

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ
INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

УДК 528.8:629.7

Поступила в редакцию 22.09.2017
Received 22.09.2017

**Буй Куанг Гуи¹, Буй Доан Чанг¹, Д. А. Горский³, С. А. Золотой³, Нгуен Лан Ань¹,
Нгуен Минь Нгок¹, И. Б. Страшко³, Хо Ву Туу Джан², Чу Ксан Гуи¹**

¹*Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам*

²*Университет безопасности в г. Хошимин, Хошимин, Вьетнам*

³*НИРУП «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КООРДИНАЦИИ ПРОЦЕССОВ СЪЕМКИ
ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ VNREDSat-1 (ВЬЕТНАМ)
И БКА (БЕЛАРУСЬ)**

Аннотация. Ведущие компании в области получения данных дистанционного зондирования Земли из космоса строят группировки космических аппаратов для увеличения периодичности (кратности) и ведения мониторинга различных участков земной поверхности. Группировка космических аппаратов дистанционного зондирования компании Airbus (Франция) позволяет ежедневно наблюдать любую точку поверхности Земли с высоким пространственным разрешением, а группировка компании DigitalGlobe (США) – со сверхвысоким пространственным разрешением. Наряду с этим запускается большое количество аппаратов дистанционного зондирования Земли в рамках национальных космических программ стран. Группировки космических аппаратов в таких странах незначительные. Проведен анализ перспектив совместного использования национальных космических систем Социалистической Республики Вьетнам и Республики Беларусь. Путем сопоставления пространственно-временных (орбитальные характеристики, цикличность орбит) и спектрально-энергетических (пространственное, спектральное и радиометрическое разрешение) характеристик функционирующих в настоящее время космических аппаратов дистанционного зондирования Земли VNREDSat-1 (Вьетнам) и БКА (Беларусь) проанализированы возможности их совместного использования для мониторинга природных ресурсов, окружающей среды и стихийных бедствий. Выявлена приемлемая для решения перечисленных задач степень корреляции технических параметров с учетом различных фаз данных космических аппаратов. Выводы подкреплены результатами натурных экспериментов с использованием архивных и оперативных данных дистанционного зондирования Земли, получаемых национальными космическими аппаратами.

Ключевые слова: космический аппарат (КА), спутник, вьетнамский космический аппарат (VNREDSat-1), белорусский космический аппарат (БКА), дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ)

Для цитирования. Исследование возможности координации процессов съемки поверхности Земли космическими аппаратами VNREDSat-1 (Вьетнам) и БКА (Беларусь) / Буй Куанг Гуи [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 119–128.

**Bui Quang Huy¹, Bui Doan Cuong¹, D. A. Gorski³, S. A. Zolotoy³, Nguyen Lan Anh¹, Nguyen Minh Ngoc¹,
I. B. Strashko³, Hồ Vũ Thu Giang², Chu Xuan Huy¹**

¹*Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam*

²*University of Security in Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam*

³*“Geoinformation Systems” SERUE of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**STUDY ON PROCESS COORDINATION CAPABILITY FOR EARTH SURFACE IMAGING VIA VNREDSAT-1
OF VIETNAM AND BKA OF BELARUS**

Abstract. Leading companies in the field of obtaining data from Earth remote sensing from space are building Satellite constellations to increase the frequency (multiplicity) and monitor various parts of the Earth's surface. The Satellite constellation remote sensing equipment from Airbus (France) allows daily observation of any point on the Earth's surface with high

spatial resolution, and the grouping of DigitalGlobe (USA) – with ultra-high spatial resolution. The analysis of the mutual exploitation of the national space systems of the Socialist Republic of Vietnam and the Republic of Belarus has been carried out. There have been analyzed the joint capabilities of VNREDSat-1 (Vietnam) and BKA (Belarus) Earth Observation Systems for the monitoring of natural resources, the environment and natural disasters by comparison of their space and temporal characteristics (orbit parameters and re-visit time) as well as spectral-energetic characteristics (space, spectral and radiometric resolutions). The accepted correlation of technical parameters for solving the previously mentioned tasks having into account the different phases of the mentioned satellites has been determined. The conclusions have been reinforced by the results of live experiments with archival and instant data from both EO satellites.

Keywords: Space vehicle (SV), satellite, Vietnamese satellite (VNREDSat-1), Belarussian satellite (BKA), Earth Observation (EO)

For citation. Bui Quang Huy, Bui Doan Cuong, Gorski D. A., Zolotoy S. A., Nguyen Lan Anh, Nguyen Minh Ngoc, Strashko I. B., Hồ Vũ Thu Giang, Chu Xuan Huy. Study on process coordination capability for Earth surface imaging VIA VNREDSat-1 of Vietnam and BKA of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-technichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 119–128 (in Russian).

Введение. Координация наблюдений поверхности Земли с помощью нескольких космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является одной из современных тенденций развития космических исследований. Практическая реализация такого подхода способствует существенному сокращению периодов наблюдения контролируемых регионов Земли, а также более эффективному использованию возможностей КА различных стран для ликвидации последствий природных и техногенных бедствий.

