

## Наблюдение загрязнений реки Амбарной, возникших в результате аварии на ТЭЦ-3 города Норильска 29 мая 2020 г.

К. А. Трошко<sup>1,2</sup>, П. В. Денисов<sup>1</sup>, О. Ю. Лаврова<sup>1</sup>, Е. А. Лупян<sup>1</sup>, А. А. Медведев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*  
E-mail: [evgeny@d902.iki.rssi.ru](mailto:evgeny@d902.iki.rssi.ru)

<sup>2</sup> *Институт географии РАН, Москва, 119017, Россия*  
E-mail: [medvedev@igras.ru](mailto:medvedev@igras.ru)

29 мая 2020 г. на ТЭЦ-3 Норильска произошла авария — повреждение резервуара для хранения топлива, вследствие чего загрязнению оказались подвержены грунт, окрестные водотоки и водоёмы. В статье представлены результаты наблюдения последствий аварии и мероприятий по их ликвидации по спутниковым данным PlanetScope, Sentinel-1/2, SkySat и «Ресурс-П», полученным в период с 30 мая по 15 июня 2020 г. Отмечается, что благоприятная метеоситуация в первые дни после аварии способствовала локализации значительной части поверхностных загрязнений в устье р. Амбарной и их последующему сбору, а наблюдение за оз. Пясино не выявило поверхностных проявлений загрязнений, связанных с аварией на ТЭЦ-3. Обращается внимание, что наблюдаемая территория достаточно динамична с точки зрения её затопляемости вследствие паводков и сгонно-нагонных явлений, что необходимо учитывать при планировании дальнейших работ по ликвидации последствий аварии.

**Ключевые слова:** Норильск, разлив дизельного топлива, река Амбарная, озеро Пясино, мониторинг чрезвычайных ситуаций, спутниковые системы наблюдения Земли, дистанционное зондирование

Одобрена к печати: 30.06.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-267-274

29 мая 2020 г. примерно в 12:45 по местному времени (05:45 UTC) на ТЭЦ-3 Норильска произошла авария — повреждение резервуара для хранения топлива. С достаточно подробной хронологией событий можно ознакомиться, в частности, по веб-ссылке [https://ru.wikipedia.org/wiki/Утечка\\_дизельного\\_топлива\\_в\\_Норильске](https://ru.wikipedia.org/wiki/Утечка_дизельного_топлива_в_Норильске). По данным из различных источников, в резервуаре на момент аварии находилось около 21 тыс. м<sup>3</sup> дизельного топлива; считается, что наружу попало около 20 тыс. м<sup>3</sup> (17 тыс. т). В результате был загрязнён не только грунт, но и расположенные вблизи реки Далдыкан и Амбарная. Последняя впадает в оз. Пясино, поэтому активно обсуждались риски загрязнения озера, а в дальнейшем — попадания загрязнения в Карское море через р. Пясино. 3 июня 2020 г. в Красноярском крае в связи с разливом топлива был введён режим чрезвычайной ситуации федерального масштаба. В настоящей работе мы представляем краткий анализ наблюдений загрязнений, которые были детектированы по спутниковым данным на р. Амбарной, их динамики и работ по их ликвидации в период с 30 мая по 15 июня 2020 г. Общая карта анализируемого района представлена на *рис. 1* (см. с. 268).

Специалисты Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) и Института географии Российской академии наук (ИГ РАН) вели слежение за районом аварии и анализ данных о наблюдаемых здесь загрязнениях. Первые детальные безоблачные спутниковые данные, охватывающие этот район и доступные авторам, были получены спутниками группировки PlanetScope 30 мая — менее чем через сутки после аварии. На одном из таких изображений (*рис. 2а*, см. с. 269) можно увидеть, что пятно загрязнения, возникшее в результате аварии, за сутки прошло порядка 26,5 км вниз по течению рек Далдыкан и Амбарная. Пятно фактически вплотную приблизилось к району, где р. Амбарная начинает разбиваться на большое число протоков перед впадением в оз. Пясино. Однако на изображении Sentinel-2/MSI, полученном на следующий день (31 мая), заметно, что основная видимая часть загрязнения переместилась выше по течению реки (*рис. 2б*).

