

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ, РАСТИТЕЛЬНОСТИ, ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ПОЧВЫ ДОНБАССА МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Шеставин Н. С., Недопекин Ф. В., Несова А. В., Юрченко В. В. (ДонНУ, г. Донецк, ДНР)

Тел.: +38 (071) 3218727; E-mail: n.shestavin@mail.ru

*Abstract: The feasibility of using remote sensing methods of the Earth from space to analyze and predict the quality of the atmosphere of Donbass using the resources of Russian and European satellite monitoring systems is substantiated. The distribution of aerosol concentration in the surface air layer in Europe and the Donbass is shown. The dust storm was approaching in May 2020. It also analyzes the temporal dynamics of agricultural vegetation in the Novozovskiy district and the overgrowing of water bodies in the city of Donetsk with algae. The degree of soil salinity in the Starobeshevskiy district was studied.*

*Key words: remote sensing, satellite monitoring, atmospheric quality, aerosols, dust storm, vegetation index, water bodies, floating algae, soil salinity*

30 апреля 2020 года Правительство Донецкой Народной Республики (ДНР) приняло постановление «Об утверждении порядка организации и осуществления государственного мониторинга окружающей среды – государственного экологического мониторинга», для реализации которого обязательно будет необходимо использовать возможности методов дистанционного зондирования Земли из космоса (спутникового мониторинга), при этом можно будет пользоваться как ресурсами российских космических спутников, так и зарубежных. В настоящее время спутниковый мониторинг позволяет выполнять анализ экологического состояния атмосферы, воды, почвы, растительности, а также последствия природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций.

Например, система «Copernicus» [1] – это программа Европейского Союза по наблюдению за Землей, которая рассматривает нашу планету и ее окружающую среду в интересах всех граждан Европы. Система «Copernicus» обслуживается набором специальных спутников Sentinel, а также наземными станциями, которые доставляют данные, полученные с помощью множества датчиков на земле, в море или в воздухе. В частности, основными направлениями деятельности Службы мониторинга атмосферы системы «Copernicus» являются: качество воздуха и состав атмосферы; озоновый слой и ультрафиолетовое излучение; выбросы и приповерхностные потоки воздуха; солнечная радиация; климатическое воздействие.

На рис. 1 показано распределение аэрозолей PM10 (рис. 1а) и PM2.5 (рис. 1б) в приповерхностном слое воздуха на 12:00 (UTC) 29 апреля 2010 года. При этом использовалась расчетная модель ENSEMBLE Median, а концентрация аэрозоля измерялась в мкг/м<sup>3</sup>.

Компьютерная модель ENSEMBLE Median, основываясь на ежедневных (с 31.03.2020 г. по 29 апреля 2020 г.) данных распределения аэрозолей и пыли, а также учитывая метеорологические условия погоды в этот период, позволяет сделать прогноз распространения аэрозолей и пыли на три дня вперед (на 1–3 мая 2020 г.). Результаты такого прогнозирования представлены на рис. 2–4, где показана суточная максимальная концентрация (до 75 мкг/м<sup>3</sup>) всей пыли (рис. 2), а также отдельно аэрозоля PM10 (рис. 3) и аэрозоля PM2.5 (рис. 4). В этой модели можно наблюдать и прогнозировать распространение других загрязнителей атмосферы: O<sub>3</sub>; CO; SO<sub>2</sub>; NO<sub>2</sub>; дым и пыльца различных растений, а также использовать другие расчетные модели.

