

# СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРКТИКЕ

**В.В. Глушков (МФТИ)**

В 1977 г. окончил геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева, в 1983 г. — очную адъюнктуру в 29-ом Научно-исследовательском институте Министерства обороны СССР. В 2004–2009 гг. — заместитель директора по научной работе в Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Одновременно в 2004–2015 гг. — профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). В 2015–2016 гг. — профессор Московского технологического университета (МИРЭА), с 2017 г. — профессор Московского физико-технического института (государственного университета). Доктор географических наук, доктор технических наук.

Общеизвестно, что Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) — это богатейший залежами жидких, газообразных и твердых полезных ископаемых регион, это Северный морской путь (СМП), это форпост нашей страны за полярным кругом. В связи с этим в настоящее время Арктика становится важнейшим объектом морской промышленно-экономической деятельности. Последняя должна осуществляться с проведением необходимого комплекса конкретных мер по обеспечению ее безопасности, включая навигационную.

Требования к точности получения навигационной информации, в том числе и в полярных регионах, изложены в Резолюции Международной морской организации (ИМО) А.915(22). В соответствии с этими требованиями операции, выполняемые в ходе промышленного освоения Арктики (обеспечение плавания ледоколов и судов ледового класса по фарватерам и рекомендованным путям, системам разделения движения и в других районах с ограниченными возможностями маневрирования; ледокольная проводка

специальных и транспортных судов на трассах СМП; исследования морского дна, сейсморазведка, разработка нефтегазовых и других месторождений на арктическом континентальном шельфе; выполнение промерных и дноуглубительных работ, обследования акваторий и подводных каналов к портам; прокладка трубопроводов и др.), требуют обеспечения определения координат с точностью не хуже 1 м [1, 2]. Учитывая климатическую специфику Арктики, реализовать такую точность в полярных широтах можно только с помощью спутниковых навигационных технологий.

Положительные результаты первых опытов навигации морских судов и обеспечения их связи с помощью спутниковых технологий в условиях Арктики были получены в начале 1970-х гг., когда была принята в эксплуатацию советская спутниковая навигационная система 1-го поколения «Цикада» — первая в мире совмещенная навигационно-связная спутниковая система. Одним из первых успешных применений этой системы в высоких полярных широтах стало ее использование при навигационном бес-

печении атомного ледокола «Арктика» во время его знаменитой экспедиции на Северный географический полюс в 1977 г. В условиях, когда штатные судовые радиотехнические системы позволяли определять координаты судна не точнее 6–7 км, традиционная мореходная астрономия в Арктике была совершенно неприемлемой, а морские навигационные карты были не вполне качественные, данные системы «Цикада» сыграли определяющую роль в этом политически важном мероприятии [3].

С вводом в эксплуатацию в 1995 г. отечественной глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС появилась возможность решать навигационную задачу (т. е. определять координаты, скорость, время, направление движения судна и др.) с более высокой, чем прежде, точностью [4]. В связи с этим для обеспечения навигации на арктических ледоколах и судах ледового класса наряду с гироскопическими и магнитными компасами, радиолокационными станциями, традиционными средствами навигации (гироскопа, лага, эхолота) стала



**Рис. 1**  
Главный модуль ЭКНИС Navi-Sailor 4000

эффективно использоваться штатная бортовая навигационная аппаратура потребителя (БНАП), работающая по сигналам, излучаемым спутниками систем ГЛОНАСС (РФ) и GPS (США) [5].

Важно отметить, что наличие на морских судах такой спутниковой аппаратуры, — это не дань моде. В соответствии с Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море безусловным требованием, касающимся всех судов, является оснащение их БНАП ГЛОНАСС/GPS [6]. Однако на современных арктических ледоколах и судах ледового класса такая аппаратура без интеграции с другими системами навигации, опознавания, оповещения, связи и т. п. почти не используется. Процесс судовождения на указанных судах автоматизирован и осуществляется с помощью электронно-картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС).