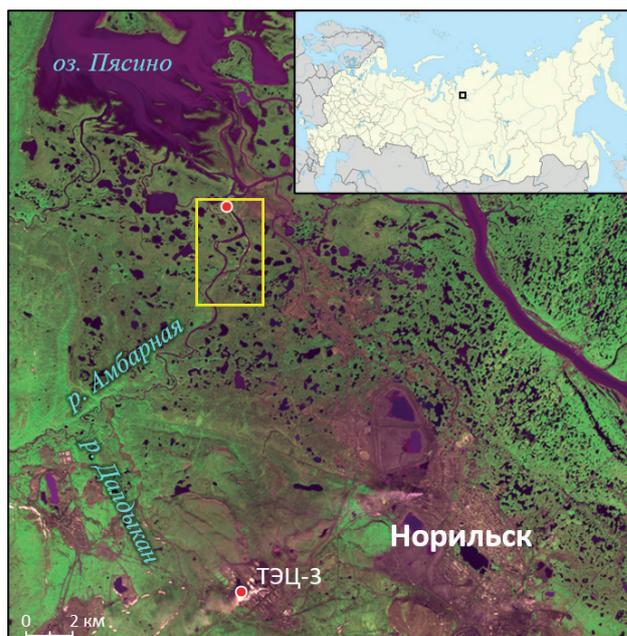


Рис. 1. Район аварии на спутниковом изображении Sentinel-2/MSI 13.06.2020 (R — 650–680, G — 785–900, B — 542–577 нм). Красные точки — расположение аварийного нефтехранилища (внизу) и участок р. Амбарной, на котором по спутниковым данным зафиксировано максимальное приближение пятна к оз. Пясино (вверху). Жёлтый прямоугольник — участок, детально рассмотренный на рис. 2

Кроме того, видно, что часть пятна попала в одну из протоков, соединяющих р. Амбарную с озером, расположенным восточнее неё, этот участок указан на рис. 2б стрелкой. Такому перемещению пятна, не позволившему его основной части продолжить движение в озеро, поспособствовала, вероятно, метеорологическая обстановка, точнее ветровой нагон (таблица). На следующий день (1 июня) пятно снова начало спускаться вниз по течению, однако на момент съёмки, выполненной спутниками PlanetScore и Sentinel-2, видно, что оно уже было остановлено боновыми заграждениями (показаны стрелкой на рис. 2в). То есть активные действия по ликвидации загрязнений начались в период 31 мая – 1 июня. Проведение таких действий подтверждается, в частности, тем, что на данных, полученных 4 июня спутниками PlanetScore и Sentinel-2, к востоку от р. Амбарной начали прослеживаться достаточно протяжённые следы движения транспорта (рис. 2е). Таких следов не наблюдалось на предыдущих безоблачных изображениях, полученных 1 июня. Более чётко они видны на данных, полученных 4 июня российским аппаратом «Ресурс-П» № 1 после активации МЧС России Международной Хартии по космосу и крупным катастрофам (<https://disasterscharter.org/web/guest/activations/-/article/oil-spill-in-russian-federation-activation-655->). По мере проведения работ по ликвидации пятна в районе его локализации стали появляться ёмкости для сбора загрязнённого грунта и топливно-водной смеси. Первое наблюдение таких ёмкостей было зафиксировано на изображении SkySat от 5 июня, 08:23 UTC (<https://www.planet.com/explorer/>). Далее их количество постоянно росло, что хорошо видно, в частности, по данным спутников Sentinel-2 (<http://sci-vega.ru/mapviewer/?id=1592741183944>) (постепенно увеличивающееся число белых точек). К середине июня их наблюдалось уже более 90. В основном они сосредоточены на участке, представленном на рис. 2д, несколько ёмкостей встречается также выше по течению р. Амбарной и в районе ТЭЦ-3.

Таким образом, видно, что значительная часть пятна загрязнения, по крайней мере его поверхностная часть, благоприятными погодными условиями была «возвращена» в район, в котором удалось провести его локализацию и сбор. Следует при этом отметить, что существенная часть пятна попала в протоки и мелкие озёра, связанные с р. Амбарной. В части из них активно ведутся работы по сбору загрязнений. Это хорошо видно на распределении накопительных ёмкостей для сбора загрязнений, представленных на рис. 2д.

