

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303–9868 PRINT
ISSN 2227–6017 ONLINE**

Екатеринбург
2017

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ЗОН РАЗВЕДЕНИЯ МЯСНОГО СКОТА	110
АГРОХИМИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПОД ЛЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	115
ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НОВОГО СОРТА ПРИОХОТСКАЯ АРКТОПОЛЕВИЦЫ ШИРОКОЛИСТНОЙ	123
ОРГАНИЗАЦИЯ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ	126
ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВЕ С РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	130
ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОВТОРЯЮЩЕГОСЯ РАЗНОНАПРАВЛЕННОГО ОТБОРА МЕТЕЛОК ГИБРИДОВ РИСА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОТОМСТВА	134
ВОЗМОЖНОСТЬ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА НАТУРАЛЬНЫМИ ЦЕОЛИТАМИ В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА	137

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ РЕАГЕНТА-РАСТВОРИТЕЛЯ НА СТРЕЛОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ	142
ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В ОРГАНОГЕННЫХ ИЗВЕСТНЯКАХ ДЕМКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	147
СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПОУРАЛЬЯ В ПРЕДЕЛАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	151
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОЛЕЙ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ И ИХ ПАРАМЕТРОВ В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ФРОНТАЛЬНОЙ ЗОНЫ	155
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	159
ДЕТЕРМИНАНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	165
ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНА ВЬЕТНАМА: ДЕЛЬТА КРАСНОЙ РЕКИ	169

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ В ФОРСТЕРИТНОРМАТИВНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ В СВЯЗИ С СУЩЕСТВОВАНИЕМ "ЭКЛОГИТОВОГО БАРЬЕРА"	173
МЕТАЛЛ-СУЛЬФИДНО-СИЛИКАТНЫЙ РАСПЛАВ КАК ВОЗМОЖНЫЙ РАСТВОРИТЕЛЬ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ	181
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОГО ХРОМИСТОГО ГРАНАТА В СИСТЕМЕ СЕРПЕНТИН-ХРОМИТ- CaO	184

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.147>

Чан Тхань Шон¹, Нгуен Хыу Вьет², Чан Мань Хунг³

¹ORCID: 0000-0002-0733-2660, ^{1,2,3}аспирант кафедры инженерной геодезии

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНА ВЬЕТНАМА:
ДЕЛЬТА КРАСНОЙ РЕКИ**

Аннотация

Настоящая обзорная статья посвящена актуальности применения спутниковых технологий при создании опорной геодезической сети, которая является важным дополнением к традиционным методам создания наземных сетей. Спутниковое оборудование более экономически эффективно и обеспечивает высокую точность. Дополнительным положительным фактором использования спутниковых технологий в районе дельты Красной реки является то, что создание инженерных геодезических сетей традиционным способом с применением тахеометров или теодолитов возможно только при наличии в непосредственной близости и открытой местности пунктов государственной геодезической сети (ГГС).

Ключевые слова: Геодезические сети, спутниковые технологии, GPS.

Tran Thanh Son¹, Nguyen Huu Viet², Tran Manh Hung²

¹ORCID: 0000-0002-0733-2660, ^{1,2,3}postgraduate student of the Department of Engineering Geodesy

St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF SATELLITE TECHNOLOGIES IN DESIGNING OF ENGINEERING GEODESIC
NETWORKS IN CONDITIONS OF LANDSCAPE FEATURES OF THE VIETNAM REGION: DELTA OF THE
RED RIVER**

Abstract

This review is devoted to the relevance of the use of satellite technology in the creation of a reference geodetic network, which is an important addition to the traditional methods of creating terrestrial networks. Satellite equipment is more cost-effective and provides high accuracy. An additional positive factor in the use of satellite technologies in the area of the Red River Delta is that the creation of engineering geodetic networks in the traditional way with the use of tacheometers or theodolites is possible only if there are points of the state geodetic network (SGN) in the immediate vicinity and open area.

