

*В. А. Ащеулов<sup>1\*</sup>, А. В. Елагин<sup>1</sup>, Л. А. Липатников<sup>1</sup>, Н. К. Шендрик<sup>1</sup>*

## **Роль НИЛ космической геодезии в подготовке научных кадров**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\* e-mail: aceulov@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена история создания научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) космической геодезии кафедры астрономии и гравиметрии НИИГАиК (СГГА, СГУГиТ). Приведен перечень основных работ и конечных результатов, полученных сотрудниками НИЛ космической геодезии. На конкретных примерах защит кандидатских диссертаций показана роль НИЛ в подготовке научных кадров в области космической геодезии.

**Ключевые слова:** научно-исследовательская лаборатория, космическая геодезия, подготовка научных кадров

*V. A. Ascheulov<sup>1\*</sup>, A. V. Elagin<sup>1</sup>, L. A. Lipatnikov<sup>1</sup>, N. K. Shendrik<sup>1</sup>*

## **The role of the NIL space geodesy in the training of scientific personnel**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk,  
Russian Federation  
\* e-mail: aceulov@mail.ru

**Abstract.** The history of the creation of the Scientific Research Laboratory (NIL) of space Geodesy of the Department of Astronomy and Gravimetry of NIIGAiK (SGGA, SGUGiT) is considered. The list of the main works and final results obtained by the employees of the NIL space geodesy is given. The role of the NIL in the training of scientific personnel in the field of space geodesy is shown on specific examples of the preparation of candidate theses.

**Keywords.** research laboratory, space geodesy, training of scientific personnel

До 70-х годов прошлого века основным методом передачи координат и связи разрозненных по материкам систем координат являлся геометрический метод спутниковой геодезии, основанный на синхронных фотографических наблюдениях искусственных спутников Земли (ИСЗ) с разнесёнными на большое расстояние наземных станциях. Но уже к началу 70-х годов появилось осознание того, что геометрический метод себя исчерпал и следует переходить к решению задачи передачи координат на удалённое расстояние, используя ИСЗ в качестве носителя координат. Такой способ передачи координат получил название «орбитальный метод» и он представлял собой частный случай более общего метода, получившего название «динамический метод». Динамический метод на основании изменений параметров орбиты спутников в процессе их полета был предназначен для решения комплекса задач по уточнению модели гравитационного поля Земли, определения координат наземных пунктов в единой системе координат, а также уточнения множества других параметров, используемых для ре-

шения геодезических задач. Развитие динамического метода требовало совершенствования модели движения ИСЗ и методов решения дифференциальных уравнений возмущенного движения спутников.

Пионером освоения этого нового научного направления в нашем вузе стал Юрий Венедиктович Сурнин, защитивший кандидатскую диссертацию в области спутниковой геодезии в 1970 году (рис. 1).



Рис. 1. Юрий Венедиктович Сурнин

В СССР исследованиями по применению орбитального метода к этому времени начали заниматься несколько научных коллективов, в том числе, и по закрытой тематике. Например, практическим результатом таких исследований стало введение в эксплуатацию в СССР в 1979 году спутниковой радионавигационной системы первого поколения ЦИКАДА. Загоревшись идеей исследования и практического применения орбитального метода, Ю. В. Сурнин осознавал, что составить конкуренцию уже работающим в этом направлении организациям можно только научным коллективом единомышленников.

В 1973 году, в результате проведенных по инициативе бывшего ректора НИИГАиК Константина Леонтьевича Проворова переговоров с руководством ЦНИИГАиК, с этой головной научной организацией ГУГК при СМ СССР был заключен договор по теме 124-73 «Исследование точности определения координат наземных пунктов орбитальным методом». Для выполнения работ по этой теме в НИИГАиК под руководством Ю. В. Сурнина была создана межкафедральная научно-исследовательская лаборатория [1]. Основной штат лаборатории составили ученики Ю.В. Сурнина: выпускники НИИГАиК - В. А. Ащеулов и Ю. В. Дементьев, дипломник - А. М. Токарев, а также студенты 4-го курса - С. В. Кузелев и Н. Н. Егоров (рис. 2).