Большинство спутников ДЗЗ малого класса (типа ALSAT-2, SSOT, «Канопус-В» № 1, Белорусский космический аппарат (БКА), VNREDSat-1 и др.) создавались и запускались с целью получения космических снимков высокого оптического качества при минимизации интервалов времени повторной съемки одних и тех же участков поверхности Земли. Тем не менее, несмотря на успешную реализацию необходимых для этого сложных и гибких систем управления космическими аппаратами, зоны покрытия территории Земли отдельным спутником остаются по-прежнему весьма ограниченными.

Одним из способов преодоления данного ограничения может стать согласование функциональных возможностей КА ДЗЗ, принадлежащих различным странам. Так, в 2014 г. Институтом космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий проводилось изучение возможности координации выполнения съемок спутниками VNREDSat-1 (Вьетнам) и THAICHOTE (Таиланд) [1]. При этом был сделан вывод, что практическая результативность координации их работы при оперативном получении данных ДЗЗ вполне удовлетворительна.

В настоящей статье представлены результаты исследования возможностей координации работы вьетнамского (VNREDSat-1) и белорусского (БКА) космических аппаратов при совместном проведении съемочного процесса поверхности Земли.

Орбитальные характеристики космических аппаратов. Оба рассматриваемых КА ДЗЗ имеют относительно низкие орбиты солнечно-синхронного типа (рис. 1), основные характеристики которых представлены в табл. 1 [2, 3]. Установленная на них оптическая съемочная аппаратура обеспечивает получение изображений поверхности Земли высокого разрешения [3, 4].

Цикличность траекторий обоих спутников показана на рис. 2 в виде проекций их орбит на поверхность Земли.

Однако, несмотря на близкие значения наклонов орбит спутников, их существенное различие заключается в фазах съемочного процесса: для VNREDSat-1 она является нисходящей, для БКА – восходящей. По этой причине полосы съемки КА ориентированы в противоположных направлениях (рис. 3), что приводит к ограничению числа их пересечений и уменьшению консолидированной площади изображений (рис. 4).

В условиях съемки в надир цикличность составляет 29 сут для VNREDSat-1 и 16 сут для БКА [2, 3] (см. рис. 2, а, б). Координация работы обоих спутников дает возможность сократить цикличность съемки, а также уменьшить геометрические искажения изображений за счет ее выполнения вблизи надира. Однако доступное для проведения съемки время будет при этом уменьшаться.