Конструктивно и функционально ЭКНИС, например, система Navi-Sailor 4000 [7] («Транзас», Санкт-Петербург) пред-

ставляет собой рабочий пост ходовой рубки судна (рис. 1) и является альтернативой традиционным мореходным средствам навигации и аналоговым (бумажным) картам. Она предназначена для информационного обеспечения и содействия безопасности плавания морских судов, в том числе в условиях Арктики, за счет интеграции электронных навигационных и ледовых карт, космическим ледовой обстановки, полученных в онлайн-режиме, данных автоматической идентификационной системы, гидрометеорологической информации, международной автоматизированной системы оповещения (НАВТЕКС), автопилота, навигационных датчиков (БНАП ГЛОНАСС/GPS, береговых радионавигационных систем и др.).

ЭКНИС, наглядно отображая на мониторе главного модуля электронные навигационную и ледовую карты, дает полную информацию о местоположении судна в данный момент, оказывает помощь штурману в планировании движения по заданному маршруту, контроле его прохождения и корректировке, прогнозировании возможных ситуаций во время плавания.

Как известно, в России, особенно в последнее десятилетие, имеет место тенденция наращивания объема работ по обследованию и оценке существующих и перспективных запасов полезных ископаемых в Северном Ледовитом океане. Изучение любого месторождения начинается с проведения геофизических исследований, в том числе сейсморазведки. Однако ее выполнение без качественного навигационного обеспечения, необходимого для точного позиционирования и корректного нанесения обследованных территорий на карту, невозможно. Поэтому навигация судна (источника сигналов сейсмораз-

ведки) осуществляется также с помощью спутниковых технологий. Судовой исследовательский комплекс обычно состоит из БНАП ГЛОНАСС/GPS, приборов определения глубины дна и курса судна, а также аналого-цифрового преобразователя для подачи управляющего импульса в контроллер акустических пушек [8].

Что касается навигационного оборудования воздушных судов полярной авиации (самолетов, вертолетов, экранопланов и др.), то основное требование к нему — это высокоточное, автономное, высокоскоростное определение местоположения, учитывающее не только и не столько координаты воздушного судна, а прежде всего его направление движения, курс и тангаж (угол наклона), линейное и угловое ускорения. Причем формат представления навигационной информации должен быть также разнообразный. Это и визуальное отображение обстановки на экранах многофункционального индикатора, текущие угловые координаты на авиагоризонте, цифровой формат на стрелочных указателях и табло курса и скорости, а также автоматический учет всех данных в бортовых компьютерах, управляющих пилотажно-навигационным комплексом с «привязкой» к цифровой карте местности [9].

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 641 [10] воздушные, морские и речные суда, наземный автомобильный и железнодорожный транспорт, в том числе эксплуатируемые в Арктике, должны быть оснащены БНАП ГЛОНАСС или БНАП ГЛОНАСС/GPS. Например, модернизированные вертолеты Ми-8 МТВ — штатные средства тактической авиаразведки на ледоколах и судах ледового класса — оборудованы БНАП ГЛОНАСС/GPS. Поэтому такая

спутниковая аппаратура, создаваемая на отечественных предприятиях, занимает важное место в структуре бортовых комплексов воздушных судов. Кроме того, что БНАП ГЛОНАСС/GPS используется для определения текущего местоположения и обеспечения навигации по маршруту, ее данные являются основой для таких систем обеспечения безопасности полета, как TAWS (система предупреждения о приближении к земле), АЗН-В (аппаратура зависимого наблюдения и вещания), системы спутникового мониторинга и др. [9].

Воздушные суда дополнительно оборудуются бесплатформенными инерциальными навигационными системами (БИНС) — новым поколением автономных навигационных систем. БИНС позволяет любому воздушному судну ориентироваться в пространстве при отсутствии сигналов от наземных или спутниковых навигационных систем, при отказе компасов и другого бортового навигационного оборудования. Например, в Арктике, где в некоторых районах полностью отсутствуют искусственные и естественные ориентиры, БИНС просто незаменим — пилот (штурман) воздушного судна будет всегда точно знать в каком месте находится управляемый им аппарат, где расположен аэродром базирования, как проложить к нему оптимальный маршрут и пр. [9].