Рис. 2. НИЛ космической геодезии - 1973 г. Первый ряд: В.А.Ащеулов, Ю.В. Сурнин, Н.Н.Егоров. Второй ряд: С.В.Кужелев, Ю.В.Дементьев, А.М.Токарев

В соответствии с техническим заданием по теме 124-73 Ю. В. Сурниным был разработан алгоритм реализации поставленной задачи, разбитый на блоки, получивших следующие названия: блоки СТАРТ (ввод и переработка информации о космическом пространстве, спутнике и станциях наблюдения) и ИНФОР (ввод и переработка измерительной информации) - исполнитель Ю. В. Дементьев, блоки СИНОР (составление параметрических уравнений поправок и формирование матрицы нормальных уравнений, выбраковка наблюдений) и ДИОР (дифференциальное уточнение элементов орбиты, оценка точности, проверка условия сходимости процесса уточнения орбиты, печать результатов вычисления) - исполнитель В. А. Ащеулов, блок ЧИНОР (вычисление оскулирующих элементов орбиты на заданные моменты времени путем численного интегрирования дифференциальных уравнений возмущенного движения спутников) - исполнитель А. М. Токарев. Отметим, что в техническом задании по теме 124-73 ЦНИИГАиК упустил конечную цель орбитального метода - передачу координат со спутников на наземные станции наблюдения, поэтому разрабатываемая программа, по сути, была программой прогнозирования и дифференциального уточнения элементов орбиты спутников. В качестве языка программирования был выбран Одра-АЛГОЛ, отладка программы выполнялась на ЭВМ Одра-1204, установленной в вычислительном центре НИИГАиК.

Из-за наличия тригонометрических функций в дифференциальных уравнениях возмущенного движения спутников возникали особенности для некоторых типов орбит, программа медленно считала. В первую очередь необходимо было

избавиться от особенностей при численном интегрировании дифференциальных уравнений движения спутников. С этой целью Ю. В. Сурниным были сформулированы принципы перехода от кеплеровых элементов орбиты к элементам, позволяющим исключить эти особенности. На основе этих принципов была разработана система элементов орбиты, получивших название «регулярных элементов». В результате, отладка, как отдельных блоков, так и программы в целом, была успешно завершена и передана заказчику, при этом, разработанная в лаборатории космической геодезии НИИГАиК, вычислительная программа получила название ОРБИТА-74 [2].

Характерными особенностями программы ОРБИТА-74 являлись [1]:

1. При прогнозировании движения ИСЗ учитывались все значимые на то время факторы, возмущающие орбиту: гравитационное поле Земли в форме разложения в ряд по сферическим функциям, притяжение Луной и Солнцем, торможение спутника атмосферой Земли, прямое и отраженное от Земли давление солнечного света, тепловое давление Земли.

2. Для решения дифференциальных уравнений возмущенного движения спутников, в отличие от популярных в то время в СССР и в других странах аналитических методов, был применен численный метод Булирша - Штёра. Применение численного метода позволяло гибко настраивать программу на различные варианты её применения по точности. Использование регулярных элементов орбиты позволяло обрабатывать различные типы орбит и делало численный процесс более устойчивым к накоплению погрешностей машинных вычислений.

3. В программу было заложено использование всех известных на то время видов измерительной информации: фотографических наблюдений, лазерных и радиотехнических измерений топоцентрических расстояний спутников, доплеровских измерений радиальной скорости.

Проверка программы ОРБИТА-74 на реальных лазерных и фотографических наблюдениях геодезических ИСЗ ГЕОС-А и ГЕОС-Б показала, что по точности она не уступает известным на то время аналогичным программам. Поэтому руководством Астрономического Совета АН СССР (Астросовет) было сделано предложение Ю. В. Сурнину о сотрудничестве в рамках международного проекта ISAGEX для решения задачи определения координат станции слежения Астросовета, расположенной на острове Кергелен в южной части Индийского океана. Широко применяемым в то время для передачи координат геометрическим методом эту задачу не удавалось решить, так как из-за больших расстояний (несколько тысяч километров над поверхностью океанов) не удавалось создать приемлемое количество синхронных пар. Ответственными исполнителями для решения этой задачи были назначены со стороны НИИГАиК – с.н.с. лаборатории космической геодезии В. А. Ащеулов, со стороны Астросовета – аспирант О. М. Булыгина.