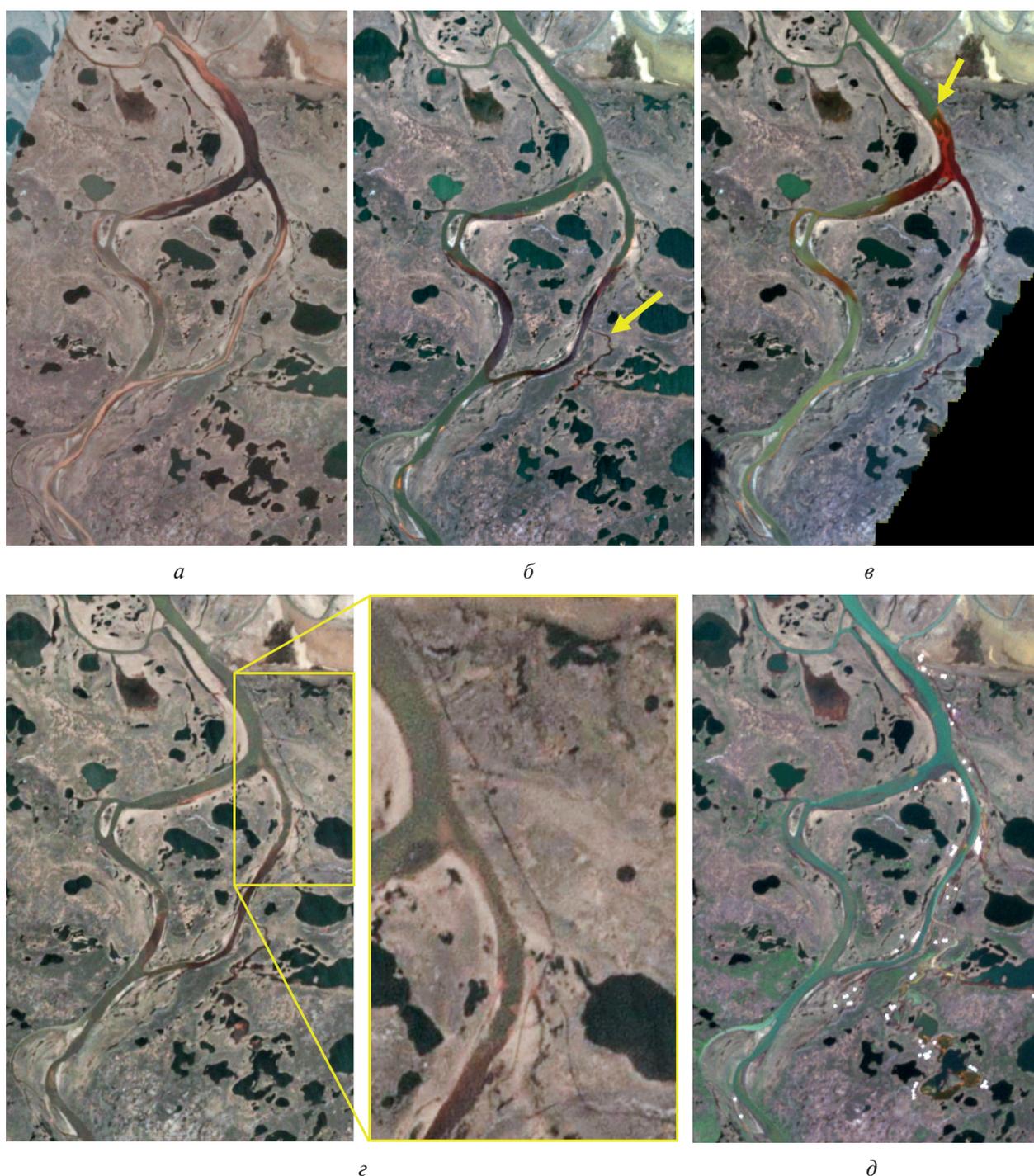


Рис. 2. Район аварии на разновременных спутниковых изображениях: *а* — PlanetScope, 30.05.2020 (05:30 UTC); *б* — Sentinel-2, 31.05.2020 (06:09 UTC); *в* — Sentinel-2, 01.06.2020 (06:29 UTC); *г* — PlanetScope, 04.06.2020 (05:31 UTC); *д* — Sentinel-2, 13.06.2020 (06:20 UTC)

Авторами также был проведён детальный анализ как радиолокационных изображений Sentinel-1/SAR-C, так и всех доступных данных оптического диапазона, полученных над акваторией оз. Пясино за период с 30 мая по 15 июня 2020 г. Никаких проявлений наличия нефтепродуктов на поверхности озера обнаружено не было. Если бы какое-то значительное количество нефтепродуктов попало в озеро, то на радиолокационных изображениях обязательно присутствовали бы тёмные области пониженного обратно-рассеянного сигнала, вызванные наличием на поверхности образованных ими плёнок. На изображениях видимого диапазона яркие жёлто-оранжевые пятна загрязнений, которые во все дни наблюдений про-



нием ёмкостей для хранения собранной топливно-водной смеси и загрязнённого грунта приведён на *рис. 4* (см. с. 272).