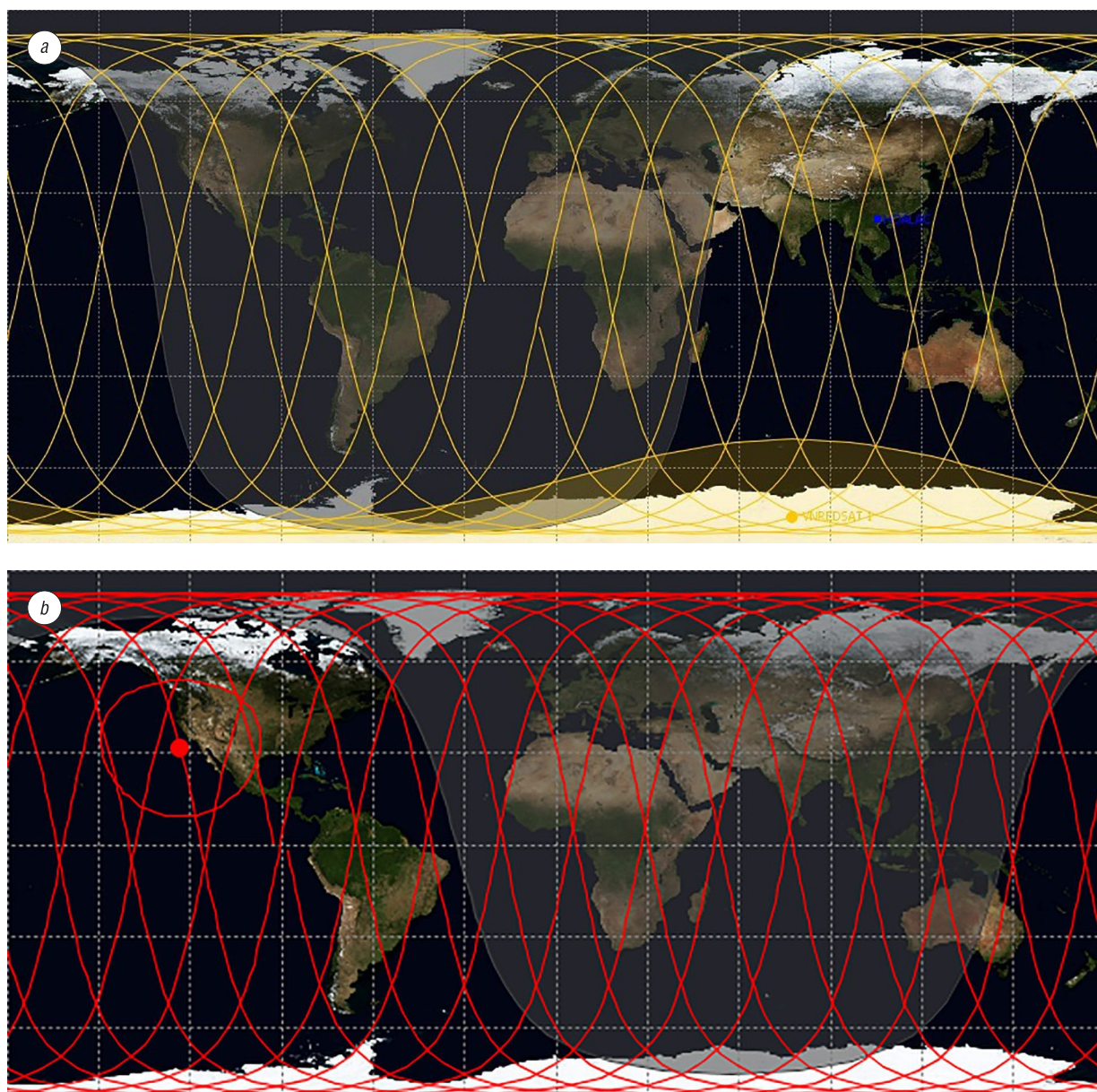


Рис. 1. Количество оборотов спутников VNREDSat-1 (a) и БКА (b) вокруг Земли в течение суток
 Fig. 1. Quantity orbital passes of VNREDSat-1 (a) and BKA (b) around the Earth per day

Таблица 1. Орбитальные характеристики КА VNREDSat-1 (Вьетнам) и БКА (Беларусь)
 Table 1. VNREDSat-1 (Vietnam) and BKA (Belarus) orbit parameters

Параметр орбиты	Спутник	
	VNREDSat-1	БКА
Тип	Солнечно-синхронная	Солнечно-синхронная
Высота, км	680	510
Наклонение, угл. град	98,1	97,5
Период вращения, мин	98,4	94,7
Число оборотов за сутки	14 + (18/29)	15 + (3/16)
Местное время	10 ч 30 мин	11 ч 27 мин
Цикличность, сут	29	16
Большая полуось	7058,907	6891,224
Эксцентриситет	0,00121	0,00135
Фаза съемки	Нисходящая ветвь	Восходящая ветвь

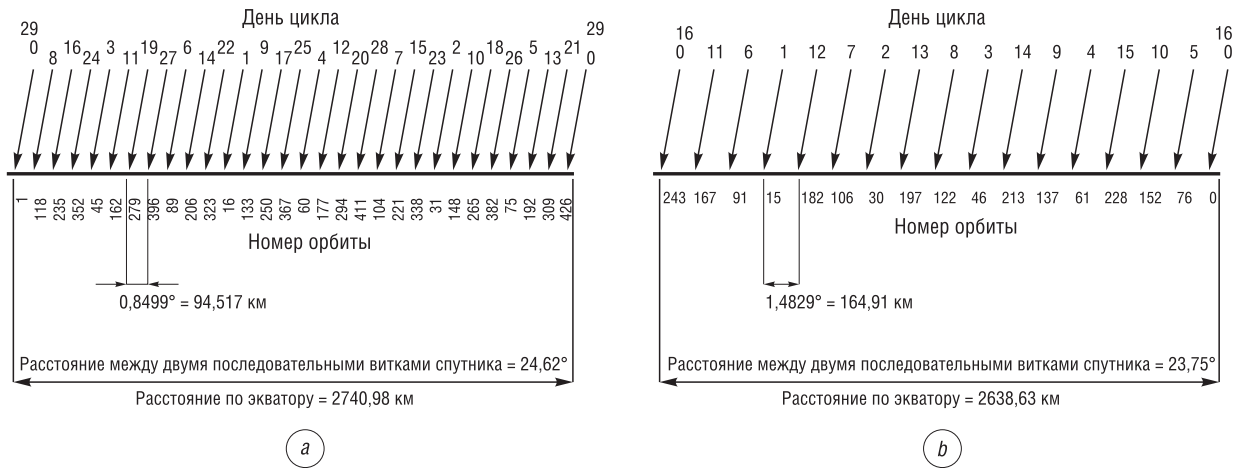


Рис. 2. Проекции орбит спутников VNREDSat-1 (a) и БКА (b)
 Fig. 2. Orbit projections of VNREDSat-1 (a) and BKA (b)