Keywords: geodetic networks, satellite technologies, GPS.

В настоящее время технологии спутникового позиционирования активно внедряются в разнообразном делопроизводстве, связанном с определением координат. Вместе с тем применение этой технологии для инженерных нужд требует тщательного изучения конкретных обстоятельств. Так, при наличии пунктов государственной геодезической сети (ГГС) в непосредственной близости и открытой местности, создание инженерных геодезических сетей эффективно традиционным способом с применением тахеометров или теодолитов. В то же время при отсутствии вблизи пунктов ГГС вполне целесообразно применение технологии спутникового позиционирования.

Космическая геодезия, как прикладная наука стала формироваться в начале 1980-х г., когда были разработаны спутниковые радиоуправляемые навигационные системы (СРНС), такие, как GPS NAVSTAR (разработчик США) и ГЛОНАСС (СССР). Результаты практических геодезических измерений при помощи СРНС были более точны по сравнению методами традиционной геодезии [1].

Несмотря на то, что спутниковая геодезия, как наука стала формироваться сравнительно недавно, тем не менее, за этот тридцатилетний период, степень проработанности данного вопроса подтверждается многочисленными трудами российских и зарубежных ученых. Особый вклад в развитие внесли Антонович К.М., который впервые систематизировал методы ГНСС измерений, а также способы учета различных видов ошибок, возникающих при определении тропосферной и ионосферной задержки, им были разработаны технологии построения локальных геодезических сетей с применением ГНСС с требуемым уровнем их качества применительно к условиям России [2]. В трудах Е.Б. Ключина, А.О. Куприянова и др. предложены рекомендации по созданию единых алгоритмов компьютерных программ для обработки результатов измерений при помощи ГНСС для повышения точности геодезических измерений [3]. Из зарубежных изданий, наиболее полным можно выделить монографию К. Одуана и Б. Гино в котором описаны физико-технические основы и алгоритмы глобальной навигационной системы GPS [4].

Тем не менее, не смотря на достаточную проработанность спутниковых космических технологий в геодезии, все еще остро стоит вопрос о развитии (сгущении) ГГС для обеспечения строительства городов и поселков, особенно в сложных ландшафтных условиях.

Во Вьетнаме территория дельты Красной реки отличается сложной ландшафтной структурой, в связи с этим актуальной представляется задача обоснования применения технологии спутникового позиционирования для сгущения ГГС и обеспечения геодезической основой при строительстве.

Дельта Красной реки (Хонгха) является главным культурным и историческим центром Вьетнама. В этом районе площадью более 15 000 квадратных километров население занимается земледелием на богатых аллювиальных равнинах в течение тысяч лет. Еще в X столетии в дельте Красной реки возникло первое независимое государство, для орошения возделываемых полей, население которого использовало ирригационные способы.

В связи экстенсивной обработкой в данном районе, сеть каналов перемежаются с рисовыми полями. Характерной особенностью антропогенного воздействия на ландшафт дельты, оказывают дамбы, которые были построены для защиты возделываемых угодий от наводнения. Это связано с тем, что район по-прежнему в достаточной мере

подвержен наводнениям, так как многие части дельты находятся на высоте менее трех метров над уровнем моря [5]. За многие века для предотвращения наводнений вдоль речных берегов дельты было возведено около 3000 км дамб.

Очевидно, что, за многовековой опыт ирригационных мероприятий и строительства дамб при топографических работах в дельте Красной реки широко использовались инженерные геодезические приборы, которые с течением времени совершенствовались от простейших приспособлений до современного оборудования. Тем не менее учитывая ландшафтные условия Вьетнама и в частности, территорию дельты Красной реки, являющейся охраняемым биорезерватом, на сегодняшний день в стране не хватает опорной сети сгущения для обеспечения строительства объектов различной направленности и поддержания имеющейся инфраструктуры. Условия при этом чрезвычайно разнообразны. В этой связи актуальной представляется задача обоснования применения технологии спутникового позиционирования для сгущения ГГС и обеспечения геодезической основы при строительстве.