В последние годы БНАП ГЛОНАСС/GPS, например, корабельная серия «АКВА-БОРТ-12» (АО «Российский институт радионавигации и времени») (рис. 2), также активно используется для определения координат дрейфующих станций типа «Северный полюс» (СП) [11]. Это, в свою очередь, позволило существенно улучшить качество изучения дна Северного Ледовитого океана. Так, если раньше се-

координаты СП определялись по маршруту дрейфа астрономическими методами и по современным меркам довольно грубо, чем вносили свою отрицательную лепту также в несовершенный способ измерения глубин методом сейсмозондирования (точность определения глубины дна океана составляла 800–1200 м), то с использованием БНАП ГЛОНАСС/GPS, а также более совершенной аппаратуры измерения глубин (например, эхолот-профилографа) указанная точность составляет около 20 м [8].

Начиная с 2009 г., на российских дрейфующих станциях типа СП стали использоваться также и беспилотные воздушные суда (БВС): на «СП-36»-«СП-40» — БВС «Элерон-3» (рис. 3), изготовленное АО «Эникс» (Казань) [12].

«Элерон-3» — это БВС самолетного типа, которое обеспечивает проведение тактической (ближней) разведки и мониторинг ледовой обстановки в радиусе до 15 км на высоте полета до 3 км. При максимальной взлетной массе 3,5 кг «Элерон-3» может нести полезную нагрузку до 0,5 кг, в состав которой может входить ТВ-камера, ИК-камера, цифровая фотокамера, ретранслятор, станции радиотехнической разведки и др. Для обеспечения навигации, а также регистрации текущих параметров (плоские координаты, высота полета, скорость, время и др.) БВС оснащен малогабаритным БНАП ГЛОНАСС/GPS.

На наземном транспорте (автомобилях, вездеходах, болотоходных тракторах, снегоходных тягачах и др.), который широко применяется на континентальной части Арктики и некоторых островах Северного Ледовитого океана, также устанавливают БНАП ГЛОНАСС/GPS. Так, на острове Земля Александры архипелага

Земля Франца-Иосифа, где размещена самая северная российская пограничная застава «Нагурское», кроме жилого комплекса и специальной инфраструктуры нет никаких ориентиров и видимость там зимой нередко нулевая, весьма эффективны и потому очень востребованы БНАП НТ-1813 (АО «Российский институт радионавигации и времени») (рис. 4).

С начала 2000-х гг. в Арктике начали активно применяться спутниковые технологии и при высокоточном определении координат стационарных объектов (точность выше 1 м). Первый опыт такого применения был накоплен в рамках развертывания контрольно-корректирующих станций (ККС) Системы



Рис. 2  
БНАП ГЛОНАСС/GPS «АКВА-БОРТ-12»



Рис. 3  
БВС «Элерон-3» (<http://enics.aero/>)



Рис. 4  
БНАП ГЛОНАСС/GPS HT-1813

дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), которая, как известно, входит в состав подсистемы средств функциональных дополнений системы ГЛОНАСС и участвует в доведении до потребителей корректирующих поправок к результатам измерений, уточненной эфемеридно-временной информации, данных о нарушении целостности навигационного обеспечения и о качестве работы ГНСС. Основной компонентой ККС является двухчастотная геодезическая навигационная аппаратура потребителя (ГНАП) ГЛОНАСС/GPS. На северной части Евразийского континента и на некоторых близлежащих к нему островах уже развернута целая сеть ККС, практически полностью обслуживающих СМП [13].