Работа по определению координат станции Кергелен в рамках проекта ISAGEX была выполнена в марте-апреле 1976 года. Для уточнения орбит спутников ГЕОС-А и МИДАС-4 и прогнозирования уточненных элементов орбиты на моменты наблюдений  $t_i$  этих спутников с определяемой станции на о. Керге-

лен была использована модификация вычислительной программы НИИГАиК под названием ОРБИТА-75, в которой язык программирования ОДРА-Алгол был заменен на язык Алгол для использования на ЭВМ М-220, установленной на Звенигородской научной базе Астросовета. Заключительный этап определения координат станции Кергелен по фотографическим наблюдениям спутников ГЕОС-А и МИДАС-4 выполнялся с помощью последнего блока вычислительной программы, разработанной в Астросовете. Для определения координат станции Кергелен было использовано 73 фотографических наблюдений спутников ГЕОС-А и Мидас-4, выполненных в семь дат. Точность определения координат в зависимости от различной комбинации измерений колебалась от 23 до 37 метров. Сравнение полученных координат станции Кергелен с координатами, полученными другими участниками проекта ISAGEX, показало, что программа ОРБИТА-75 не уступает по точности программам, разработанным этими участниками.

После завершения проекта ISAGEX научное сотрудничество с Астросоветом плодотворно развивалось. Астрономический совет АН СССР выполнял роль координатора научных исследований в области космической геодезии, выполняемых по линии международной организации ИНТЕРКОСМОС. В рамках этой международной организации ежегодно проводились, как международные, так и всесоюзные, научные конференции, на которые стали приглашаться сотрудники НИЛ космической геодезии НИИГАиК. Это позволило коллективу Ю. В. Сурнина быть в курсе новых научных разработок в области космической геодезии, информировать научную общественность о своих достижениях, публиковаться в сборниках научных докладов этих конференций. Эпизодически от Астросовета поступали заказы на выполнение научных исследований. В 1978 году поступил заказ на определение орбит геостационарных ИСЗ (ГИСЗ) по фотографическим наблюдениям и отождествления таких спутников по наблюдениям, разделенным большим, до нескольких лет, интервалом времени. Для решения этой задачи под руководством Ю. В. Сурнина был разработан специальный комплекс программ ОРБИТА ГИСЗ [1].

В 1978 году для орбитальной группы от Астросовета поступил также заказ на определение координат ещё одной удаленной станции Астросовета, расположенной вблизи г. Сантьяго-де-Куба. Ответственным исполнителем от орбитальной группы по решению этой задачи был назначен В. А. Ащеулов. Им был разработан блок ОКС (определение координат наземной станции по наблюдениям спутников, положения которых на орбите на моменты наблюдений считаются известными), который был добавлен к программе ОРБИТА-75 [3]. Таким образом, этот комплекс программ получил логическое завершение и в полной мере реализовал орбитальный метод спутниковой геодезии. Эта версия программного комплекса получила название ОРБИТА-77. В течение марта 1979 года работа по определению координат станции Сантьяго-де-Куба по программе ОРБИТА-77 по фотографическим наблюдениям спутников ГЕОС-А и МИДАС-4 была выполнена. Всего было использовано 52 наблюдения, распределенных по 4 прохождениям. При удовлетворительной геометрии наблюдений координаты станции были получены со средней квадратической ошибкой, равной 31 метру.

К началу 80-х годов руководитель орбитальной группы и её сотрудники заметно выросли в научном отношении и готовы были к выполнению научных исследований для комплексного решения геодезических задач в рамках динамического метода космической геодезии. И это было бы вполне возможно в рамках научной кооперации с ЦНИИГАиК, однако руководство этой головной научной организации ГУГК при СМ СССР, к сожалению, взяло курс на сворачивание и, в конечном итоге, прекращение сотрудничества с НИИГАиК. Сотрудничество с Астросоветом продолжалось, но ограниченные финансовые возможности этой организации не позволяли вывести это сотрудничество на масштабный уровень.

Поэтому в поисках новых научных партнеров Ю. В. Сурнин вышел на Научно-производственное объединение прикладной механики (НПО ПМ), в настоящее время оно носит название ООО ИСС имени академика М. Ф. Решетнёва. Сотрудничество с этой организацией, являющейся головным разработчиком отечественной системы глобального позиционирования второго поколения ГЛОНАСС продолжалось с 1979 по 1995 год [1]. Началось оно с перевода программы ОРБИТА-77 с языка программирования АЛГОЛ на язык программирования ФОРТРАН, который использовался в НПО ПМ. Передачу программы ОРБИТА на языке ФОРТРАН на ЭВМ М-220 НПО ПМ в г. Железногорске выполнили осенью 1979 г. Ю. В. Сурнин, В. А. Ащеулов и С. В. Кужелев. Далее сотрудничество с НПО ПМ развивалось по нарастающей.