Применение спутниковых технологий при создании опорной геодезической сети является важным дополнением к традиционным методам создания наземных сетей, тем более, что спутниковое оборудование более экономически эффективно и обеспечивает высокую точность. Дополнительным аспектом использования спутниковых технологий в районе дельты Красной реки является то, что создание инженерных геодезических сетей традиционным способом с применением тахеометров или теодолитов возможно только при наличии в непосредственной близости и открытой местности пунктов государственной геодезической сети (ГГС), что проблематично организовать в условиях экономических и территориальных факторов исследуемого района.

Во Вьетнаме существует опыт создания геодезических опорных сетей при строительстве, инженерных изысканиях и других работах. Поэтому при проектировании инженерных геодезических сетей с использованием спутниковых технологий в районе дельты Красной реки необходимо опираться на имеющийся опыт прикладных исследований в данном направлении [6].

Для разработки рекомендации по применению конкретных спутниковых технологий в создании инженерных геодезических сетей во Вьетнаме (район дельта Красной реки), необходимо сделать анализ технологий методов и методик, применяемых в космической геодезии.

В настоящее время на околоземной орбите функционирует 3 спутниковые радионавигационные системы. Это, вышеперечисленные NAVSTAR GPS и ГЛОНАСС, а также проектируемая спутниковая навигационная система Галилео (Galileo), являющейся европейским аналогом. Китай и Индия также заявляют о создании своих спутниковых радионавигационных системах COMPASS и IRNSS, которые в будущем будут обеспечивать определение географических координат в стране и на соседних территориях. Китайская система COMPASS уже запустила пилотный проект по созданию СРНС в количестве 3 спутников. Основные характеристики ГЛОНАСС, GPS и GALILEO представлены в табл. 1 [7].

Таблица 1– Основные характеристики СРНС

СРНС	Число ИСЗ	Число орбитальных плоскостей	Число ИСЗ в орбитальной плоскости	Высота орбит, км	Наклонение орбит, град.	Система координат
ГЛОНАСС	24	3	8	19100	64,8	ПЗ-90
GPS	24	6	4	20145	55	WGS-84
GALILEO	27	3	9	23200	56	-

На рисунке 1 представлена диаграмма распределение ИСЗ по орбитальным плоскостям.

Основные характеристики СРНС

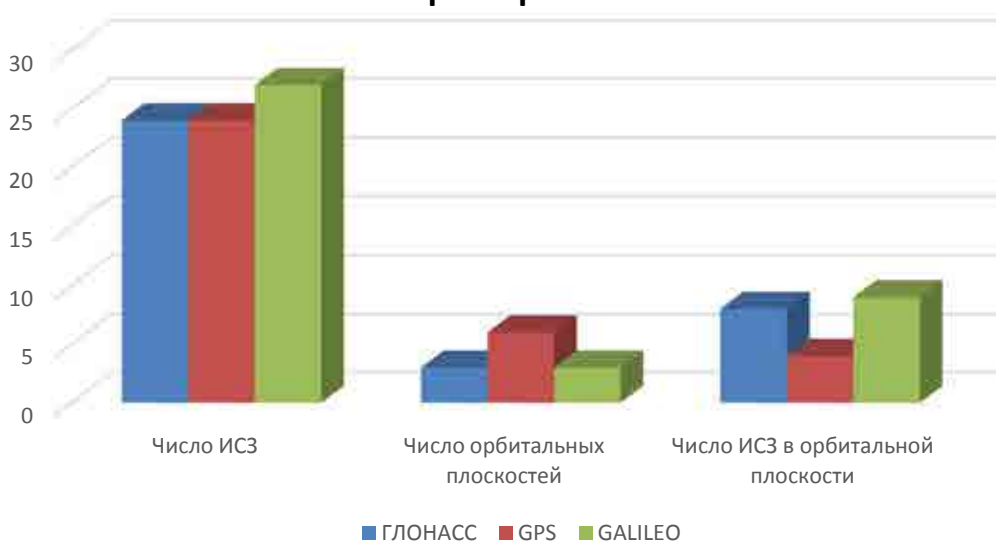


Рис. 1 – Диаграмма распределение ИСЗ по орбитальным плоскостям

Основное требование при спутниковых геодезических замерах - это точность и время измерений в каждой точке. Выполнения данного требования напрямую зависит таких переменных как:

- количество видимых спутников;
- схемы распространения спутников.

Несомненно, что эти факторы являются функцией от времени и местонахождения пунктов наблюдения.

Опорная геодезическая сеть, создаваемая в дельте Красной реки, должна соответствовать основным требованиям, перечисленным в табл. 2 [8].

Таблица 2 – Основные требования при создании опорной геодезической сети

Класс сети	Высота спутника, градусы	Число видимых спутников	Время наблюдений, мин	Частота регистрации фазы, сек
I	≥ 15	≥ 6	≥ 120	10-60
II	≥ 15	≥ 6	≥ 90	10-60
III	≥ 15	≥ 6	≥ 60	10-60

При измерениях необходимо определить высоту антенны с точностью до 1 мм. До окончания измерений нужно измерить высоту антенны повторно, разность в высотах между двумя измерениями не должна превышать 2 мм.

В статье, объектом примера создания геодезической сети была выбрана территория Вьетнамского национального университета (Vietnam National University) и технопарка «Хоа-Лак» (Hoa Lac Hi-tech Park), расположенного в г. Ханой в дельте Красной реки (координаты 20.9981°N 105.5422°E). Сеть «ХоаЛак» - проект Японии и Вьетнама (Министерство науки и техники, представители работодателя: высокие технологии Хоа Лак). Работы начались в 2012 г. Подрядчик: ЗАО ENGINEERING CONSULTANTS JSC. Цель работ построение топографических карт масштаба 1/500 для строительства технопарка. Объект расположен в горном районе на западе города. В этом месте расположены юго-восточные отроги горной цепи Тамдао высотой от 20 до 400 м. с высшей точкой Тянтим с высотой, достигающей 462 м. Наиболее явной климатической особенностью объекта являются смена трех ежегодных сезонов, которые делятся на сезон гроз, сезон спада температуры и дождей и зимний сезон с малым количеством дождей. В сезон дождей (май - сентябрь) наибольшая температура приходится на июль (29-30°C), а наибольшее количество осадков – на август (320 мм). Зима длится с сентября по март (средняя температура 16°C). Март, апрель и октябрь считаются переходными месяцами между сезонами года [9].

Исходя из сложности и климатических и ландшафтных условий, возникают особые требования к проектированию и строительству зданий и сооружений изучаемого объекта а также к построению геодезической сетки. На рисунке 2 представлена спутниковая карта изучаемого объекта, на рисунке 3 карта того же объекта с наложенной геодезической сеткой, проведенной с помощью GPS технологий.

