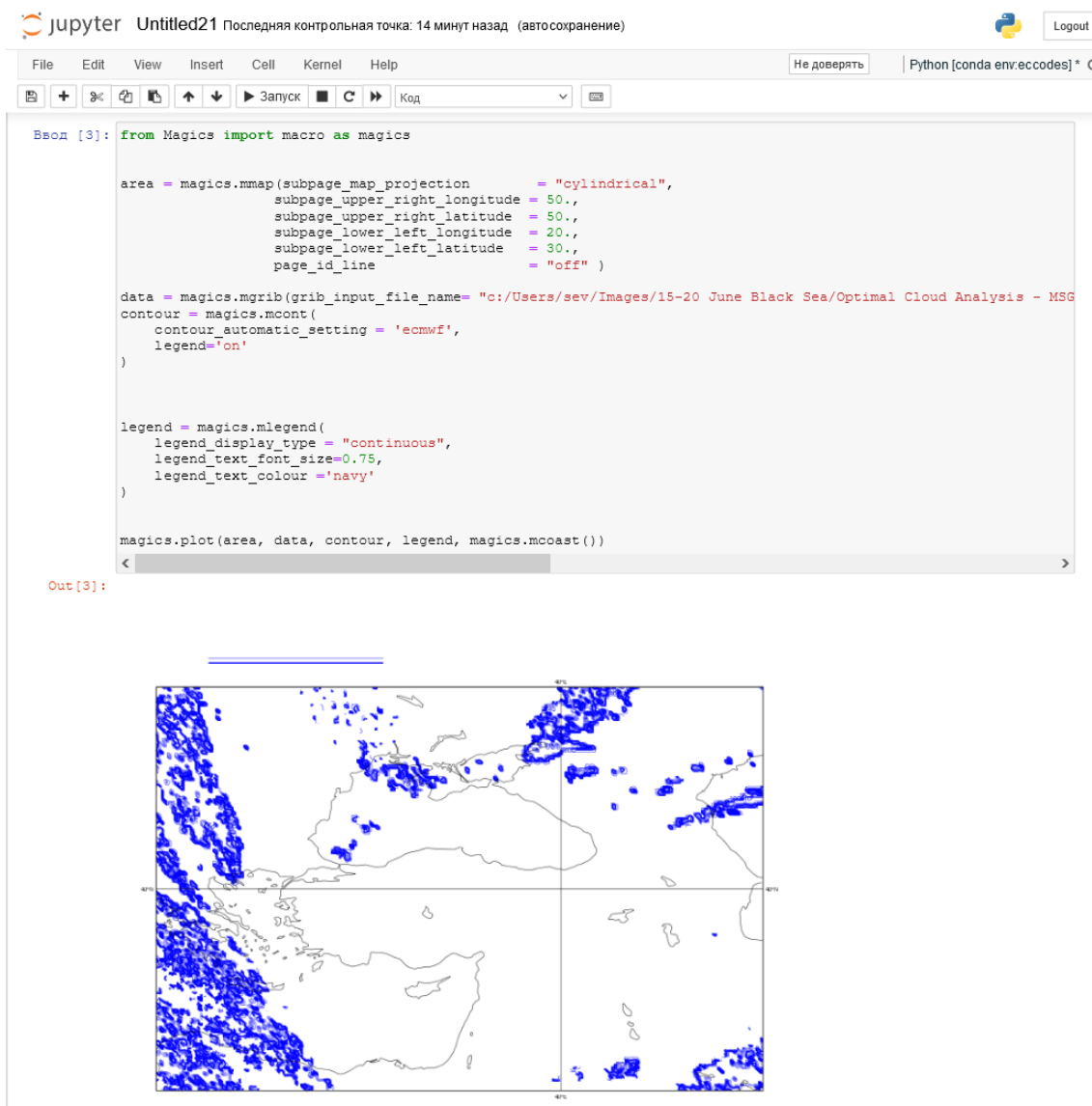


Рис. 3. Веб-интерфейс пакетов eccodes и Magics в среде Jupyter Notebook.

Также в работе были использованы, как вспомогательные источники данных, информация с сервисов МЧС [2], Крымского управления по гидрометеорологии и мониторингу [1]. По этим данным были сверены и уточнены временные отрезки ливневых дождей в регионе для первоначального выбора периода заказа спутниковых данных и проверки полученной в ходе работы информации. Интенсивные осадки наблюдались 16, 17 июня [11], а также 21, 22 июня [12], в этот период выпало основное количество осадков, приведших к сильному наводнению. Было принято решение немного расширить

исследуемый период и взять для исследования данные с 0 часов 15 июня до 0 часов 23 июня 2021 года по всемирному времени (UTC).