Положительным моментом в научном сотрудничестве с НПО ПМ было то, что в отличие от ЦНИИГАиК, геодезический отдел НПО ПМ был заинтересован в исследованиях в области динамического метода космической геодезии, что было главной задачей Ю. В. Сурнина, как руководителя научного коллектива. Это совпадение интересов и предопределило содержание следующего технического задания от НПО ПМ на разработку комплекса программ, который, кроме определения и прогнозирования орбит космических аппаратов ГЛОНАСС и уточнения координат наземных станций слежения, решал весь спектр задач динамического метода космической геодезии. При этом набор измерительной информации включал в себя – лазерные и радиотехнические дальности и псевдодальности, радиальные скорости, а также топоцентрические направления на спутник. Объёмы работ, сжатые сроки их выполнения требовали расширение штата научно-исследовательской лаборатории космической геодезии, тем более что финансирование научно-исследовательских работ со стороны НПО ПМ позволяло это сделать.

К работе по разработке этого комплекса программ, кроме Ю. В. Сурнина, С. В. Кужелева, В. А. Ащеулова и Н. К. Шендрика, перешедшего на работу в НИЛ из спутниковой партии АГП №8, были привлечены очередные ученики Юрия Венедиктовича — А. В. Елагин и Е. М. Михайлович. Итогом работы этого научного коллектива стало создание комплекса программ, получившего название ОРБИТА-84. Испытание комплекса ОРБИТА-84 на модельных и реальных наблюдениях космических аппаратов ГНСС ГЛОНАСС показало, что по быстродействию, точности, составу оцениваемых параметров и составу измерений он превосходит комплекс программ, используемый в то время НПО ПМ. В результате комплекс ОРБИТА-84 был принят к использованию заказчиком, а блок прогно-

зирования движения спутников в дальнейшем был заложен в бортовую модель движения КА ГЛОНАСС-М [1].

Благодаря сотрудничеству с НПО ПМ Ю. В. Сурнину удалось также наладить сотрудничество с 29 НИИ и Баллистическим Центром Министерства обороны. По заказу этих организаций коллектив НИЛ космической геодезии выполнял определение координат станций, орбит спутников и параметров гравитационного поля Земли по наблюдениям спутников ЛАГЕОС, ЭТАЛОН и ГЛОНАСС. Кроме того, для Восточно-Сибирского филиала ВНИИФТРИ комплекс программ ОРБИТА-84 был адаптирован под обработку доплеровских наблюдений ГНСС ТРАНЗИТ. Помимо вышеназванных сотрудников НИЛ КГ в этих работах принимали участие научные сотрудники В. И. Дударев, М. М. Михайлин, Н. В. Осипков, А. В. Седаков, С. Ю. Масликов. Свой вклад в деятельность лаборатории вносил инженерный состав в лице Н. А. Дорофеевой, Т. Г. Жуковой, Е. А. Луговской и Н. В. Варновской (рис. 3).

Этот период деятельности НИЛ космической геодезии по праву можно считать периодом её расцвета. На смену её научным сотрудникам, защищавшим кандидатские диссертации и переходившим на преподавательскую работу, приходили очередные выпускники Юрия Венедиктовича. Таким образом, происходила естественная смена поколений.

Ю. В. Сурнина всегда отличала способность стратегически мыслить и понимание важности математической глубины научных исследований. К началу 80-х годов он стал одним из ведущих ученых нашей страны в области космической геодезии, а также методов прогнозирования движения спутников. Под его научным руководством в рамках выполнения научных исследований, выполняемых НИЛ космической геодезии, было подготовлено к середине 80-х годов несколько кандидатских диссертаций.

К сожалению, несмотря на свой высокий научный уровень, Юрий Венедиктович не имел формального права руководства аспирантами. В течение длительного времени складывалась следующая ситуация - под его фактическим руководством выполнялась научная работа, составляющая содержание кандидатских диссертаций, но для доведения её до защиты требовался научный руководитель, формально имеющий право руководства аспирантами. Помощь ученикам Юрия Венедиктовича пришла в лице доктора технических наук, профессора В. В. Бузука. Он работал тогда проректором по научной работе НИИГАиК, в период с 1979 по 1981 годы возглавлял кафедру астрономии и гравиметрии.