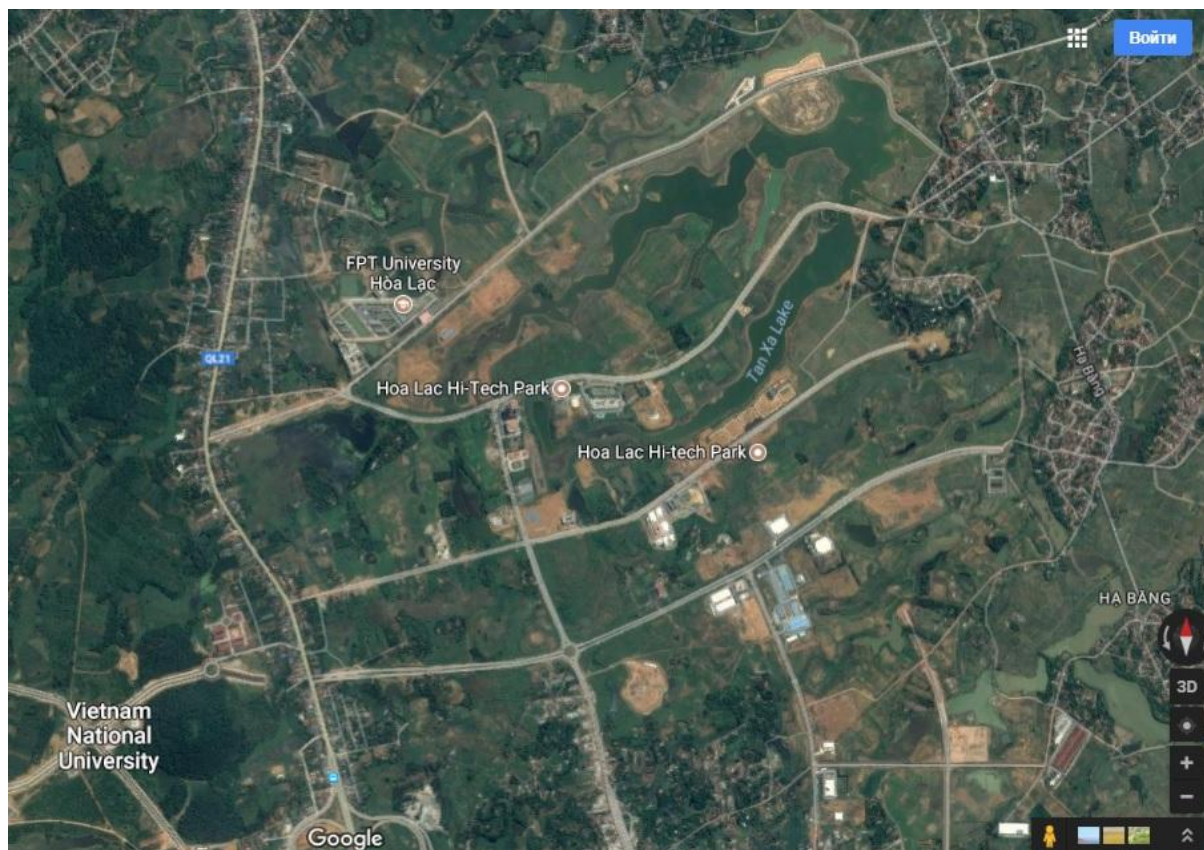


Рис. 2 – Спутниковая карта изучаемого объекта

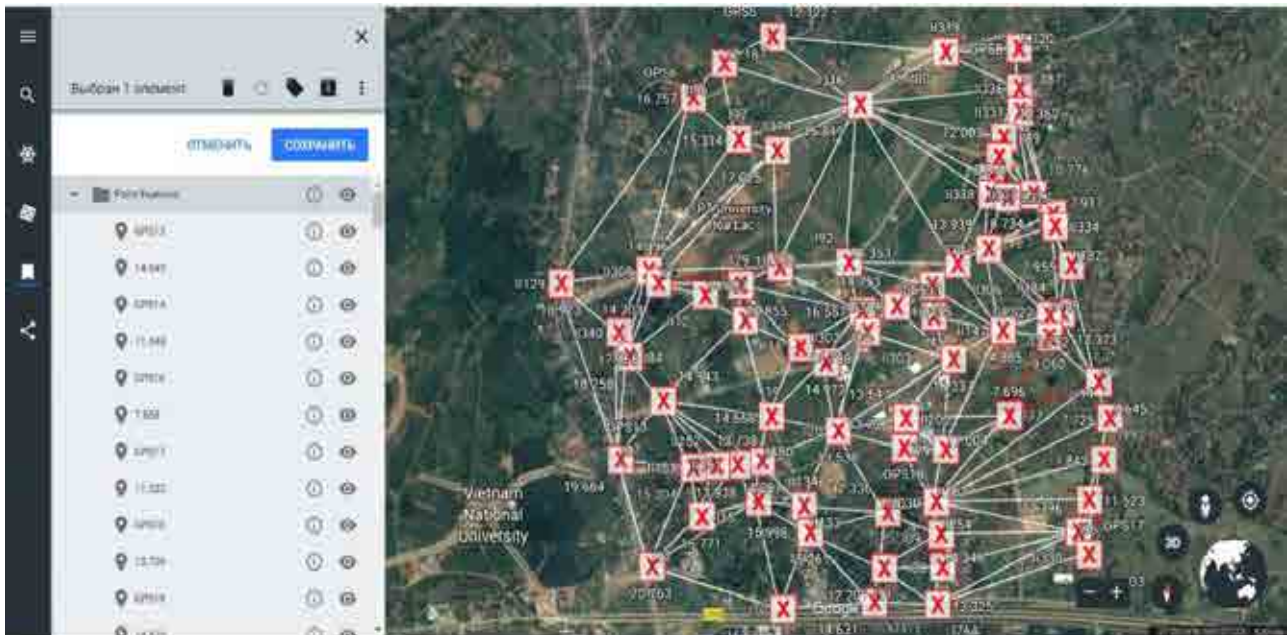


Рис. 3 – Спутниковая карта изучаемого объекта с наложенной геодезической сеткой, проведенной с помощью GPS технологий

Важным этапом создания геодезических сетей является их уравнивание, т.е. получение однозначных результатов, не смотря на возможные погрешности измерений, которые могут быть исправлены в ходе обработки так, чтобы точность всех величин не понизилась, а наоборот, стала выше. Эта задача может решаться методом наименьших квадратов (МНК) [10, 11]. Но при построении сети сгущения при помощи ГНСС в сложных ландшафтных условиях исследуемого объекта и при отсутствии или минимизации ГГС в дельте Красной реки, решающим фактором в выборе метода уравнивания геодезических сетей может стать комбинированный метод поиска экстремума функции (соединение поискового и градиентного методов). Это возможно при использовании традиционного тахеометрического способа и технологий GPS, что позволит максимально использовать имеющийся геодезический потенциал ГГС Вьетнама с одновременным привлечением зарубежных космических спутниковых технологий.

Применение спутниковых технологий для этой области также требует обоснования по точности геодезической основы.