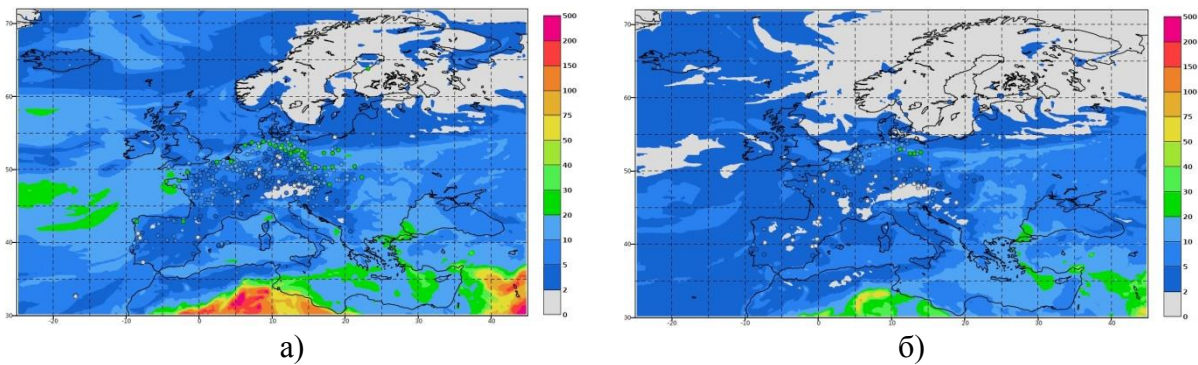


Рис. 1. Распределение суточной максимальной концентрации аэрозолей PM10 (а) и PM2.5 (б) в приповерхностном слое воздуха в Европе на 12:00 (UTC) 29.04.2020 г.

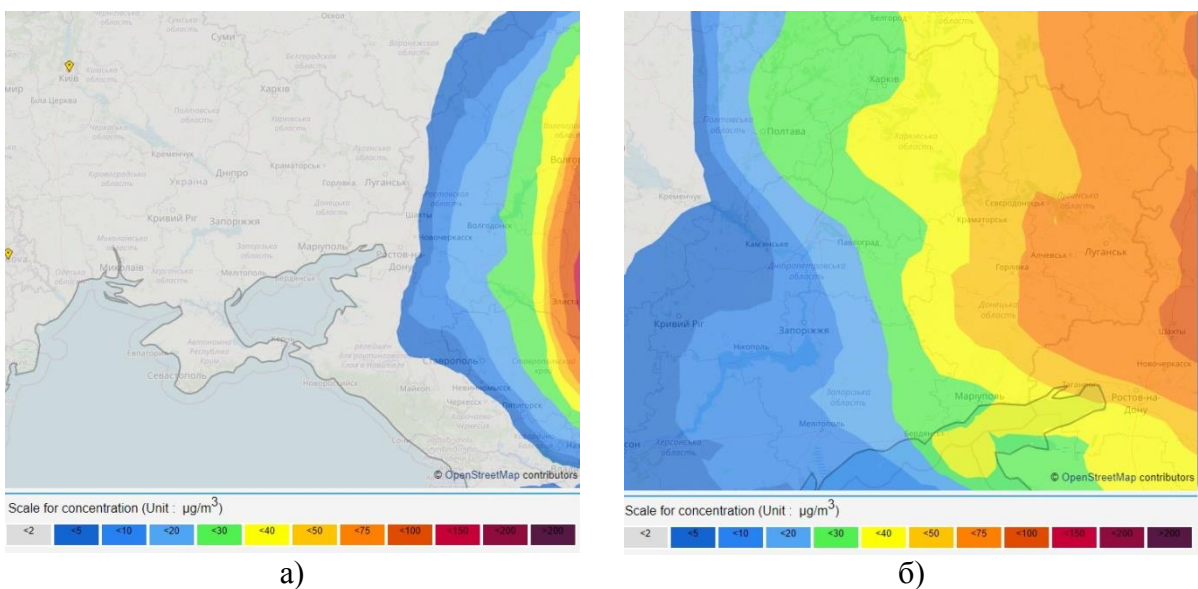


Рис. 2. Распределение суточной максимальной концентрации пыли в приповерхностном слое воздуха в восточной Европе 01.05.2020 г. (а) и в Донбассе 03.05.2020 г. (б).