Первым учеником Ю. В. Сурнина, подготовившим диссертацию в 1979 году на соискание кандидата технических наук на тему «Определение координат пунктов земной поверхности орбитальным способом», стал В. А. Ащеулов. К этому времени в НИИГАиК был открыт специализированный совет по защите кандидатских диссертаций, председателем которого был назначен В.В.Бузук. И так сложились обстоятельства, что первой защитой кандидатской диссертации в новом специализированном совете в феврале 1980 год стала защита представителя НИЛ космической геодезии - В. А. Ащеулова.



Рис. 3. НИЛ КГ в 80-х годы. Первый ряд (сидят слева направо) – Т. Г. Жукова, Н. А. Дорофеева, Ю. В. Сурнин, Н. В. Варнавская. Второй ряд (слева направо) – В. А. Ащеулов, А. М. Токарев, Н. К. Шендрик, В. И. Дударев, А. В. Седаков. Третий ряд (слева направо) – С. В. Кужелев, Ю. В. Дементьев, А. В. Елагин.

По такой же схеме - подготовка содержания кандидатской диссертации под руководством Ю. В. Сурнина, а оформление работы и её защита под руководством В. В. Бузука, были защищены кандидатские диссертации следующих научных сотрудников НИЛ космической геодезии:

- 1983 год, С. В. Кужелев на тему «Разработка и исследование алгоритмов построения и оценки точности спутниковых траекторий в орбитальном методе космической геодезии»;

- 1984 год, Ю. В. Дементьев на тему «Разработка алгоритмов и исследование параллактического способа определения тангенциального ускорения для динамического метода спутниковой геодезии»;

- 1990 год, В. И. Дударев на тему «Исследование и разработка алгоритмов определения геодезических параметров орбитальным методом по результатам радиотехнических наблюдений космических аппаратов»;

- 1995 год, М. М. Михайлицин на тему «Определение трансформат возмущающего потенциала с применением циркулянтных матриц».

После защиты кандидатских диссертаций научные сотрудники НИЛ космической геодезии переходили на преподавательскую работу, усиливая научный потенциал кафедр. Например, В. А. Ащеулов, С. В. Кужелев и В. И. Дударев перешли на кафедру астрономии и гравиметрии, Ю. В. Дементьев - на кафедру высшей геодезии, М. М. Михайлицин - на кафедру вычислительной математики. Им на смену приходили очередные ученики Ю. В. Сурнина: А. В. Елагин, Н. В. Осипков, А. В. Седаков, С. Ю. Масликов, Е. М. Михайлович. Таким образом, сохранялась преемственность в работе НИЛ.

Непростые для нашей страны 90-е годы сказались и на деятельности НИЛ космической геодезии. В отсутствие постоянного финансирования штатные сотрудники лаборатории были вынуждены перейти на другую работу. Например, А. В. Елагин перешел на преподавательскую работу на кафедру высшей геодезии, Е. В. Михайлович — старшим преподавателем кафедры вычислительной математики, Н. К. Шендрик - заведующим лабораторией кафедры астрономии и гравиметрии, Т. Г. Жукова - методистом деканата заочного факультета. Но, как научное подразделение вуза, НИЛ космической геодезии продолжала свою деятельность.

Расширилась и тематика работ за счет привлечения к деятельности НИЛ преподавателей кафедры астрономии и гравиметрии ранее работавших на станции оптических наблюдений ИСЗ, которая к этому времени прекратила свою деятельность.

В основном, деятельность НИЛ космической геодезии во второй половине 90-х годов была направлена на практическое использование спутниковых приемников ГНСС для решения геодезических задач. Можно отметить такие работы, как: определение границ фермерских хозяйств в Тогучинском и Каргатском районах Новосибирской области, создание съёмочного обоснования для съёмки рельефа дна в местах пересечения трубопроводами р. Иртыш, работы на геодинамических полигонах в районах добычи нефти и газа Крайнего Севера и другие [1]. Особо следует выделить создание совместно с ПО «Инжгеодезия» и Сибирским НИИ Метрологии эталонного пространственного полигона в окрестности и на территории г. Новосибирска, предназначенного для исследований и проверок спутниковой аппаратуры, принимающей сигналы ГНСС ГЛОНАСС [4].