Список литературы / References

1. Кузнецов. А.А. На берегах Меконга и Красной. Вьетнамские картинки. Равнины Кампучии. / А.А. Кузнецов . – М. : Мысль, 1988. 125 с.
2. Tong cuc dia chinh. Bao cao xay dung he quy chieu va he toa do quoc gia / Bo Tai nguyen va moi trung. – Ha noi, 1998. 187p.
3. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии (Т 1). / К.М. Антонович. – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 280 с.
4. Антонович, К.М. Тенденции в развитии ГНСС технологий [текст] / К.М. Антонович. // ГЕО-Сибирь-2006. Т. 1, ч. 2, Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия: Сб. Материалов международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2006», 24-28 апреля 2006 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С. 44-49.
5. Ключин Е.Б. Спутниковые методы измерений в геодезии. (Часть 1). / Е.Б. Ключин, А.О. Куприянов, В.В. Шлапак. - М.: Изд. МИИГАиК. УПП «Репрография»: Учебное пособие, 2006. – 60 с.
6. Одуан К. Измерение времени. / К. Одуан, Б. Гино. - М: Техносфера: Основы GPS, 2002. – 400 с.
7. http://geodesy.ru/books/book/1/part/87#p_325_tab_info
8. TCXDVN 364: 2006. Ky thuat do va xu ly so lieu GPS trong trac dia cong tinh. - 2006-02-28. - Ha noi, 2006/ - 38p.
9. Le Thong. VIET NAM – cac tinh va thanh pho. / Le Thong, Nguyen Minh Tue, Le Huynh nnk // NXBGD. - 2010. P. 14-34.
10. Маркузе Ю.И. Теория математической обработки геодезических измерений. / Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев. – М.: Академический проект: Альма Матер: Учебное пособие для вузов, 2010. –247 с.
11. Машимов М. М. Уравнивание геодезических сетей. / М. М. Машимов. //– М.: Недра. -1979. - С. 21–52.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kuznecov. A.A. Na beregah Mekonga i Krasnoj. V'etnamskie kartinki. Ravniny Kampuchii [On the banks of the Mekong and the Red. Vietnamese pictures. The ravines of Kampuchea] / A.A. Kuznecov. – М.: Mysl', 1988. 125 p. [in Russian]
2. Tong cuc dia chinh. Bao cao xay dung he quy chieu va he toa do quoc gia / Bo Tai nguyen va moi trung. – Ha noi, 1998. 187 p.
3. Antonovich K.M. Ispol'zovanie sputnikovyh radionavigacionnyh sistem v geodezii (T 1) [Use of satellite radio navigation systems in geodesy (T 1)]. / К.М. Antonovich. – М.: FGUP «Kartgeocentr», 2005. 280 p. [in Russian]
4. Antonovich K.M. Tendencii v razvitii GNSS tehnologij [tekst] [Tendencies in the development of GNSS technologies [text]] / К.М. Antonovich // GEO-Sibir'-2006. Т. 1, ch. 2, Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija: Sb. Materialov mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa «GEO-Sibir'-2006», 24-28 aprelja 2006 g., Novosibirsk [GEO-Siberia-

2006. T.1, part 2, Geodesy, geoinformatics, cartography, surveying: Sat. Materials of the International Scientific Congress "GEO-Siberia-2006", April 24-28, 2006, Novosibirsk]. – Novosibirsk: SGGA, 2006. – P. 44-49. [in Russian]
5. Kljushin E.B. Sputnikovye metody izmerenij v geodezii. (Chast' 1). Uchebnoe posobie [Satellite methods of measurements in geodesy. (Part 1). Textbook] / E.B. Kljushin, A.O. Kuprijanov, V.V. Shlapak. – M.: Izd. MIIGAiK. UPP «Reprografija», 2006. – 60 p. [in Russian]
6. Oduan K. Izmerenie vremeni [The measurement of time] / K. Oduan, B. Gino. – M: Tehnosfera: Osnovy GPS, 2002. – 400 p. [in Russian]
7. http://geodesy.ru/books/book/1/part/87#p_325_tab_info
8. TCXDVN 364: 2006. Ky thuat do va xu ly so lieu GPS trong trac dia cong trinh. – 2006-02-28. – Ha noi, 2006/ – 38p.
9. Le Thong. VIET NAM – cac tinh va thanh pho. / Le Thong, Nguyen Minh Tue, Le Huynh nnk // NXBGD. – 2010. P. 14-34.
10. Markuze Ju.I. Teorija matematicheskoy obrabotki geodezicheskikh izmerenij: Uchebnoe posobie dlja vuzov [Theory of mathematical processing of geodetic measurements: Textbook for high schools] / Ju.I Markuze, V.V. Golubev. – M.: Akademicheskij proekt: Al'ma Mater, 2010. –247 p. [in Russian]
11. Mashimov M.M. Uravnivanie geodezicheskikh setej [Equalization of geodetic networks] / M.M. Mashimov. – M.: Nedra. – 1979. – P. 21-52. [in Russian]

