



Использование узкополосных радиомодемов УКВ-диапазона при мониторинге состояния морских льдов, ледников и зарождения айсбергов в Арктике

Flexlab
ООО «НЦПР»

Представлена краткая информация об использовании технологической радиосети управления и сбора данных на базе узкополосных радиомодемов для мониторинга ледовой обстановки и изучения процессов зарождения айсбергов в Арктике. Дано описание подсистемы обмена данными перспективного комплекса мониторинга и прогноза экстремальных явлений в припае и дрейфующем льду, разработанного специалистами ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (АНИИ).

ООО «Независимый исследовательский центр перспективных разработок» (НЦПР), г. Москва

Айсберги и их обломки из-за своей значительной массы и большой осадки представляют серьезную опасность для транспортных и рыболовных судов, ледоколов, нефтегазовых комплексов, включающих стационарные плавучие гидротехнические сооружения и подводные трубопроводы. В последние годы в связи с активными работами (геологоразведка, сейсмическая съемка, разведочное бурение и др.) по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева и Карского морей вопрос айсберговой угрозы встал особенно остро. Поэтому мониторинг состояния выводных ледников в режиме реального времени, процессов зарождения айсбергов и прогноз их перемещения имеет важное научное и прикладное значение.

В настоящее время основными методами изучения айсбергов можно считать космическое наблюдение и воздушную ледовую разведку. Однако каждый из этих методов имеет свои ограничения, поэтому более детальная информация добывается в ходе арктических экспедиций, ре-

гулярно проводимых государствами, входящими в Арктический совет, ведущий межправительственный форум, содействующий сотрудничеству в Арктике.

Канадский эксперимент по изучению айсбергов

В ходе одной из экспедиций в Северную Атлантику канадские ученые провели эксперимент по изучению характеристик айсберга с целью определения возможностей по изменению параметров его движения или разрушению¹. В ходе эксперимента в пробуренном в теле айсберга шурфе был размещен измерительный программно-технический комплекс, включавший в себя различные датчики, подключенные к программируемому логическому контроллеру, и устройство внешней памяти. Удаленное управление и мониторинг работы всей аппаратуры предполагалось производить с борта научно-ис-

следовательского судна по узкополосному радиоканалу, организованному на базе радиомодема Viper-SC+ 100, технические характеристики которого представлены в табл. 1.

Выбор данного радиомодема был обусловлен необходимостью организации работы в жестких климатических условиях при питании от электрических аккумуляторов.

Первоначально предполагалось, что радиоканал будет использоваться только для удаленного управления и мониторинга работы научной аппаратуры, однако в связи с выходом из строя в процессе эксперимента устройств внешней памяти сбор данных был организован в оперативном режиме с их регистрацией на борту исследовательского судна. В результате практически на протяжении всего эксперимента узкополосный радиоканал обеспечивал не только удаленное управление научной аппаратурой, но и передачу всей собранной с ее помощью информации. Сбоев и отказов в работе узкополосной радиосети выявлено не было.

¹ Информация приведена по материалам канадской компании Dataradio, ныне Calamp.

Таблица 1. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+ 100

Наименование характеристики	Реализация в устройстве
Внешний вид	
Диапазон частот, МГц	136–174
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5; 6,25
Тип излучения	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D
Номинальная задержка при холодном старте, с	35
Рабочее напряжение, В	10–30 (постоянный ток)
Рабочая температура, °С	От -40 до +70
Температура хранения, °С	От -45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5–95, без образования конденсата
Габаритные размеры, Ш × Г × В, см	13,97 × 10,80 × 5,40
Масса (в упаковке), кг	1,1
Рабочий режим	Симплекс/полудуплекс
<i>Передатчик</i>	
Полоса рабочих частот, МГц	38
Выходная мощность (при напряжении 13,6 В), Вт	1–10
Время атаки, мс	<1
Время переключения между каналами, мс	<15
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Интерфейсы	2 × RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45
Антенна	TNC («мама») – прием/передача; SMA («мама») – прием (для двухпортовых устройств)
<i>Приемник</i>	
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}): • 25 кГц, дБм (при скорости обмена данными кбит/с)	-114 (16); -106 (32); -100 (48); -92 (64)
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	70
Интермодуляция, дБ	>75
Избирательность, дБ	>70
Время переключения с приема на передачу, мс	<2
Время переключения между каналами, мс	<15
<i>Модем</i>	
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 128
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