В период активного развертывания сети ККС выяснилось — по мере дальнейшего освоения месторождений Арктики и продвижения промыслов в более высокие арктические широты эффективность использования ГНСС существенно снижается. В частности, зона уверенного приема сигналов с геостационарных спутников (высота полета около 36 тыс. км) ограничивается географической параллелью порядка 70° с. ш., а при реализации дифференциального режима спутниковых определений имеет место пространственная деградация

корректирующих поправок. В этих условиях потребовалось изыскивать новые подходы, позволяющие решать задачи навигационного обеспечения объектов в высоких полярных широтах с требуемой точностью.

ГНАП ГНСС в Арктике входит также в состав и другого технического оборудования, функционирующего на основе спутниковых технологий и решающего различные высокоточные задачи в интересах социально-экономического развития страны и укрепления ее национальной безопасности:

- пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), предназначенной для установления и распространения единой геоцентрической системы координат на всю территорию РФ, поддержания ее на уровне современных и перспективных требований, эфемеридного обеспечения спутников систем ГЛОНАСС и GPS;

- пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС), создаваемой по мере необходимости фрагментами, в первую очередь, в экономически развитых районах страны, и предназначенной для дальнейшего распространения единой геоцентрической системы координат на всю территорию РФ и уточнения параметров ее ориентирования, создания исходной основы для геодезических построений последующих классов, изучения поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

- пунктов спутниковой геодезической сети (СГС), предназначенной для установления, поддержания, обновления и распространения государственных и местных систем координат, определения параметров фигуры и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

- беззапросных измерительных станций (БИС) — на-

земных опорных станций, предназначенных для непрерывного слежения за сигналами спутников ГНСС с целью измерения текущих навигационных параметров, приема навигационных сообщений от них, регистрации результатов измерений и навигационных сообщений и передачи данных в Центр глобальной системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации;

- наземных измерительных пунктов — пунктов, объединенных единым командованием, системой единого времени, едиными системами управления, связи, передачи и обработки информации;

- командно-измерительных пунктов — пунктов или соответствующей инфраструктуры, осуществляющих или обеспечивающих управление спутниками на орбите;

- командно-измерительных комплексов — совокупности средств и служб, с помощью которых осуществляется управление полетом ракет-носителей, спутников и других космических объектов.

К сожалению, БНАП и ГНАП в полярных регионах функционируют не всегда безукоризненно. Подтверждением тому стала накопившаяся за последние десятилетия статистика внезапных отказов и сбоев в их работе, приводящих, соответственно, к значительному понижению точности навигации подвижных объектов и координатно-временных определений стационарных пунктов.

В результате проведенных исследований коллективами ученых и специалистов из АО «Российские космические системы», других организаций космического приборостроения было выявлено, что БНАП и ГНАП изначально создавались для работы преимущественно в средних широтах с умеренными температурой, географически-

ми условиями и климатом. Например, согласно действующим руководствам для пользователя температура окружающей среды в период эксплуатации такой аппаратуры должна быть не ниже  $-35-40^{\circ}\text{C}$ , в условиях же более низкой температуры упомянутая аппаратура начинает работать со сбоями, нередко имеют место механические повреждения подвижных деталей и др. В программном обеспечении аппаратуры, как оказалось, реализованы математические модели тропосферы и ионосферы, построенные на основе изученности характера распространения радиоволн только в средних географических широтах, что приводило к грубым ошибкам в определении координат (БНАП, ГНАП) и искаженному отображению маршрута движения объекта на дисплее БНАП [14]. Требования же по стойкости такой аппаратуры к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов (обледенение, вибрация (БНАП), изморозь, сильные ветры, отсутствие условий для качественного заземления (ГНАП), вредное воздействие полярного сияния, радиации, геомагнитного поля, магнитных аномалий и др.) и меры противодействия им в этих руководствах отражены не были. Именно это и стало причиной некорректной работы навигационной аппаратуры в полярных регионах и даже выхода ее из строя. Очевидно, что БНАП и ГНАП, предназначенные для использования в экстремальных условиях полярных широт, в отличие от аналогичной аппаратуры, предназначенной для использования в более мягком климате средних широт, должны обладать особым набором характеристик, которые наряду с безотказностью определяют

ее надежность в процессе эксплуатации в Арктике.