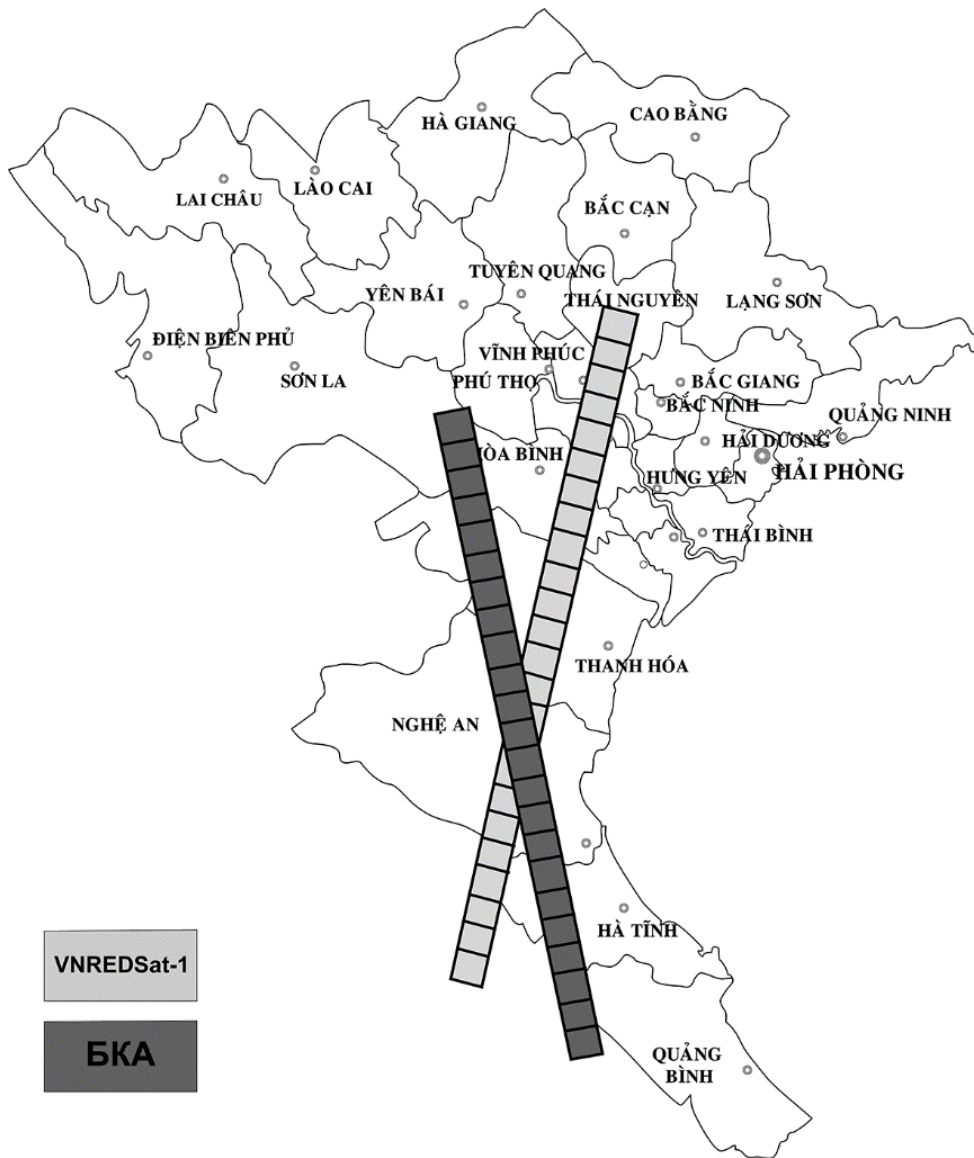


Рис. 3. Фазы съемки спутников VNREDSat-1 и БКА
 Fig. 3. VNREDSat-1 and BKA imaging phases

При максимальном крене 35° для VNREDSat-1 [3] и 40° для БКА [4] цикличность съемки в районе экватора может составить соответственно 15 и 13 ч. В этом случае координация работы спутников может обеспечить практически ежедневное получение снимков выбранных зон поверхности Земли.

В реальных условиях функционирования КА ДЗЗ величина крена составляет до 10° – 15° . При этом консолидированная площадь регистрируемых изображений может достигать 288 км^2 , что эквивалентно 94 % ($306,25 \text{ км}^2$) площади снимка VNREDSat-1 или 72 % (400 км^2) площади снимка БКА. На практике для улучшения эффективности координации съемочного процесса по времени (T) целесообразно выбирать максимально допустимый для решаемой задачи крен. Возможные варианты реализации режимов повторной съемки показаны на рис. 5.

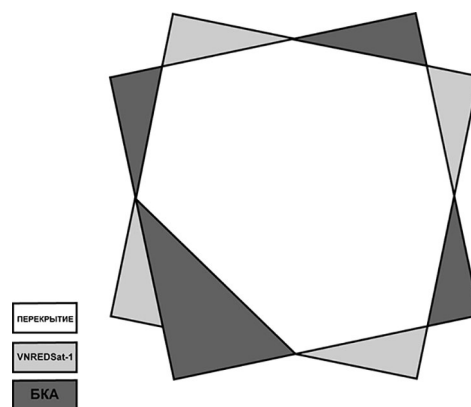


Рис. 4. Области перекрытия изображений, регистрируемых спутниками VNREDSat-1 и БКА