Эксперименты по изучению свойств льда в российских экспедициях

В настоящее время активизировались работы по изучению состояния льдов в Арктике с использованием инструментальных средств, данные от которых собираются через радиомодемы УКВ-диапазона. В рамках таких работ на льду устанавливаются средства объективного контроля (контрольно-

измерительная аппаратура), включающие в себя сейсмометры, наклонометры, измерители напряжения, а также навигационные приемники для точного определения текущего местоположения аппаратуры. Данные средства подключаются к серверу пункта управления и сбора данных по беспроводному каналу с использованием радиомодемов Phantom II.

Ниже приведены примеры использования измерительной системы и технологической радиосети на морском льду и ледниках при зарождении айсбергов.

В ходе одной из экспедиций система была развернута на льду Карского моря. На рис. 1 представлен рабочий момент экспериментов по регистрации сигналов во льду через радиомодем от движущегося ледокола.

Применение на льду дрейфующей станции было отработано в ходе экспедиции «Трансарктика-2019». Информация от установленной на льду аппаратуры поступала в пункты управления и сбора данных, развернутые на борту НЭС «Академик Трёшников».

Связь сейсмостанций на дрейфующем льду с ледоколом организовывалась на дальность до двух километров и была устойчивой. Максимальная продолжительность работы без подзарядки аккумулятора составляла две недели. В этот период данные от аппаратуры собирались сеансами, по мере их накопления в месте установки аппаратуры. Всего в ходе каждого эксперимента одновременно использовалось до трех радиомодемов.

Мониторинг состояния ледника и зарождения айсбергов со сбором данных на берегу производился на архипелаге Шпицберген. По радиоканалу передавались данные о разрушении ледника, обрушении обломков и образовании айсберга. Данные передавались в лабораторию (пункт сбора данных), развернутую на другом



Рис. 1. Схема размещения приборов на ровном льду при экспериментах с движением ледокола «Ямал»: 1 – сейсмометр; 2 – наклономер; 3 – деформометр; 4 – регистратор, 5 – набор аккумуляторов; радиомодем с антенной – за кадром



Рис. 2. Общая схема радиосети для инструментального мониторинга состояния ледника Норденшельда (арх. Шпицберген)

берегу фиорда, на расстояние 12 км. Общая схема радиосети представлена на рис. 2.

Нарушений в работе средств связи и обмена данными в период проведения эксперимента не выявлено.

Организация мониторинга ледовой обстановки в реальном масштабе времени

Практические результаты экспериментов по инструментальному сбору данных о ледовой обстановке с использованием технологической радиосети обмена данными показали достаточно высокую надежность радиотехнического оборудования УКВ-диапазона при работе в северных широтах. В связи с этим данные средства были рекомендованы для применения в со-

ставе перспективной системы предупреждения об опасных ледовых явлениях в Арктике в режиме реального времени [1]. Структурная схема такой системы представлена на рис. 3.

В составе технологической радиосети, предназначенной для обеспечения работы вышеуказанной системы, могут применяться различные радиомодемы. При этом существенное увеличение оперативной зоны такой радиосети может достигаться за счет использования ретрансляторов и применения узкополосных радиомодемов, работающих в более низкой части радиочастотного диапазона, диапазоне очень высоких частот (ОВЧ). Основной технической задачей при этом будет оставаться обеспечение заданной

продолжительности автономной работы при питании от аккумуляторов.