Между тем БНАП и ГНАП, специально разработанных для использования в полярных регионах по требованиям, предъявляемым к радиоэлектронной аппаратуре «полярного исполнения», в нашей стране пока еще нет, как нет и соответствующих национальных и международных стандартов. Однако первые практические шаги в этом направлении уже сделаны. Так, в 2017 г. в структуре Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта) был создан Технический комитет по стандартизации № 187 (ТК187) «Проведение исследований в полярных регионах», основная деятельность которого направлена на развитие научно-технического приоритета Российской Федерации при проведении исследований в Арктике и Антарктике.

Автор данной статьи является членом образованного комитета. В 2018 г. по его инициативе были предложены к разработке проекты национальных стандартов: ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к стационарной (опорной) аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» (под указанной аппаратурой подразумевается ГНАП ГНСС) [15] и ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к бортовой аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» [16]. Основной целью их разработки является регламентация: общих требований, предъявляемых к ГНАП и БНАП на стадии их проектирования и разработки (к основным характеристикам, метрологическому и программному обеспечению, надежности, составным частям, комплектности, безопасности); специаль-

ных требований по стойкости ГНАП и БНАП к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов; правил результативного и высокоэффективного использования ГНАП и БНАП в полярных регионах.

Разрабатываемые стандарты предназначены для использования в качестве нормативных документов при испытаниях навигационной аппаратуры «полярного исполнения» на соответствие заданным техническим и эксплуатационным характеристикам. Организационными разработчиками этих стандартов, согласно Программе национальной стандартизации России на 2019–2020 гг., стали АО «Российские космические системы» и АНО НИЦ «Полярная инициатива».

Указанные стандарты разработаны, прошли этапы рецензирования и общественных обсуждений и находятся в стадии подготовки к утверждению в Росстандарте.

Важно подчеркнуть, что новым стандартам присущи только им свойственные особенности, в том числе и разделы, в которых отражены специальные требования по стойкости ГНАП и БНАП к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов. Автором разработаны таблицы со специальными требованиями для ГНАП и БНАП «полярного исполнения» [15].

*Таблицы и список литературы приведены в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru).*



## Список литературы

1. International Maritime Organization: «Revised Maritime Policy and Requirements for a Future Global Navigation Satellite System (GNSS)», IMO Resolution A. 915(22). 2001.
2. Баринов С.П., Ефремов П.Э., Шебшаевич Б.В. Особенности применения спутниковых навигационных технологий при развитии национальной арктической транспортной системы и в освоении природных месторождений на шельфе Арктики // Вторая Международная Арктическая конференция на выставке «НЕВА-2009». - Санкт-Петербург, 22 сентября 2009 г.
3. Финоженков А.Ф. Полюс-77 (воспоминания) // Мурманский арктический сборник. - Мурманск, 2004.
4. Швеция выбирает ГЛОНАСС.  
<https://russianelectronics.ru/shvecziya-vybiraet-glonass>.
5. О льдинах.  
<http://www.rosatomflot.ru/press-centr/novosti-predpriyatiya/17-o-ldinah/page,87/>.
6. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. (с изменениями на 1 января 2016 г.).  
<http://www.docs.cntd.ru/document/901765675>.
7. Transas Navi-Sailor 4000.  
<http://river-sea.ru/katalog/14/498/>.
8. Бронников В.И. Сейсморазведка в Арктике.  
<https://neftegaz.ru/science/development/331574-seysmorazvedka-v-arktike>.
9. Воронина Ю. Под надежным крылом. Спутниковый контроль авиационных систем повысит безопасность полетов // Российская Бизнес-газета - Инновации № 36(1015).
10. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».
11. Навигационная аппаратура потребителей «АКВА-БОРТ-12».  
<https://rirt.ru/ru/products/navigatsionnaya-apparatura-potrebite-2>.
12. Козлов Д. «Эникс» модернизирует беспилотники «Элерон-3» и «Элерон-10».  
[https://vpk.name/news/81805\\_eniks\\_moderniziruet\\_bespilotniki\\_eleron3\\_i\\_eleron10.html](https://vpk.name/news/81805_eniks_moderniziruet_bespilotniki_eleron3_i_eleron10.html).
13. Каретников В.В., Пашенко И.В., Соколов А.И. Построение системы управления и контроля высокоточным дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС на Северном морском пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. - 2015. - Выпуск 6.
14. Проблемы в работе электроники на Северном полюсе Земли.  
[https://pikabu.ru/story/problemyi\\_v\\_rabote\\_yelektroniki\\_na\\_severnom\\_polyuse\\_zemli\\_3881538](https://pikabu.ru/story/problemyi_v_rabote_yelektroniki_na_severnom_polyuse_zemli_3881538).
15. ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к стационарной (опорной) аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» (Шифр ПНС 1.0.187-1.030.19) (проект).
16. ГОСТ Р «Полярное исполнение. Требования к бортовой аппаратуре потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Специальные требования» (Шифр ПНС 1.12.187-1.037.20) (проект).