Развитие ситуации после аварии на ТЭЦ-3 Норильска по данным спутниковых наблюдений

Дата	Наблюдаемые явления	Основные проанализированные данные (спутник и время съёмки, UTC)	Направление и скорость ветра (м/с) по данным аэропорта «Норильск» ( <a href="https://rp5.ru/">https://rp5.ru/</a> )
30.05.2020	Основное пятно движется и локализуется в устье р. Амбарной	PlanetScope/1043, 01:46	С (2)
		PlanetScope/1035, 05:30	ССЗ (5)
31.05.2020	Основное пятно переместилось выше по течению. В оз. Пясино явных зон поверхностного загрязнения не наблюдается. Часть пятна ушла в некоторые протоки, соединяющие р. Амбарную с мелкими озёрами	PlanetScope/0f46, 01:42	С (8)
		PlanetScope/1067, 03:46	С (9)
		PlanetScope/2259, 05:07	С (8)
		PlanetScope/0f3f, 05:32	С (8)
		Sentinel-2, 06:09	С (8)
01.06.2020	Основное пятно вновь переместилось ниже по течению. Остановка перемещения основного пятна установленными боновыми ограждениями. В оз. Пясино явных зон поверхностного загрязнения не наблюдается	PlanetScope/2275, 05:10	СЗ (5)
		Sentinel-2, 06:29	СЗ (6)
03.06.2020	В оз. Пясино явных зон поверхностного загрязнения не наблюдается	Sentinel-1, 00:40	СЗ (2)
04.06.2020	Фиксация следов активных работ в зоне локализации основного пятна на р. Амбарной	PlanetScope/106b, 03:39	С (10)
		«Ресурс-П» № 1, 05:21	С (11)
		PlanetScope/0f3f, 05:31	С (11)
05.06.2020	Фиксация первых ёмкостей для сбора топливно-водной смеси	SkySat, 08:23	ССЗ (4)
06.06.2020	«Наступление» границы водного зеркала оз. Пясино в районе русла р. Амбарной (до зоны работ осталось 2 км)	Sentinel-1, 11:36	С (13)
08.06.2020	Увеличение числа ёмкостей для сбора топливно-водной смеси	Sentinel-2, 06:19	ССВ (10)
09.06.2020	Зеркало оз. Пясино отошло от района работ на 3 км	Sentinel-1, 00:41	ЗЮЗ (2)
13.06.2020	Размещено более 90 ёмкостей для сбора топливно-водной смеси	Sentinel-2, 06:20	СВ (5)
15.06.2020	Число ёмкостей для сбора топливно-водной смеси практически перестало расти, что, видимо, свидетельствует об окончании активной фазы работ по сбору загрязнений в обсуждаемом районе. Поверхностных загрязнений в оз. Пясино не наблюдается	Sentinel-2, 06:09	ССЗ (9)

Таким образом, по результатам дистанционного наблюдения результатов аварии, произошедшей 29 мая 2020 г. на ТЭЦ-3 Норильска, можно сделать следующие выводы:

1. Значительная часть поверхностных загрязнений, возникших в результате аварии и попавших в реки Далдыкан и Амбарная, локализовалась и в ходе работ по ликвидации была собрана, т.е. масштабного попадания загрязнения в оз. Пясино допущено не было. Проведению данных работ способствовала благоприятная метеобстановка.
2. Существенных поверхностных проявлений загрязнений, которые могли быть связаны с аварией, в оз. Пясино по состоянию на 15 июня 2020 г. по спутниковым данным об-

наружено не было. В то же время вопрос попадания в озеро растворённых в воде загрязнений требует дальнейших исследований.

3. Район ликвидации загрязнений находится на территории, которая может быть подвержена затоплению от паводков и сгонно-нагонных явлений, что следует учитывать при планировании эвакуации собранных загрязнений с участков их текущего расположения.

