

№ 5 май 2022

ISSN 0016-7126 (print)

ISSN 2587-8492 (online)

DOI: 10.22389/0016-7126

Теоретические аспекты метода фазового зонда

**Определение гравитационных аномалий в акватории
Вьетнама и на прилегающей территории по данным
спутниковой альтиметрии CryoSat-2**

**Оценка возможности использования
элементов внешнего ориентирования снимков БВС
для коррекции показаний инерциальной
навигационной системы**



ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ

ГЕОДЕЗИЯ И КАРТОГРАФИЯ

ОРГАН ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЛУЖБ СТРАН СНГ
ВЫПУСКАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ, КАДАСТРА И КАРТОГРАФИИ

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
5 ■ май ■ 2022 ОСНОВАН В АВГУСТЕ 1925 ГОДА

Содержание

Геодезия

Баширова Д. Р., Брынь М. Я., Кривонос Д. А.

Методика определения осадок оснований автомобильных дорог
на высоких насыпях 2

Клюшин Е. Б., Кравчук И. М.

Теоретические аспекты метода фазового зонда 11

**Нгуен В. Ш., Нейман Ю. М., Чан Т. Д., Фунг Ч. Т.,
Ле Т. Т. Х., Нгуен Ф. С.**

Определение гравитационных аномалий
в акватории Вьетнама и на прилегающей территории
по данным спутниковой альтиметрии CryoSat-2 19

Картография

Харченко С. В.

Спектральные характеристики рельефа: расчет и использование
в морфометрическом картографировании 28

Аэрофототопография

Макаров С. С., Рентель А. В., Чугунов И. П.

Оценка возможности использования элементов
внешнего ориентирования снимков БВС для коррекции показаний
инерциальной навигационной системы 42

Юрченко В. И.

Учет физических факторов при проектировании
топографической аэрофотосъемки 53

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61279 от 07.04.2015

Входит в перечень журналов России, включенных в БД SCOPUS № J159
Название версии журнала в Scopus – Geodezia i Kartografi

Входит в перечень (№ 503/828) рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук Высшей аттестационной комиссии
при Министерстве образования и науки Российской Федерации
Научные специальности: 25.00.32, 25.00.33, 25.00.34

Учредитель: ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»

Издатель и редакция: © ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2022

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Гурчанова Т. П.

Заместители

главного редактора

Мазурова Е. М.

Тикунов В. С.

Бандрова Теменушка (Болгария)

Баранов В. Н.

Басова И. А.

Бровар Б. В.

Волков С. Н.

Гартнер Георг (Австрия)

Де Майер Филипп (Бельгия)

Зентаи Ласло (Венгрия)

Зубинский В. И.

Караниколас Николаос (Греция)

Карпик А. П.

Касимов Н. С.

Клюшин Е. Б.

Краак Менно-Ян (Нидерланды)

Майоров А. А.

Менезеш Пауло (Бразилия)

Мируненко А. Н.

Морица Токаши (Япония)

Мюллер Юрген (Германия)

Непоклонов В. Б.

Нехин С. С.

Нырцов М. В.

Плешков В. Г.

Побединский Г. Г.

Райзман Ю. Г. (Израиль)

Ребрий А. В.

Савиных В. П.

Сидоров И. В.

Сизов А. П.

Сугаилова Л. С.

Трушин Д. Д.

Халунова Лена (Чехия)

Холота Пётр (Чехия)

Хуадонг Гуо (Китай)

Цветков В. Я.

Яблонский Л. И.

РЕДАКЦИЯ

Начальник

Литвинов Н. Ю.

Выпускающий редактор

Нилова Г. А.

Редакторы

Белоусова Н. А.

Бунина Т. А.

Кипкаева Н. С.

Корректор

Коледова К. А.

АДРЕС ИЗДАТЕЛЯ

И РЕДАКЦИИ

125413, Москва,

ул. Онежская, д. 26

Тел.: 8 (495) 456-95-38,

456-93-01, 456-95-21

E-mail: kartgeocentre@mail.ru

УДК 528.94(069.8)

DOI: 10.22389/0016-7126-2022-983-5-19-27

Определение гравитационных аномалий в акватории Вьетнама и на прилегающей территории по данным спутниковой альтиметрии CryoSat-2

© ¹Нгуен В. Ш., ²Нейман Ю. М., ³Чан Т. Д., ⁴Фунг Ч. Т.,
⁵Ле Т. Т. Х., ⁶Нгуен Ф. С., 2022

^{1,5}Ханойский государственный горно-геологический университет
100000, Вьетнам, Ханой, Бактулием, Дуктанг, Фовиен, 18

²Московский государственный университет геодезии и картографии
105064, Россия, Москва, Гороховский пер., д. 4