## Требования к навигационной и геодезической навигационной аппаратуре потребителя для полярных регионов

Факторы, отрицательно влияющие на работоспособность ГНАП	Характер влияния фактора	Специальные требования по стойкости ГНАП к дестабилизирующим воздействиям географических, климатических и других факторов, характерных для полярных регионов
Низкая температура окружающей среды (до минус 50°С и ниже)	При температуре минус 60°С и ниже возможны: сбои в работе ГНАП вплоть до выхода ее из строя; появление повышенной ломкости (хрупкости) подвижных и неподвижных деталей; выход из строя предварительного усилителя, электрических соединителей и наружного соединительного кабеля.	Для поддержания заданных характеристик ГНАП рабочая температура в помещениях должна быть установлена в пределах от 0°С до +20°С, а для внешних (выносных за пределы помещения) антенн, предварительного усилителя и электрических соединителей – от –65°С до +30°С. Во избежание негативных последствий влияния низкой температуры на работоспособность ГНАП: – в сооружениях и помещениях, где на постоянной основе размещаются ГНАП и серверные стойки, должны функционировать источники внешнего подогрева, поддерживающие нормальную рабочую температуру; – для связи ГНАП и внешней антенны должны использоваться специальные морозостойкие соединительные кабели и электрические соединители.
Обледенение, покрытие слоем снега внешней антенны ГНАП	Ухудшение качества принимаемого радиосигнала от навигационного космического аппарата (НКА), зависящее от толщины ледового (снегового) покрытия, как следствие – ухудшение точности определения координат.	Форма обтекателя внешней антенны и поверхность экрана должны обеспечить минимальное накопление льда или снега и препятствовать посадке птиц. Оператор, обслуживающий и обеспечивающий бесперебойность функционирования ГНАП, должен постоянно следить за состоянием верхней поверхности антенны и при необходимости – удалять лед и снег, соблюдая при этом все меры предосторожности, предусмотренные при работе с электрооборудованием.
Изморозь, конденсат (при перепадах температуры), повышенная влажность (в прибрежных и островных морских условиях).	Адсорбция воды (особенно морской соленой) на поверхности ГНАП способствует коррозии металлических деталей, старению неметаллов, изменению электроизоляционных характеристик изоляторов. При этом возможно появление статического электричества, вредного для электроники.	Нормальной влажностью считается относительная влажность 60-75% при температуре +20-25°С, повышенной влажностью – 98% при температуре +25°С. ГНАП должна быть работоспособной и в условиях повышенной влажности. Оператор, обслуживающий и обеспечивающий бесперебойность функционирования ГНАП, должен постоянно следить за ее состоянием и при необходимости удалять изморозь, конденсат и влагу, соблюдая при этом все меры предосторожности, предусмотренные при работе с электрооборудованием. Наиболее надежным средством защиты ГНАП от воздействия влаги является ее герметизация еще на стадии сборки.
Деградация вечной мерзлоты в условиях потепления полярного региона	Горизонтальное и вертикальное смещение центров геодезических пунктов ФАГС, ВГС и ККС СДКМ, на которых выполняется практически в постоянном режиме прием радиосигналов от НКА.	При обнаружении во время периодической высокоточной геодезической привязки горизонтального или вертикального смещения центра пункта предпринять все возможные меры для его сохранения (восстановления). При невозможности сохранить (восстановить) пункт оповестить об этом организацию, ответственную за обеспечение сохранности пункта.