2. Результаты обработки.

В результате указанной обработки была составлена база данных изображений, полученных из декодированных продуктов и сохраненная в растровом формате .png, включающая в себя:

- 1) Cloud Mask – MSG – Indian Ocean 41.5 degrees E – 572 изображения;
- 2) Multi-Sensor Precipitation Estimate (GRIB) – MSG – Indian Ocean 41.5 degrees E – 583 изображения.

Данные представлены на выбранном участке, географические границы которого соответствуют значениям от 30 до 50 градусов северной широты, и от 20 до 50 градусов восточной долготы.

Также для части снимков, соответствующих периодам со значительной облачностью и осадками, были сделаны более детальные изображения региона Крыма и прилегающих акваторий Черного и Азовского морей с границами, лежащими в пределах области с координатами от 32 до 38 градусов северной широты, от 44 до 48 градусов восточной долготы.

Полученные изображения представляют собой координатную сетку с нанесенными черными линиями контурами суши. Наличие продукта на изображении отображается синим цветом пикселей, все прочее белым. Для осадков также отображаются линиями их количество с указанием в метрах значений в каждой выделенной зоне.

Также для сопоставления осадков были доступны загруженные растровые изображения в формате JPEG, отображающие Multi-Sensor Precipitation Estimate (JPEG) – MSG – Indian Ocean 41.5 degrees E – 576 изображений.

Полученные изображения были сопоставлены между собой по времени и с информацией, полученными от других источников. Характерные примеры представлены на рис. 4а, 4б.

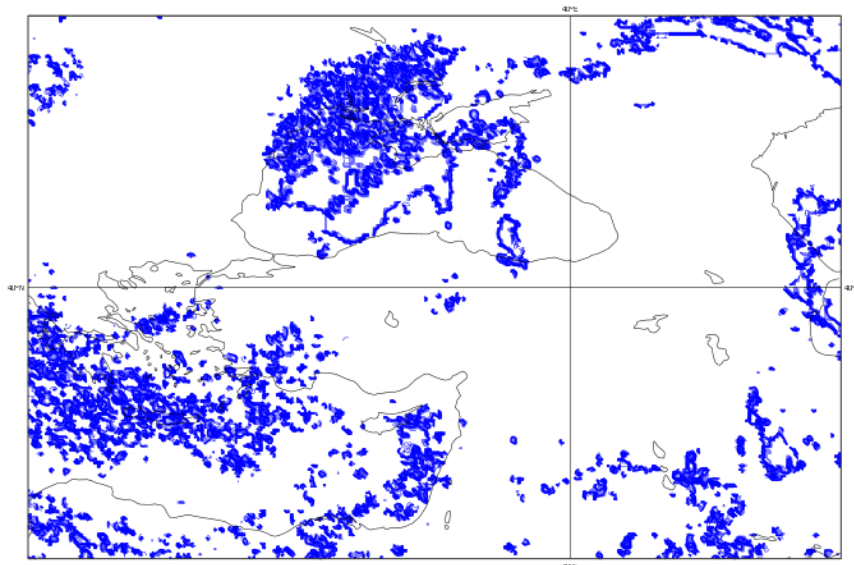


Рис. 4а. Отображение продукта Cloud Mask – MSG – Indian Ocean 41.5 degrees E 16 июня 2021 года в 15 часов 43 минуты по Московскому времени.