Fig. 4. Images overlapping areas registered by VNREDSat-1 and BKA

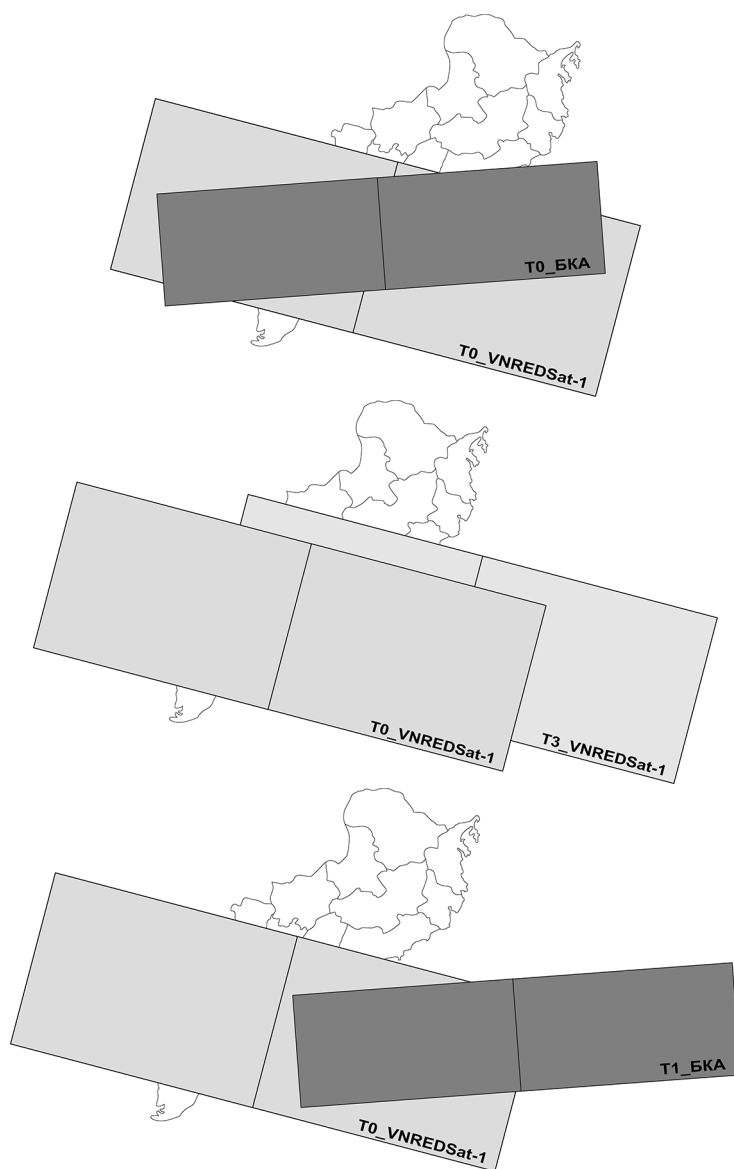


Рис. 5. Варианты повторной съемки космическими аппаратами VNREDSat-1 и БКА

Fig. 5. VNREDSat-1 and BKA repeated imaging options

Таким образом, орбитальное расположение космических аппаратов VNREDSat-1 и БКА предоставляет возможность координации съемочного процесса и не препятствует их согласованному функционированию. При этом наиболее значимым обстоятельством, обусловленным различием фаз съемки, ведущим к ограничению покрытия земной поверхности обеими полосами захвата и требующим обязательного учета, является согласованность крена КА ДЗЗ.

Спектрально-энергетические характеристики целевой аппаратуры. Степень практической значимости космических снимков определяется не только пространственно-временным разрешением, зависящим от орбитального движения каждого КА. Важную роль в возможности консолидации получаемых с помощью аппаратов изображений поверхности Земли играет также согласованность их пространственного (геометрического), спектрального (цветового) и энергетического (радиометрического) разрешений, обеспечиваемых бортовой оптической (целевой) аппаратурой. В табл. 2 представлены значения этих характеристик, реализованные в КА VNREDSat-1 и БКА [2, 3].

Т а б л и ц а 2. Характеристики целевой аппаратуры КА ДЗЗ VNREDSat-1 и БКА

Table 2. Characteristics of VNREDSat-1 and BKA imaging systems

Техническая характеристика	VNREDSat-1	БКА
Ширина полосы захвата, км	17,5 (ПС) 17,5 (МС)	23 (ПС) 20 (МС)
Пространственное разрешение, м	2,5 (ПС) 10,0 (МС)	2,1 (ПС) 10,5 (МС)
Спектральное разрешение, мкм	1 ПХ канал (0,45–0,75). 4 МС канала: синий (0,45–0,52), зеленый (0,53–0,60), красный (0,62–0,69), ближний ИК (0,76–0,89)	1 ПХ канал (0,54–0,86). 4 МС канала: синий (0,46–0,52); зеленый (0,51–0,60); красный (0,63–0,69); ближний ИК (0,75–0,84).
Радиометрическое разрешение, бит	12	8
Возможность получения стереопары	Имеется	Имеется

П р и м е ч а н и е: ПС – панхроматическая система, МС – мультиспектральная система, ИК – инфракрасный канал.

Анализ пространственного разрешения целевой аппаратуры КА VNREDSat-1 и БКА осуществлялся с использованием экспериментальных данных. Сопоставлялось качество снимков одной и той же территории поверхности Земли, зарегистрированных целевой аппаратурой каждым из спутников (рис. 6). В качестве базовых для сравнения использовались панхроматические изображения, полученные спутником VNREDSat-1. Эксперименты проводились в Юго-Восточном регионе Вьетнама (территория города Хошимин). Условия съемки представлены в табл. 3, а реальные маршруты съемок – на рис. 7.

Т а б л и ц а 3. Условия съемки территории г. Хошимин (Вьетнам) спутниками VNREDSat-1 и БКА

Table 3. Imaging conditions for Ho Chi Minh City (Vietnam) from VNREDSat-1 and BKA

Характеристика данных	VNREDSat-1	БКА
Дата съемки	30.01.2014	15.03.2016
Время UTC, час.мин	03.43	04.36
Крен, угл. град	7,8	8,2

В результате визуального анализа качества снимков был сделан вывод, что по параметрам пространственного разрешения работа обоих КА ДЗЗ может быть успешно скоординирована.