<p>Сильные ветры и их абразивное воздействие на внешнюю антенну ГНАП</p>	<p>Сильные ветры (скорость 35 м/с и выше), образующие поток мелкодисперсных частиц (снег, песок, пыль) и создающие поле абразивного воздействия, обуславливают риск механического повреждения внешней антенны, соединителя и соединительного кабеля ГНАП.</p>	<p>Внешняя антенна ГНАП должна быть надежно закреплена в месте ее установки. При этом, конструкция антенны должна позволять ее установку в таком месте, где обеспечивается, по возможности, защита от ветра, а также уверенный прием сигналов созвездия НКА ГНСС с любых направлений. Оператор, обслуживающий и обеспечивающий бесперебойность функционирования ГНАП, должен постоянно следить за состоянием ее внешней антенны, соединителя и соединительного кабеля, которые должны иметь защиту от снега, пыли и песка.</p>
<p>Отсутствие условий для качественного защитного заземления ГНАП</p>	<p>В полярных регионах преобладает малопригодная для качественного защитного заземления почва (снег, лед, мерзлый, в том числе и вечномерзлый, грунт, скалы, песок и др.). При наличии разрядов от грозовых молний и электромагнитных помех, наведенных от работающего рядом электрооборудования, ГНАП может выйти из строя.</p>	<p>ГНАП должна быть надежно заземлена (для этого необходимо наличие соответствующего грунта, способного «впитывать» в себя электрический ток) и обеспечена системой молниезащиты (молниезащиты). В ГНАП должны быть также предусмотрены меры защиты, исключающие возможность повреждения ее в случаях короткого замыкания или заземления на корпус антенного входа.</p>
<p>Наличие мощных источников радиоизлучения вблизи размещения ГНАП</p>	<p>Сигналы от расположенных вблизи ГНАП мощных источников радиоизлучения, могут нарушить работу ее микросхем.</p>	<p>ГНАП должна быть установлена на расстоянии более 400 м от мощных источников радиоизлучения (радаров, теле- и радиопередатчиков, антенн эфирной радиосвязи и др.). Кроме того, при размещении внешней спутниковой антенны должны быть приняты все возможные меры, исключающие воздействие отраженных сигналов (использование специальных антенных экранов; выбор оптимального угла возвышения НКА, обеспечивающего прием сигналов с минимальным воздействием отраженных сигналов; использование в программном обеспечении алгоритмов обработки, минимизирующих воздействие отраженных сигналов на точность координатных определений и др.).</p>
<p>Значительный износ удаленно расположенной от экономически развитых районов трансформаторной подстанции, нестабильность ее работы, перегрузка сети и др., как следствие – недопустимые скачки напряжения</p>	<p>Возможны сбои в работе ГНАП и даже выход ее из строя.</p>	<p>Для питания ГНАП целесообразно использовать штатные источники питания. Для защиты ГНАП от скачков напряжения в сети должен быть использован стабилизатор напряжения питания со встроенной защитой от скачков или устройством защиты от импульсных перенапряжений. Предельно допустимым напряжением является отклонение до 10% от номинального.</p>
<p>Ограничения по текущему ремонту и техническому обслуживанию ГНАП</p>	<p>Возможен преждевременный выход из строя ГНАП.</p>	<p>Современная ГНАП, как правило, не требует выполнения текущего ремонта и специальных видов технического обслуживания за исключением периодических ее осмотров. При возникновении отказов в работе ГНАП ее ремонт должен выполняться на заводе-изготовителе.</p>