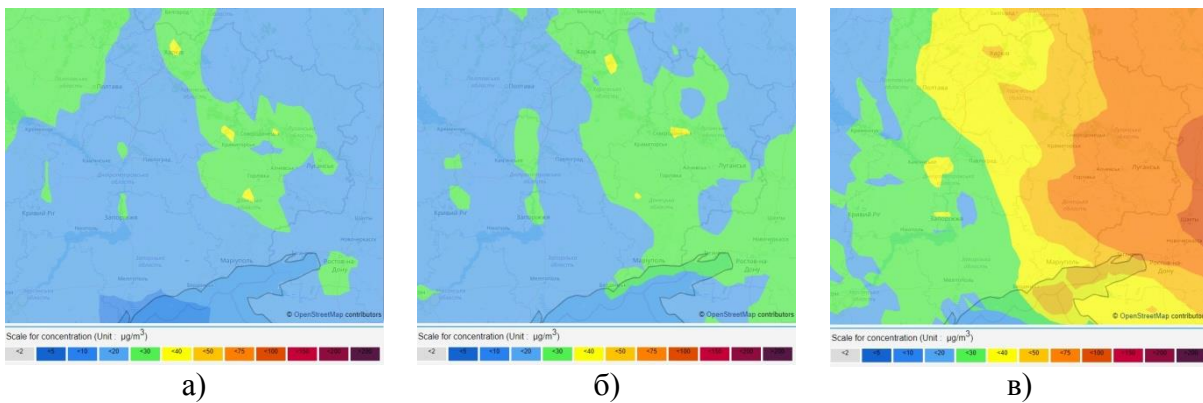


Рис. 3. Распределение суточной максимальной концентрации аэрозоля PM10 в приповерхностном слое воздуха в Донбассе на даты: 01.05.2020 г. (а), 02.05.2020 г. (б) и 03.05.2020 г. (в).

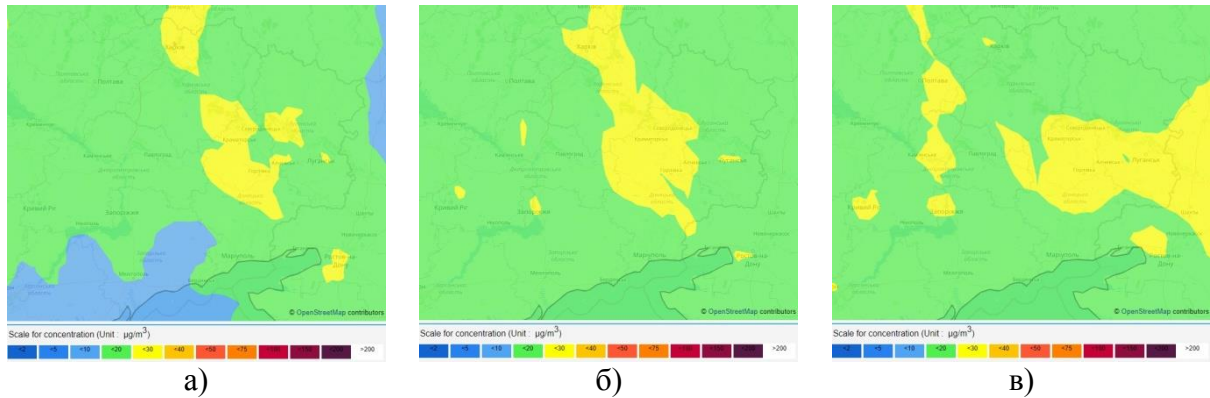


Рис. 4. Распределение суточной максимальной концентрации аэрозоля PM2.5 в приповерхностном слое воздуха в Донбассе на даты: 01.05.2020 г. (а), 02.05.2020 г. (б) и 03.05.2020 г. (в).

Этот прогноз указывает на приближение с востока пылевой бури, в составе которой будут присутствовать в значительном (максимальная концентрация до  $100 \text{ мкг/м}^3$ ) количестве аэрозоли PM10 (рис. 3) и в незначительном (до  $30 \text{ мкг/м}^3$ ) – PM2.5 (рис. 4), а также другие компоненты.

Кроме европейской системы «Copernicus», для экологического мониторинга можно использовать данные различных космических снимков (США, Россия и др.), которые находятся в свободном доступе или уже обработаны в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) [2], что позволяет анализировать текущее состояние и временную динамику растительности, почвы и водных ресурсов. Состояние и развитие растительности (особенно сельскохозяйственных культур) характеризует нормированный относительный вегетационный индекс NDVI, который можно определить, используя ресурсы центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для любой территории и в конкретное время (на рис. 5 показаны поля вблизи г. Новоазовск в два момента времени), при этом используются спутниковые снимки высокого разрешения.