³Институт морской геологии и геофизики Вьетнамской академии наук и технологий
100000, Вьетнам, Ханой, Кау Гиай, Нгиа До, Хоанг Куок Вьет, 18

⁴Государственный университет по землеустройству
105064, Россия, Москва, ул. Казакова, д. 15

⁶Вьетнамский институт геодезии – картографии
100000, Вьетнам, Ханой, Кау-Зиай, Ко-Нюэ 1, Хоанг Куок Вьет, 479

¹nguyenvansang@humg.edu.vn ²yuney@miigaik.ru ³trantuandung@yahoo.com
⁴trungthanhpung@gmail.com ⁵lethuhatdm1234@gmail.com ⁶sonnguyenphi@gmail.com

Цель исследования – определение с высокой точностью по результатам спутниковой альтиметрии гравитационных аномалий в акватории Вьетнама и на прилегающей территории. Проанализирована информация, необходимая для реализации алгоритма определения аномалий ускорения силы тяжести по данным спутникового альтиметра. Исходными данными служили измерения в 72 483 точках, выполненные посредством альтиметра, установленного на спутнике CryoSat-2. В вычислениях для оценки и выбора лучшей модели глобального гравитационного поля использованы данные 818 опорных точек спутникового нивелирования на территории Вьетнама, а для оценки и выбора лучшей модели средней динамической топографии моря для исследуемой области – данные 31 уровнемерного поста. Расчетные результаты сравнили с аномалиями ускорения силы тяжести, измеренными посредством морской гравиметрии в 1025 точках. В результате установлено, что для выбранной области исследований наиболее подходят модели: гравитационного поля Земли EIGEN6C4, средней динамической топографии моря DTU15MDT. Точность рассчитанных аномалий ускорения силы тяжести по данным спутниковой альтиметрии в районе исследований оценивается средней квадратической ошибкой 1,18 мГал. По сравнению с результатами выполненных ранее подобных исследований эта точность самая высокая.

Акватория Вьетнама, альтиметрия, аномалии силы тяжести, морская топографическая поверхность, CryoSat-2.

Для цитирования: Нгуен В. Ш., Нейман Ю. М., Чан Т. Д., Фунг Ч. Т., Ле Т. Т. Х., Нгуен Ф. С. Определение гравитационных аномалий в акватории Вьетнама и на прилегающей территории по данным спутниковой альтиметрии CryoSat-2 // Геодезия и картография. – 2022. – № 5. – С. 19–27. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-983-5-19-27

Авторы выражают благодарность: Европейскому космическому агентству за предоставленные данные спутниковой альтиметрии, Министерству образования и просвещения Вьетнама за поддержку проекта (B2021-MDA-06), канд. техн. наук В. В. Попадьеву за помощь в работе.

The authors are grateful to: European Space Agency for providing satellite altimetry data, Vietnamese Ministry of Education and Training for supporting the project (B2021-MDA-06), Dr. V. V. Popadjev for help in the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нгуен Ван Шанг. Уравнивание пересечений треков спутниковой альтиметрии на акватории, прилегающей к Вьетнаму // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 8–12.
2. Нейман Ю. М., Бышев В. А. Вариационный метод физической геодезии и коллокация // Гравиметрия и геодезия. – М.: Научный мир, 2010. – С. 120–175.
3. Andersen O. B., Knudsen P., Kenyon S., Factor J. K., Holmes S. (2017) Global gravity field from recent satellites (DTU15) – Arctic improvements. *First Break*, 35 (12), pp. 37–40. DOI: 10.3997/1365-2397.2017022.
4. Andersen O. B., Knudsen P., Philippa A. M. B. (2010) The DNSC08GRA global marine gravity field from double re-tracked satellite altimetry. *Journal of Geodesy*, 84, pp. 191–199.
5. Bui Cong Que, Tran Tuan Dung, Le Tram (2008) Construction of Bouguer gravity anomaly map in the East Vietnam Sea and adjacent area. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 2, pp. 29–41.
6. ESA-ESTEC 2007. CryoSat Mission and Data Description, Noordwijk, The Netherlands, European Space Agency ESTEC, 2007, 3, 82 p.
7. Forsberg R., Tscherning C. C. An overview manual for the GRAVSOFTE Geodetic Gravity Field Modelling Programs, 2008, 75p.
8. Ha Minh Hoa. Research and assessment of sea level standards (depth “0” surface, average and highest depth) according to modern geodetic, marine and tectonic methods for construction of process and planning of coastal zones in Vietnam in the trend of climate change. Synthesis report of scientific research and technological development results of KC.09.19/11-15. Hanoi, Vietnam, 2015, 560 p.
9. Ince E. S., Barthelmes F., Reißland S., Elger K., Förste C., Flechtner F., Schuh H. (2019) ICGEM – 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. *Earth Syst. Sci. Data*, 11, pp. 647–674.