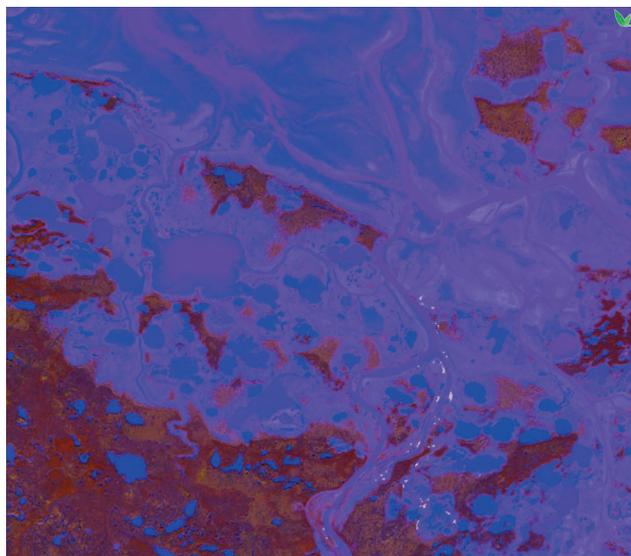


Рис. 4. Многовременное цветосинтезированное изображение, сформированное на основе данных Sentinel-2 от 13.06.2020 и 11.07.2019. Белые точки — места расположения ёмкостей для сбора топливно-водной смеси и грунта. Территории, покрытые водой в июле 2019 г., отображены оттенками синего и фиолетового цветов

Следует также отметить, что представленный в работе анализ наблюдений последствий аварии на ТЭЦ-3 Норильска показал:

- что действующие в настоящее время спутниковые системы дистанционного зондирования Земли и имеющиеся технологии и системы оперативного получения и обработки спутниковых данных позволяют вести мониторинг районов чрезвычайных ситуаций, оперативно анализируя развитие их последствий и ход работ по их ликвидации;
- накопленные в настоящее время многолетние архивы спутниковых данных позволяют исследовать особенности территорий, которые были затронуты чрезвычайной ситуацией, и использовать их для оценки кратковременных и долговременных рисков развития их последствий;
- эффективность работ по мониторингу подобных ситуаций, безусловно, повышается при использовании данных, поступающих от различных спутниковых систем, при этом основой для проведения мониторинга сегодня может быть свободно распространяемая спутниковая информация.

Для анализа спутниковых данных при подготовке работы использовалась система Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>) (Лупян и др., 2011), входящая в состав Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019), развиваемая и поддерживаемая в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164). В том числе были использованы инструменты анализа данных, созданные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-29-24121 мк). В рамках темы государственного задания ИГ РАН № АААА-А19-119022190168-8 осуществлены сбор и обработка данных высокого разрешения PlanetScore (Planet Surface..., 2018), полученных по индивидуальной научно-образовательной лицензии (Planet Team..., 2020).

## Литература

1. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А., Толпин В. А., Балашов И. В., Плотников Д. Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
2. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий 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.
3. Planet Surface Reflectance Product. White paper. Planet Labs, 2018. 10 p.
4. Planet Team (2020). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA, 2020. URL: <https://api.planet.com>.

## Observation of the Ambarnaya River pollution resulting from the accident at the Norilsk Thermal Power Plant No. 3 on May 29, 2020

К. А. Трошко<sup>1,2</sup>, Р. В. Денисов<sup>1</sup>, О. Ю. Лаврова<sup>1</sup>, Е. А. Лупиан<sup>1</sup>, А. А. Медведев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia  
E-mail: [evgeny@d902.iki.rssi.ru](mailto:evgeny@d902.iki.rssi.ru)

<sup>2</sup> Institute of Geography RAS, Moscow 119017, Russia  
E-mail: [medvedev@igras.ru](mailto:medvedev@igras.ru)

On May 29, 2020, a fuel storage tank was damaged at the Norilsk Thermal Power Plant No. 3. As a result, the surrounding soil, streams, rivers and lakes were exposed to pollution. The paper presents the results of observing the consequences of the accident and measures to eliminate them using the data obtained by PlanetScope, Sentinel-1/2, SkySat and Resurs-P satellites from May 30 to June 15, 2020. It is noted that favorable weather conditions in the first days after the accident contributed to localization of a significant part of surface pollution of the Ambarnaya River mouth and its subsequent collection, and monitoring of Pyasino Lake did not reveal notable traces of surface pollution associated with the accident at the power station. Attention is drawn to the fact that the observed area is quite dynamic due to floods and surges. This fact should be taken into account when planning further works to eliminate the consequences of the accident.

**Keywords:** Norilsk, diesel spill, Ambarnaya River, Pyasino Lake, emergency monitoring, Earth observation satellite systems, remote sensing

Accepted: 30.06.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-267-274

## References

1. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovoykh dannykh (TsKP "IKI-Monitoring") (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170.

2. Loupian E. A., Savin I. Yu., Bartalev S. A., Tolpin V. A., Balashov I. V., Plotnikov D. E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("VEGA") (Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
3. *Planet Surface Reflectance Product. White paper*, Planet Labs, 2018, 10 p.
4. *Planet Team (2020). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth*, San Francisco, CA, 2020, available at: <https://api.planet.com>.