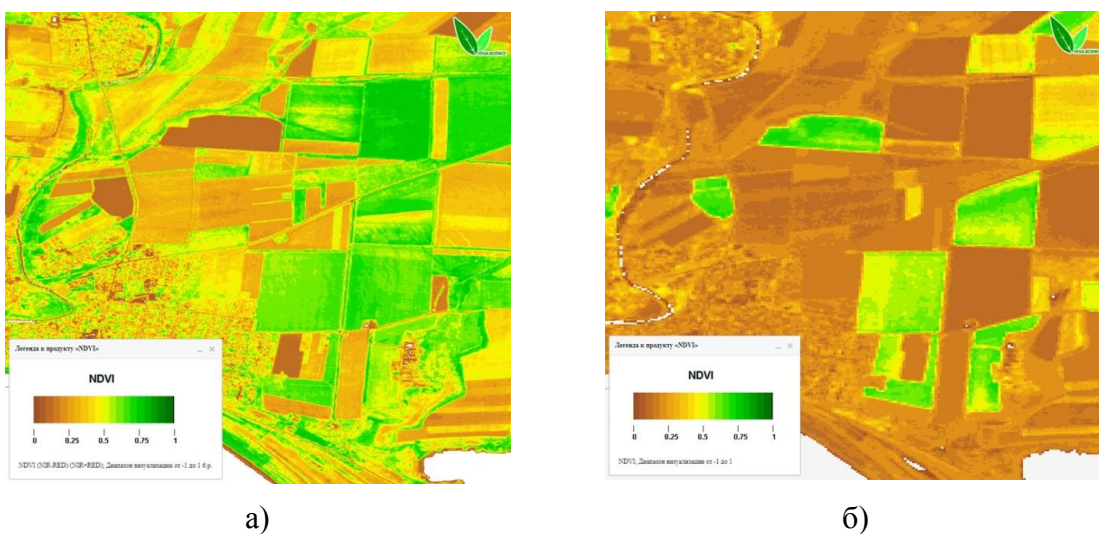


Рис. 5. Вегетационный индекс NDVI полей вблизи г. Новоазовск на даты: 18.06.2019 г. (а) и 08.03.2020 г. (б).

Аналогичным образом была исследована временная динамика поверхностных вод г. Донецка: реки Кальмиус (рис. 6) и Городских прудов (рис. 7). При этом определялся индекс плавающих водорослей FAI, который характеризует зарастание водной поверхности водорослями.

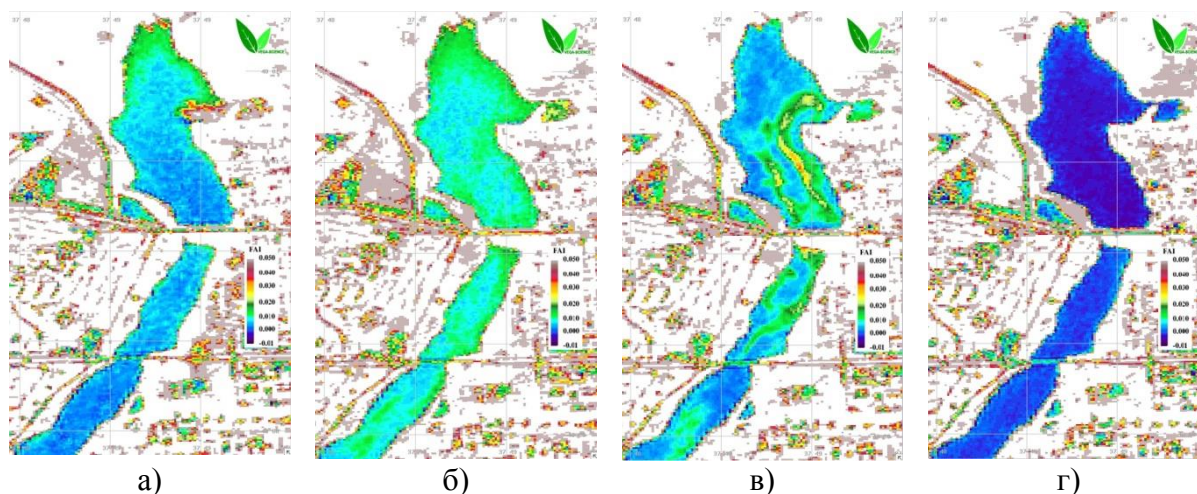


Рис. 6. Временная динамика качества вод реки Кальмиус в г. Донецке на даты: 03.07.2019 г. (а), 28.07.2019 г. (б), 07.08.2019 г. (в) и 27.08.2019 г. (г).