Determination of gravity anomalies in the waters of Viet Nam and around using CryoSat-2 space altimetry

¹Nguyen V. S., ²Neyman Y. M., ³Tran T. D., ⁴Phung T. T.,
⁵Le T. T. H., ⁶Nguyen P. S.

^{1,5}Hanoi University of Mining and Geology

100000, Viet Nam, Hanoi, Bactuliem, Duc Thang, Pho Vien, 18

²Moscow State University of Geodesy and Cartography

105064, Russia, Moscow, Gorokhovskiy lane, 4

³Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology

100000, Viet Nam, Hanoi, Cau Giay, Nghia do, Hoang Quoc Viet, 18

⁴State University of Land Management

105064, Russia, Moscow, Kazakova st., 15

⁶Vietnam Institute of Geodesy – Cartography

100000, Viet Nam, Hanoi, Bactuliem, Conhue1, Hoang Quoc Viet, 479

¹nguyenvansang@humg.edu.vn ²yuney@miigaik.ru ³trantuandung@yahoo.com

⁴trungthanhphung@gmail.com ⁵lethuhatdm1234@gmail.com ⁶sonnguyenphi@gmail.com

The purpose of this study is to determine marine gravity anomalies with high accuracy using the CryoSat-2 satellite altimetry data in the Middle Vietnamese Sea and the adjacent territory. For this, the mentioned data and the process of determining gravity anomalies from the CryoSat-2 data were analyzed. The record from 818 GNSS-leveling points in Vietnam were used to evaluate and select the best global gravity field model for use in the calculation process. The findings from 31 gauge tidal were also used to assess and select the best mean dynamic topography model for the study area. Marine gravity anomalies in the study area were calculated using data from the CryoSat-2 satellite altimeter at 72 483 measurement points. The calculated results are compared with the ship-derived gravity anomalies at 1025 measurement points for assessment. The research results show that of the Earth Geopotential Model EIGEN6C4 and the Mean Dynamic Topography Model DTU15MDT are the most suitable for the research area. The accuracy of satellite-derived gravity anomalies, calculated from the CryoSat-2 satellite altimetry data in the study area, reaches $\pm 1,18$ mGal. Compared to the available results in the study area, this accuracy is the highest.

Altimetry, CryoSat-2, marine gravity anomalies, sea surface height, Vietnamese water area.

For citations: Nguyen V. S., Neyman Y. M., Tran T. D., Phung T. T., Le T. T. H., Nguyen P. S. (2022) Determination of gravity anomalies in the waters of Viet Nam and around using CryoSat-2 space altimetry. *Geodezia i Kartografiya*, 83 (5), pp. 19–27 (In Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2022-983-5-19-27

REFERENCES

1. *Nguyen Van Shang*. Uravniwanie peresechenii trekov sputnikovoi al'timetrii na akvatorii, prilagayushchei k V'etnamu. *Izvestiya Vuzov "Geodesy and aerophotosurveying"*, 2012, 3, pp. 8–12 (In Russian).
2. *Neiman Yu. M., Byvshev V. A.* Variatsionnyi metod fizicheskoi geodezii i kollokatsiya. *Gravimetriya i geodeziya*. Moskva: Nauchnyi mir, 2010, pp. 120–175 (In Russian).
3. *Andersen O. B., Knudsen P., Kenyon S., Factor J. K., Holmes S.* (2017) Global gravity field from recent satellites (DTU15) – Arctic improvements. *First Break*, 35 (12), pp. 37–40. DOI: 10.3997/1365-2397.2017022.
4. *Andersen O. B., Knudsen P., Philippa A. M. B.* (2010) The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry. *Journal of Geodesy*, 84, pp. 191–199.
5. *Bui Cong Que, Tran Tuan Dung, Le Tram* (2008) Construction of Bouguer gravity anomaly map in the East Vietnam Sea and adjacent area. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 2, pp. 29–41.
6. *ESA-ESTEC* 2007. *CryoSat Mission and Data Description*, Noordwijk, The Netherlands, European Space Agency ESTEC, 2007, 3, 82 p.
7. *Forsberg R., Tscherning C. C.* An overview manual for the GRAVSOFTE Geodetic Gravity Field Modelling Programs, 2008, 75p.
8. *Ha Minh Hoa*. Research and assessment of sea level standards (depth "0" surface, average and highest depth) according to modern geodetic, marine and tectonic methods for construction of process and planning of coastal zones in Vietnam in the trend of climate change. Synthesis report of scientific research and technological development results of KC.09.19/11-15. Hanoi, Vietnam, 2015, 560 p.
9. *Ince E. S., Barthelmes F., Reißland S., Elger K., Förste C., Flechtner F., Schuh H.* (2019) ICGEM – 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. *Earth Syst. Sci. Data*, 11, pp. 647–674.