В отношении спектрального разрешения целевой аппаратуры следует особо подчеркнуть равное количество оптических информационных каналов и их весьма близкие спектральные

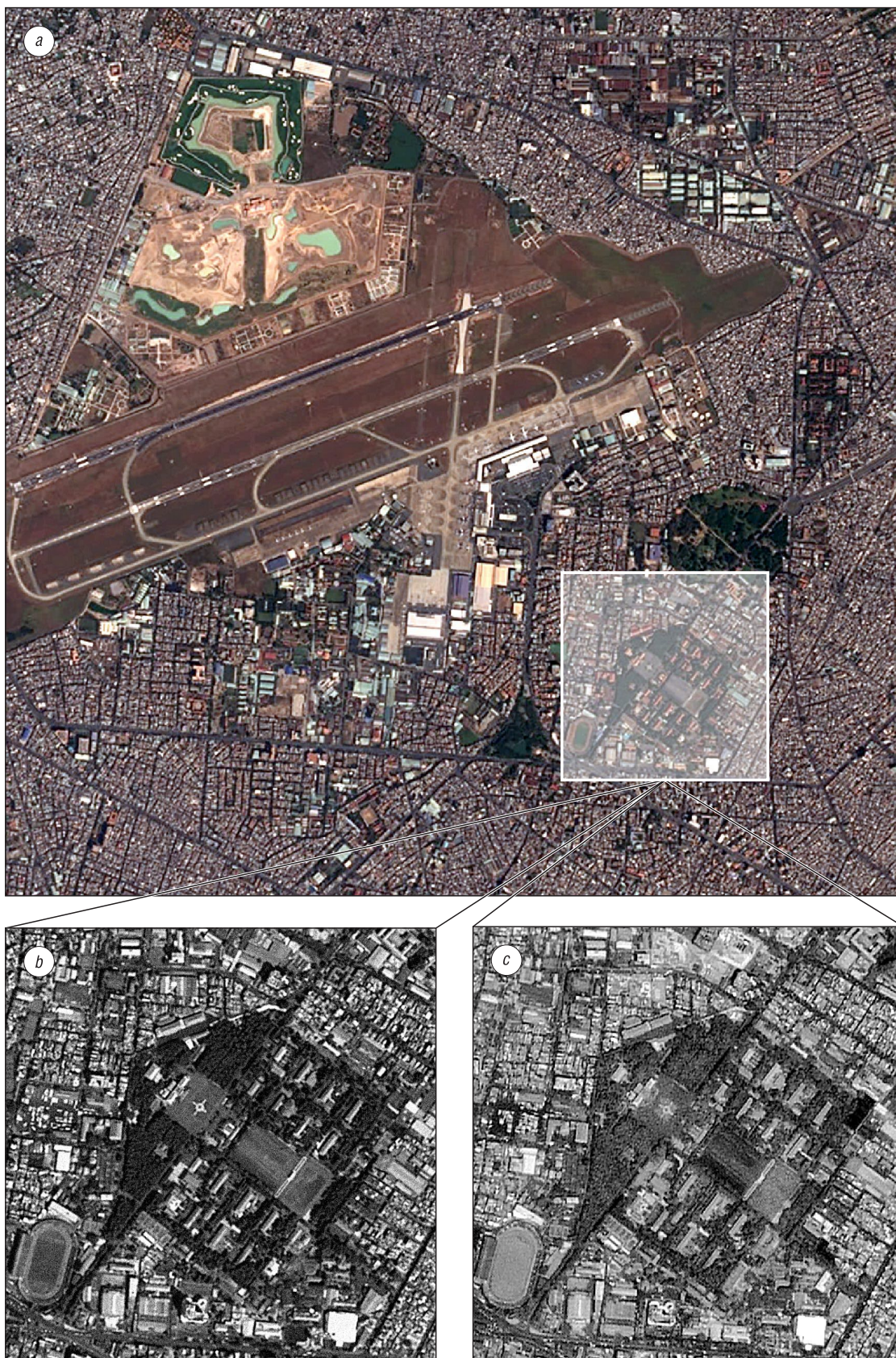


Рис. 6. Примеры космических снимков спутников VNREDSat-1 и БКА: *a* – зона съемки, *b* – изображение с космического аппарата VNREDSat-1, *c* – изображение с космического аппарата БКА

Fig. 6. VNREDSat-1 and BKA images samples: *a* – survey Area, *b* – image from spacecraft VNREDSat-1, *c* – image from spacecraft BKA