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.048>

Банушкина С.В.¹, Гартвич Ю.Г.², Голицына З.Ф.³, Сурков Н. В.⁴

¹ORCID: 0000-0002-5676-2851, аспирант,

²ORCID: 0000-0002-1018-2587, кандидат геолого-минералогических наук,

³ORCID: 0000-0002-3222-9139, аспирант,

⁴ORCID: 0000-0003-0126-860X, кандидат геолого-минералогических наук

Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ В ФОРСТЕРИТНОРМАТИВНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ В СВЯЗИ С СУЩЕСТВОВАНИЕМ "ЭКЛОГИТОВОГО БАРЬЕРА"

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование ликвидусных фазовых взаимоотношений в форстеритноормативной области фазовой диаграммы системы CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ в области давления 2,5-3,0 ГПа. Установлено существование двух перитектических реакций плавления $Opx+Fo+L=Cpx+Ga$ и $Opx+L=Cpx+Ga$ и одной эвтектической реакции $L=Cpx+Opx+Ga+Fo$. Показано, что при давлении 2,5-2,6 ГПа и температуре 1500 °C существует невариантное равновесие (L, Cpx, Opx, Ga, Fo), в точке существования которого состав жидкости находится в плоскости $Mg_2Si_2O_6-Al_2O_3-Ca_2Si_2O_6$. Из точки этого невариантного равновесия в сторону высоких давлений выходит луч реакции $L=Cpx+Opx+Ga+Fo$, в сторону высоких температур и высоких давлений луч реакции $Opx+L=Cpx+Ga$, а в сторону низких давлений луч реакции $Opx+Fo+L=Cpx+Ga$. Показано, что сингулярное невариантное равновесие (L, Cpx, Opx, Ga, Fo) является моделью "эклогитового барьера", которое обсуждалось в работах В.А. Жарикова и В.С. Соболева в связи с проблемой эволюции состава первичных ультраосновных магм до гранитных расплавов.

Ключевые слова: магматизм, фазовая диаграмма, невариантное равновесие, экспериментальное исследование, высокие давления.

Banushkina S.V.¹, Gartvich Yu.G.², Golitsyna Z.F.³, Surkov N. V.⁴

¹ORCID: 0000-0002-5676-2851, Postgraduate Student,

²ORCID: 0000-0002-1018-2587, PhD in Geology and Mineralogy,

³ORCID: 0000-0002-3222-9139, Postgraduate Student,

⁴ORCID: 0000-0003-0126-860X, PhD in Geology and Mineralogy

Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk

EXPERIMENTAL STUDY OF MELTING IN THE FORSTERITE NORMATIVE PART OF THE CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ SYSTEM IN CONNECTION WITH THE EXISTENCE OF THE "ECOLOGITE BARRIER"

Abstract

We conducted experimental study of the liquidus phase relationships in the forsterite-normative region of the phase diagram of the CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ system in the pressure range of 2.5-3.0 GPa. The existence of two peritectic melting reactions $Opx+Fo+L=Cpx+Ga$ and $Opx+L=Cpx+Ga$ and one eutectic reaction $L=Cpx+Opx+Ga+Fo$ is established. It is shown that at the pressure of 2.5-2.6 GPa and temperature of 1500 °C, there is a non-variant equilibrium (L, Cpx, Opx, Ga, Fo). At the point of its existence, the liquid composition is in the $Mg_2Si_2O_6-Al_2O_3-Ca_2Si_2O_6$ plane. From the point of view of this non-variant equilibrium, the reaction beam is $L = Cpx + Opx + Ga + Fo$ in the direction of high temperatures and high pressures, while the reaction beam $Opx + L = Cpx + Ga$ leaves the point of this non-invariant equilibrium towards high pressures. The reaction beam in the direction of low pressures is $Opx + Fo + L = Cpx + Ga$. It is shown that the singular non-variant equilibrium (L, Cpx, Opx, Ga, Fo) is a model of the "eclogite barrier," which was discussed in the works of V.A. Zharikov and V.S. Sobolev in connection with the problem of the composition of primary ultra-basic magmas evolution to granite melts.

Keywords: magmatism, phase diagram, non-invariant equilibrium, experimental investigation, high pressures.