Научный руководитель НИЛ космической геодезии - Ю. В. Сурнин продолжал успешно сочетать преподавательскую работу в должности профессора кафедры астрономии и гравиметрии с научной работой и подготовкой научных кадров. Основным научным направлением для него стала реализация идеи органичного соединения координатной основы и локального гравитационного поля Земли с помощью спутниковых и традиционных видов геодезических измерений [1]. К этому времени им было получено разрешение на подготовку аспирантов и под его руководством были защищены следующие кандидатские диссертации:

- 2002 год, Е. Г. Гиенко на тему «Регулярная методика оценивания параметров взаимного трансформирования локальных спутниковых геодезических сетей и государственной координатной основы»;

- 2007 год, А. В. Елагин на тему «Методика определения конечно-элементной модели гравитационного поля Земли»;
- 2013 год, А. А. Струков на тему «Совершенствование методики определения положения пунктов локальных спутниковых геодезических сетей в общеземной и референционной системах координат»;
- 2014 год, Л. А. Липатников на тему «Совершенствование методики точного дифференциального позиционирования с использованием глобальных навигационных спутниковых систем».

В 2015 году коллективом НИЛ космической геодезии под общей редакцией Ю. В. Сурнина подготовлена монография «Совершенствование и практическая реализация динамического метода космической геодезии», в которой рассмотрена теория и практика динамического метода, в том числе авторские разработки сотрудников НИЛ космической геодезии [5].

Под руководством д.т.н. профессора К. М. Антоновича по профилю работ НИЛ космической геодезии были также защищены следующие кандидатские диссертации:

- 2007 год, Е. К. Фролова на тему «Методика учёта влияния тропосферы на точность спутниковых координатных определений»;
- 2016 год, Н. С. Косарев на тему «Методика контроля фазовых ГНСС измерений по эфемеридам спутников и координатам пункта наблюдений».

В 2009 году Ю. В. Сурнин передал научное руководство Е. В. Михайлович своему ученику В. А. Ащеулову, под руководством которого она, в качестве соискателя, подготовила и защитила в 2011 году кандидатскую диссертацию на тему «Усовершенствование методики определения координат наземных пунктов динамическим методом космической геодезии по измерениям дальности до спутников».

Таким образом, за период деятельности НИЛ космической геодезии НИИ-ГАиК (СГГА, СГУГиТ) в период с 1973 года по настоящее время было подготовлено 12 кандидатов технических наук, что ставит НИЛ космической геодезии в число наиболее эффективных научных подразделений нашего вуза.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнин Ю. В. История создания и развития межкафедральной научно исследовательской лаборатории космической геодезии (воспоминания научного руководителя лаборатории) // Вестник СГГА. – 2010. - Вып. 2(13). – С. 128-145.
2. Программа уточнения орбит геодезических искусственных спутников Земли по результатам оптических наблюдений / Ю. В. Сурнин, В. А. Ащеулов, Ю. В. Дементьев, А. М. Токарев, С. В. Кужелев, Н. Н. Егоров // Геодезия и картография. – 1977. - №4. - С. 14-19.
- 3 Ащеулов В.А. Программа автономного определения координат наземной станции по оптическим наблюдениям искусственных спутников Земли // Наблюдения ИСЗ: Международный сб. - София, 1982. - №20. - С. 320-325.
4. Первые результаты реализации проекта эталонного калибровочного полигона для аттестации спутниковой аппаратуры / К. М. Антонович, В. А. Ащеулов, С. В. Кужелев, В. А. Середович, Ю. В. Сурнин, А. Л. Рогов // Сферы применения GPS – технологий: Тезисы докладов. – Новосибирск: СГГА, 1995. – С.

6. Совершенствование и практическая реализация динамического метода космической геодезии [Текст] : монография / Ю. В. Сурнин, В. А. Ащеулов, С. В. Кужелев, Е. В. Михайлович, Н. К. Шендрик, Л. А. Липатников; под общ. ред. Ю. В. Сурнина. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 193 с.

© В. А. Ащеулов, А. В. Елагин, Л. А. Липатников, Н. К. Шендрик, 2023