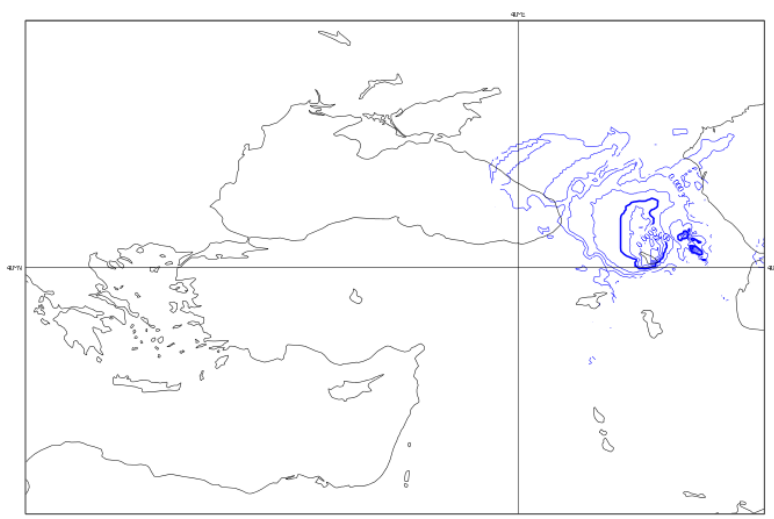


Рис. 4б. Отображение продукта Meteosat Multi-Sensor Precipitation Estimate (GRIB) 16 июня 2021 года в 15 часов 43 минуты по Московскому времени.

Из полученных результатов можно отметить, что данные об осадках за указанный период не в полной мере соответствуют имеющейся информации, их на территории Крыма 16 и 17 июня не отображено в достаточном объеме. Для наиболее показательных примеров были сделаны более подробные карты

осадков. Пример отображения значительных осадков в ночь с 17 на 18 июня, представлен на рис. 5.

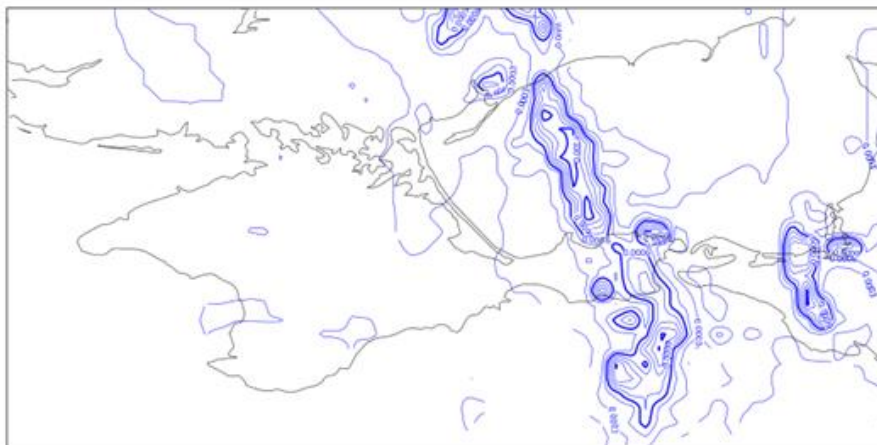


Рис. 5. Карта осадков в регионе, 18 июня 2021 года, 4 часа 28 минут по Московскому времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что указанный продукт Meteosat Multi-Sensor Precipitation Estimate (GRIB) не может являться полностью надежным самостоятельным источником данных для исследования наличия осадков и требует обязательной сверки с иными источниками информации.

Данные об облачности за указанный период соответствуют имеющейся информации и могут применяться для различных работ как надежный источник. (рис. 6)