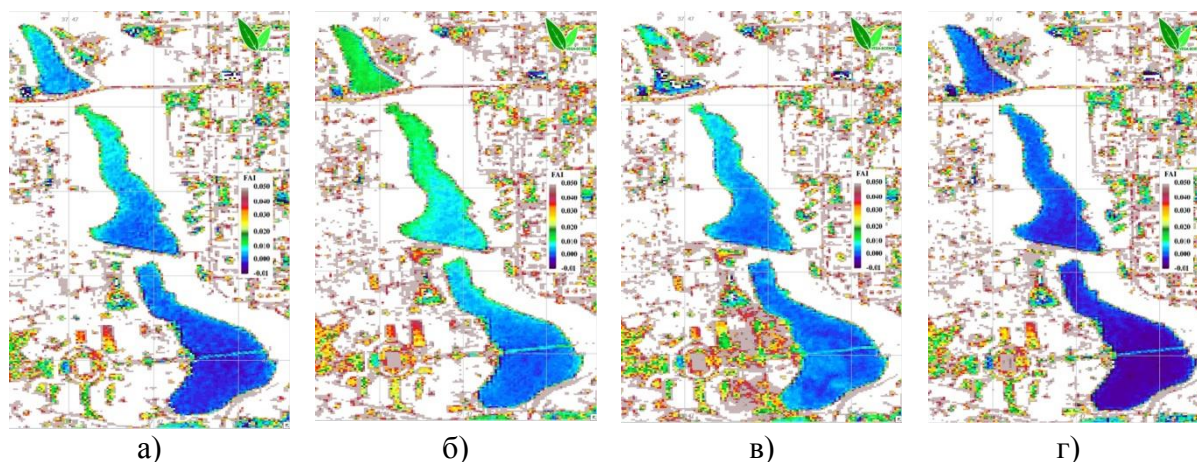


Рис. 7. Временная динамика качества вод Городских прудов в г. Донецке на даты: 03.07.2019 г. (а), 28.07.2019 г. (б), 07.08.2019 г. (в) и 27.08.2019 г. (г).

При оценке состояния почв в Донбассе на территории сельскохозяйственных угодий рядом с поселком Горбатенко Старобешевского района ДНР был использован Интернет-сервис LandsatLook Viewer для поиска и загрузки изображений со спутника Landsat 8, а также выполнялась последующая обработка спутниковых снимков посредством специализированного программного обеспечения [3]. LandsatLook Viewer, представляет собой удобный инструмент для быстрого онлайн просмотра космических изображений, а также обеспечивает свободный доступ к архивам изображений Геологической службы США.

В качестве средства для обработки изображений была выбрана свободная кроссплатформенная геоинформационная система Quantum GIS, которая поддерживает различные операционные системы, что делает ее удобной для любого пользователя, а также сочетает в себе использование множества форматов изображений.

Эта система позволила легко проанализировать спутниковые снимки для классифицирования земель по степени засоления на основе индекса солености почв SI. Результат обработки с применением индекса SI представлен на рис. 8, где малиновый

цвет соответствует высокой степени засоления, желтый и салатный – средней степени засоления, а оранжевый и серый – низкой степени засоления [4].



Рис. 8. Классифицирование земель по степени засоления.

Выполненный анализ и прогнозирование качества атмосферы Донбасса, а также исследования состояния растительности, зарастания поверхностных вод и засоления сельскохозяйственных земель, указывают на перспективность и эффективность использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса для осуществления оперативного экологического мониторинга окружающей среды путем создания и развития региональной системы спутникового мониторинга [5].

**Список литературы:** 1. Copernicus – Europe’s eyes on Earth : Copernicus Brochure. – Brussels: European Commission, Directorate-General for Communication Publications, 2015. – 28 pp. 2. Лупян, Е. А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») / Е. А. Лупян, А. А. Прошин, М. А. Бурцев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 151–170. 3. Несова, А. В. Оценка состояния почв Донбасса с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2019» / Ответственный ред. И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. – М : МАКС Пресс, 2019. – 1 с. 4. Недопекин, Ф. В. Использование геоинформационной системы QGIS и данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния почв Донбасса / Ф. В. Недопекин, А. В. Несова, Н. С. Шестахин // Безопасность в техносфере : сборник статей / Научный ред. В. М. Колодкин. – Ижевск : Изд. центр «Удмуртский университет», 2019. – С. 116–122. 5. Шестахин, Н. С. Формирование региональной системы спутникового мониторинга состояния окружающей среды и последствий чрезвычайных ситуаций / Н. С. Шестахин, Ф. В. Недопекин, А. В. Несова, В. В. Юрченко // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность-2020): материалы II Международной научно-практической конференции / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, Главное управление МЧС России по Республике Башкортостан. – Уфа : РИК УГАТУ, 2020. – С. 132–138.