<p>Использование в специальном программном обеспечении ГНАП математических моделей тропосферы и ионосферы, построенных на основе изученности характера распространения радиоволн только в средних географических широтах</p>	<p>Определяемые координаты точки расположения ГНАП (внешней антенны) не достоверны и значительно отличаются от реальных (истинных).</p>	<p>В ГНАП полярного исполнения должно использоваться специальное программное обеспечение, разработанное и предназначенное для работы в высоких географических широтах.</p>
<p>Использование ГНАП в условиях полярного сияния (в полярную ночь)</p>	<p>Увеличение как количества, так и интенсивности ионосферных неоднородностей во время аврорального излучения (полярного сияния) обуславливает ухудшение качества приема сигналов от НКА, приводит к резкому ухудшению точности координатных определений (до 100 м и более), а во время интенсивных магнитосферных возмущений (магнитных бурь, сопровождавшихся полярным сиянием) – к невозможности таких определений из-за отсутствия (прерывания) сигналов от НКА. Мощность электромагнитного (полярного сияния) обычно выше естественных шумов в 20 – 70 раз.</p>	<p>Шумовые источники электромагнитного аврорального излучения могут быть ослаблены путем использования в схеме функционирования ГНАП сложных сигналов с фазово-кодовой манипуляцией или линейно-частотной модуляцией.</p>
<p>Использование ГНАП в условиях высокой солнечной активности (в полярный день)</p>	<p>Высокая солнечная активность, приводящая к соответствующему возмущению магнитосферной плазмы и появлению электромагнитных полей, оказывает отрицательное влияние на электронику ГНАП и качество ее работы вплоть до потери сигнала от рабочего созвездия НКА. Во время аномального возмущения (магнитных бурь) точность определения координат может понизиться на порядок и более.</p>	<p>С целью уменьшения вредного воздействия высокой солнечной активности на работу ГНАП должны осуществляться: анализ результатов мониторинга солнечной активности, который выполняется с помощью американских геостационарных спутников типа GOES; на основании этого анализа проводится учет прогнозируемых периодов магнитных бурь.</p>
<p>Радиационное воздействие.</p>	<p>Вызывает: деградацию характеристик компонент ГНАП и, главным образом, характеристик интегральных микросхем; изменение изолирующих свойств разделительных р-п-переходов;</p>	<p>С целью устранения этого вредного воздействия на работу ГНАП место ее установки, ее внешней антенны должно быть защищено от прямого воздействия солнечной радиации. Для полного исключения отказов ГНАП, имеющих место в результате радиационного воздействия, необходимо использовать</p>

	<p>возрастание токов утечки;  появление паразитных  связей между элементами  структуры микросхем;  нарушению нормального  функционирования ГНАП в  целом.</p>	<p>стойкие к этому воздействию компоненты,  экранирование или специальное  радиационно-защитное покрытие.</p>
<p>Особенности  распространения  радиосигналов в  полярных регионах,  обусловленные  воздействием  геомагнитного поля</p>	<p>Имеют место помехи для  принимаемого сигнала от  НКА, обусловленные  воздействием  геомагнитного поля,  магнитно-силовые линии  которого имеют  практически вертикальное  положение.</p>	<p>В высокоточных определениях координат с  помощью ГНАП ионосферная ошибка второго  порядка, связанная с геомагнитным полем,  учитывается и компенсируется за счет  использования метода двухчастотных  измерений (измерений на частотах L1 и L2)</p>