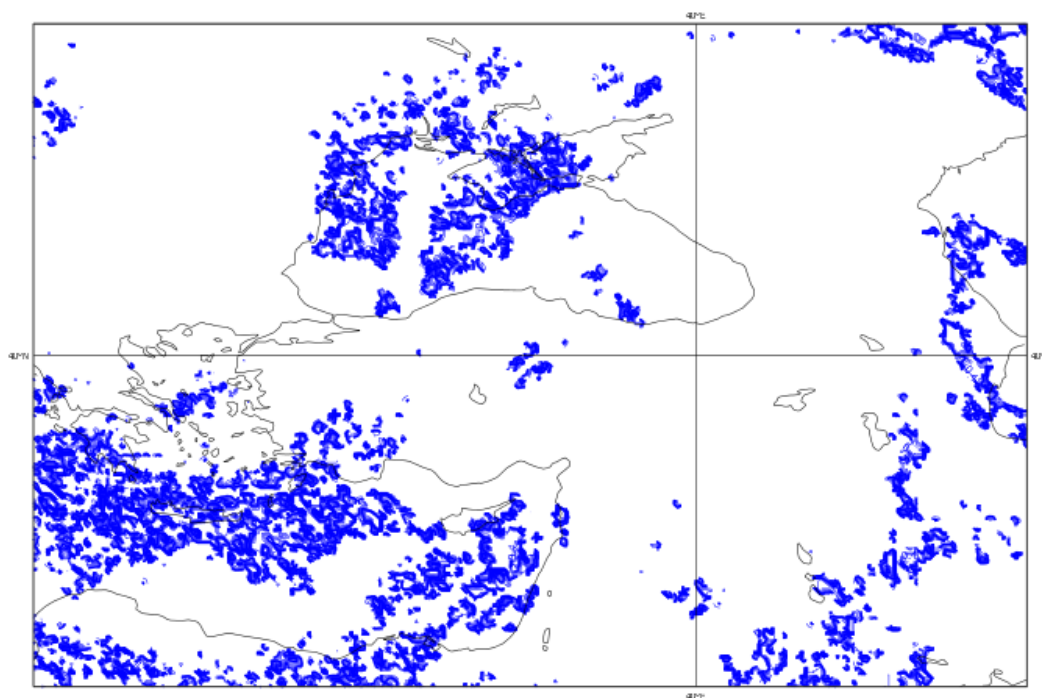


Рис. 6. Карта облачности в Причерноморском регионе, 17 часов 58 минут 16 июня 2021 года.

Заключение.

Был проведен анализ доступных спутниковых данных (продуктов Meteosat), имеющих отношение к детектированию наводнений, на примере наводнения в Крыму в июне 2021 года. Были выбраны продукты, охватывающие данный регион, которые показывали количество осадков и облачность в данном регионе Причерноморья: Meteosat Multi-Sensor Precipitation Estimate (GRIB) и Cloud Mask – MSG – Indian Ocean 41.5 degrees E. Полученные результаты показали, что данные продукты возможно использовать для детектирования наводнений, но требуется тщательный подход к их обработке и обязательное сопоставление с данными из других имеющихся источников информации, в том числе наземных. Таким образом, в настоящем случае рекомендуется использование совокупности нескольких источников данных, что позволит сделать полученную картину возникновения наводнений достоверной.

Финансирование.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме Космос № 0030-2019-0008.

Литература

1. ФГБУ «Крымское УГМС» [электронный ресурс]. Дата доступа: 20.11.21. URL: http://meteo.crimea.ru/?page_id=99
2. Главное управление МЧС России по Республике Крым [электронный ресурс]. Дата доступа: 14.11.21. URL: <https://82.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/operativnaya-informaciya>
3. Ходжаева Г.К. *Метеорологические методы и приборы наблюдений*. Нижневартовск, Изд-во Нижневартовского. гос. ун-та. 2013. 189 с.
4. Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л., Пичугин М.К., Хазанова Е.С. *Спутниковый мониторинг наводнения в Приморье в 2017 г.* [электронный ресурс]. Дата доступа: 15.11.21. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6234>
5. Тарарин А.М. Опыт применения изображений Земли из космоса и ГИС-технологий для мониторинга паводков и наводнений в России. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2007. Т.4. №2. С.340-344.
6. Schmetz J., Pili P., Tjemkes S., Just D., Kerkmann J., Rota S., Ratier A. An Introduction to Meteosat Second Generation (MSG). *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2002. V.83. №7. P.977-992. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2002\)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2002)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2)
7. Schmetz J., Klaes D., König M., Holmlund K. Monitoring Weather and Climate with the Meteosat and Metop Satellites Teledetección. *Revista de Teledetección*. 2007. V.27. P.5-16.
8. EUMETSAT. *MSG Meteorological Products Extraction Facility Algorithm Specification Document*. Darmstadt, EUMETSAT. 2015. 297 p.

9. *ECMWF Confluence Wiki* [электронный ресурс]. Дата доступа: 10.11.21. URL: <https://confluence.ecmwf.int/display/ECC/ecCodes+Home>
10. *ECMWF (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды)* [электронный ресурс]. Дата доступа: 25.11.21. URL: <https://www.ecmwf.int/en/elibrary/10639-magics-next-generation-object-oriented-architecture-new-contouring-package>
11. *Штормовое предупреждение об опасных гидрометеорологических явлениях по Республике Крым на 16-17 июня 2021 года* [электронный ресурс]. Дата доступа: 20.11.21. URL: https://82.mchs.gov.ru/deyatnost/press-centr/vse_novosti/4489285
12. *Штормовое предупреждение об опасных гидрометеорологических явлениях по Республике Крым на 21-22 июня 2021 года* [электронный ресурс]. Дата доступа: 15.11.21. URL: https://82.mchs.gov.ru/deyatnost/press-centr/vse_novosti/4493462

Для цитирования:

Савченко Е.В., Маклаков С.М. Возможности исследования наводнений с использованием данных спутника Meteosat. *Журнал радиоэлектроники* [электронный журнал]. 2021. №12. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.12.9>