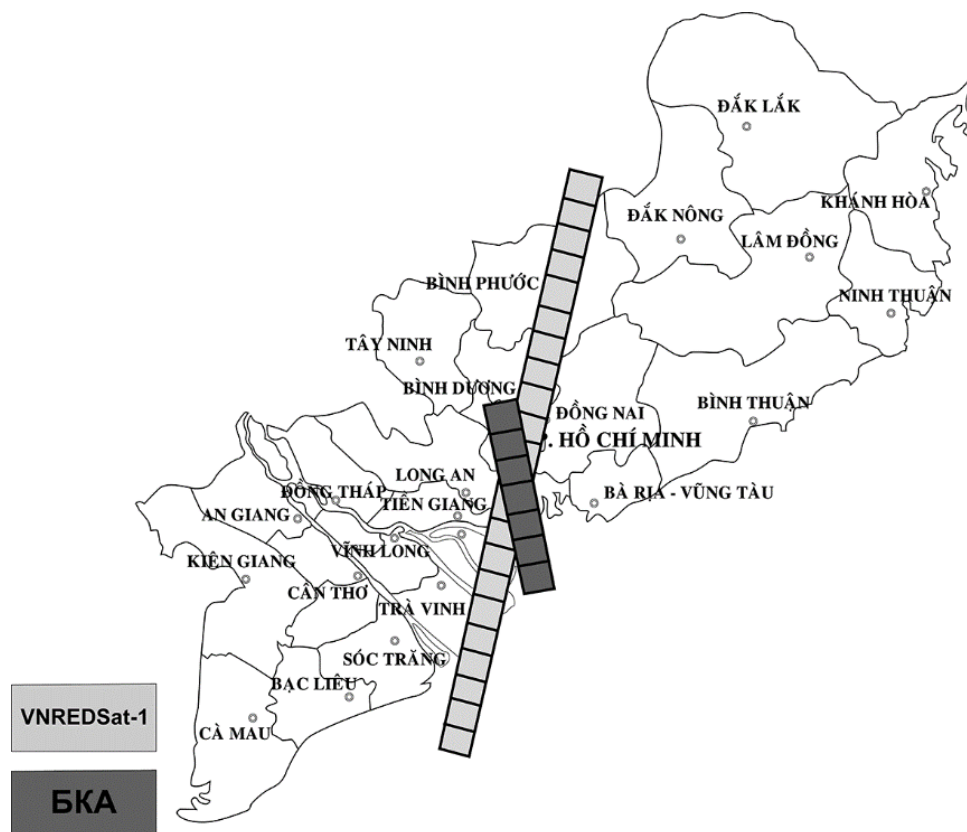


Рис. 7. Маршруты съемки территории г. Хошимин (Вьетнам) спутниками VNREDSat-1 и БКА

Fig. 7. VNREDSat-1 and BKA flight strips over Ho Chi Minh City (Vietnam)

характеристики (см. табл. 2). Это свидетельствует о возможности достижения исключительно высокой степени координации обоих спутников по данному параметру. Небольшие вариации спектрального состава регистрируемого излучения принципиального значения не имеют, особенно при решении заявленных практических задач (мониторинг природных ресурсов, окружающей среды и стихийных бедствий), и могут не приниматься во внимание.

Величина радиометрического разрешения целевой аппаратуры, характеризующая точность регистрации амплитуд принимаемых оптических сигналов, способствует распознаванию наземных объектов, различающихся своей яркостью. По нашим многолетним наблюдениям, для подавляющего большинства подобных задач радиометрическое разрешение укладывается в диапазон 6–11 бит. Представленные в табл. 2 значения данного параметра характеризуют потенциальные возможности бортового оборудования каждого из рассматриваемых спутников и пригодны для совместного решения указанных в данной статье практических задач. В этой связи возможность координации работы спутников VNREDSat-1 и БКА по данному параметру сомнений не вызывает.

В целом спутники ДЗЗ VNREDSat-1 и БКА обладают весьма высокой степенью корреляции своих орбитальных и аппаратных характеристик. Все это способствует их успешной координации при решении задач мониторинга природных ресурсов, окружающей среды и стихийных бедствий.

Заключение. Путем сопоставления орбитальных характеристик и параметров целевой аппаратуры спутников ДЗЗ VNREDSat-1 и БКА выявлена возможность координации режимов их эксплуатации в интересах улучшения мониторинга природных ресурсов, окружающей среды и стихийных бедствий. При этом может быть существенно увеличена цикличность съемки выбранных зон поверхности Земли с одновременным сохранением качества регистрируемых изображений. Фактором, требующим особого внимания, является различие фаз съемки обоих КА.

Благодарности

Работа выполнена в соответствии с «Дорожной картой» развития сотрудничества между Национальной академией наук Беларуси и Вьетнамской академией наук и технологий на 2016–2020 годы (п. 22) и Меморандумом о взаимопонимании между Институтом космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий и Научно-инженерным республиканским унитарным предприятием «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси «О сотрудничестве по эффективному использованию космических систем VNREDSat-1 и БКА» от 19–21 апреля 2016 г.

Авторы выражают благодарность Департаменту Международного сотрудничества Вьетнамской академии наук и технологий, одобряющему проект «VAST.HTQT.Belarus.04/16-17».

Acknowledgements

The work has been executed according to the established “Roadmap” for the development of cooperation between the National Academy of Sciences of Belarus and the Vietnam Academy of Science and Technology for 2016–2020 (Clause 22) and the Memorandum of Understanding between the Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology and “Geoinformation Systems” Scientific and Engineering Republican Unitary Enterprise of the National Academy of Sciences of Belarus on the “Study on joint-exploitation of the two systems VNREDSat-1 of Vietnam and BKA of Belarus” dated of April 19–21, 2016.

The authors herein express their gratitude to the Department of International Cooperation of the Vietnam Academy of Science and Technology, which approved the “VAST.HTQT.Belarus.04/16-17” project.

Список использованных источников

1. Координация деятельности между спутниками наблюдений Земли VNREDSat-1 (Вьетнам) и Thaichote (Таиланд) [Электронный ресурс] // Вьетнамская академия наук и технологий. – Режим доступа: <http://www.vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1904-hoi-thao-khoa-hoc-phoi-hop-hoat-dong-giua-hai-he-thong-ve-tinh-quan-sat-trai-dat-vnredsatsat-1-viet-nam-va-thaichote-thai-lan> – Дата доступа: 31.07.2017.
2. Белорусский космический аппарат (БКА) [Электронный ресурс] // УП «Геоинформационные системы». – Режим доступа: <http://gis.by/ru/tech/bka>. – Дата доступа: 31.07.2017.
3. VNREDSat-1 [Electronic Resource] // Earth Observation Portal. – Mode of access: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vnredsatsat-1> – Date of access: 31.07.2017.
4. БКА (Belka-2) [Electronic Resource] // Gunter’s Space Page. – Mode of access: http://space.skyrocket.de/doc_sdat/belka-2.htm – Date of access: 31.07.2017.

References

1. Coordination of VNREDSat-1 (Vietnam) and Thaichote (Thailand) Earth Observation satellite activities. The *Vietnam Academy of Science and Technology*. Available at: <http://www.vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1904-hoi-thao-khoa-hoc-phoi-hop-hoat-dong-giua-hai-he-thong-ve-tinh-quan-sat-trai-dat-vnredsatsat-1-viet-nam-va-thaichote-thai-lan> (Accessed 31 July 2017).
2. Belarussian satellite (BKA). “*Geoinformation Systems*” UE. Available at: <http://gis.by/ru/tech/bka> (Accessed 31 July 2017).
3. VNREDSat-1. *Earth Observation Portal*. Available at: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vnredsatsat-1> (Accessed 31 July 2017).
4. BKA. *Gunter’s Space Page*. Available at: http://space.skyrocket.de/doc_sdat/belka-2.htm (Accessed 31 July 2017).

Информация об авторах

Буй Доан Чанг – магистр, заведующий проектом «Исследование возможности координации процессов съемки поверхности Земли космическими аппаратами VNREDSat-1 (Вьетнам) и БКА (Беларусь)», заместитель директора, Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий (A22, ул. Хоанг Куок Вьет, 18, Ханой, Вьетнам). E-mail: bdcuong@sti.vast.vn

Буй Куанг Гуи – научный сотрудник отдела управления спутником, Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий (2Н, ул. Хоанг Куок Вьет, 18, Ханой, Вьетнам). E-mail: bqhuy@sti.vast.vn

Горский Дмитрий Александрович – заведующий отдела обработки данных ДЗЗ, Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 6, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dhorski@gis.by

Information about the authors

Bui Doan Cuong – Master degree, Head of project “Study on joint-exploitation of the two systems VNREDSat-1 of Viet Nam and BKA of Belarus”, Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology (A22 – 18 Hoang Quoc Viet Str., Hanoi, Vietnam). E-mail: bdcuong@sti.vast.vn

Bui Quang Huy – Researcher of Satellite Control Department, Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology (2H – 18 Hoang Quoc Viet Str., Hanoi, Vietnam). E-mail: bqhuy@sti.vast.vn

Dmitry A. Horski – Head of Department, Image Processing Department, Scientific and Engineering Republican Unitary Enterprise “Geoinformation Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus (6, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dhorski@gis.by

Золотой Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, директор, Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 6, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: gis@gis.by

Нгуен Лан Ань – научный сотрудник отдела управления и эксплуатации спутниковых данных, Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий (2Н, ул. Хоанг Куок Вьет, 18, Ханой, Вьетнам). E-mail: nlanh@sti.vast.vn

Нгуен Минь Нгок – заместитель начальника отдела управления и эксплуатации спутниковых данных, Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий (2Н, ул. Хоанг Куок Вьет, 18, Ханой, Вьетнам). E-mail: nmngoc@sti.vast.vn

Страшко Игорь Болеславович – заместитель директора по производству, Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 6, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: istrashko@gis.by

Чу Ксан Гуи – начальник отдела управления и эксплуатации спутниковых данных, Институт космических технологий Вьетнамской академии наук и технологий (2Н, ул. Хоанг Куок Вьет, 18, Ханой, Вьетнам). E-mail: cxhuy@sti.vast.vn

Хо Ву Туу Джан – магистр, Университет безопасности в г. Хошимин (18 км, Лин Тюнг р-н, Туу Дюк обл., Хошимин, Вьетнам). E-mail: motsach50000@yahoo.com

Sergey A. Zolotoy – Ph. D. (Engineering), Director, Scientific and Engineering Republican Unitary Enterprise “Geoinformation Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus (6, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gis@gis.by

Nguyen Lan Anh – Researcher of Management and Exploitation Satellite Image Data Department, Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology (2H –18 Hoang Quoc Viet Str., Hanoi, Vietnam). E-mail: nlanh@sti.vast.vn

Nguyen Minh Ngoc – Deputy of Management and Exploitation Satellite Image Data Department, Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology (2H – 18 Hoang Quoc Viet Str., Hanoi, Vietnam). E-mail: nmngoc@sti.vast.vn

Ihar B. Strashko – Deputy Director of Production, Scientific and Engineering Republican Unitary Enterprise “Geoinformation Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus (6, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: istrashko@gis.by

Chu Xuan Huy – Chief of Management and Exploitation Satellite Image Data Department, Space Technology Institute of the Vietnam Academy of Science and Technology (2H – 18 Hoang Quoc Viet Str., Hanoi, Vietnam). E-mail: cxhuy@sti.vast.vn

Hồ Vũ Thu Giang – Master degree, University of Security in Ho Chi Minh City (km 18, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam). E-mail: motsach50000@yahoo.com