Общая схема радиосети перспективной системы предупреждения об опасных ледовых явлениях в Арктике в режиме реального времени на радиомодемах ОВЧ-диапазона представлена на рис. 4. В составе такой радиосети может использоваться до четырех ретрансляторов на одном интервале связи. В составе антенно-фидерного устройства базовой станции предусматривается использование грозозащиты, что связано с происходящими климатическими изменениями в данном регионе.

Технические характеристики радиотехнического оборудования, применявшегося российскими учеными в ходе экспериментов в Арктике, представлены в табл. 2.

Таким образом, практические результаты нескольких международных научно-исследовательских экспедиций подтверждают возможность использования современных технологических радиосетей обмена данными на базе узкополосных радиомодемов УКВ-диапазона для организации удаленного инструментального сбора информации о состоянии ледового покрова в интересах обеспечения хозяйственной деятельности и безопасности судоходства в акватории Северного морского пути. С этой целью может быть создана и развернута перспективная система предупреждения об опасных ледовых явлениях в Арктике в режиме реального времени.

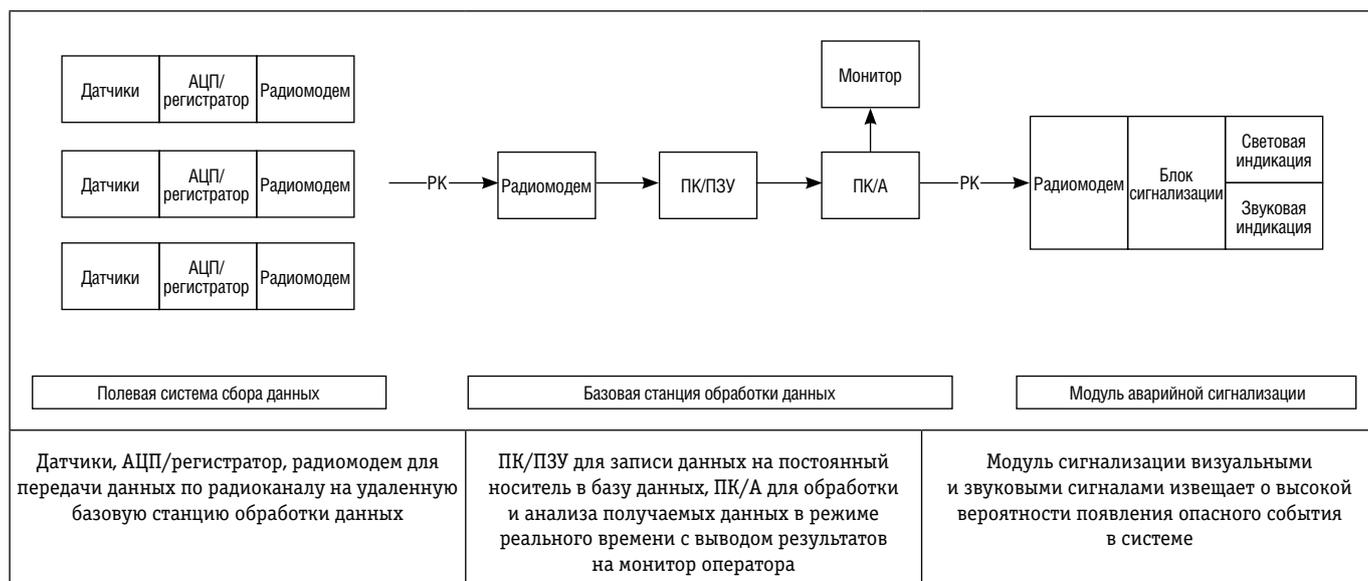


Рис. 3. Структурная схема перспективной системы мониторинга состояния льда для оповещения о возникающих экстремальных параметрах процессов сжатия и разрушения льдов (Шпицберген)

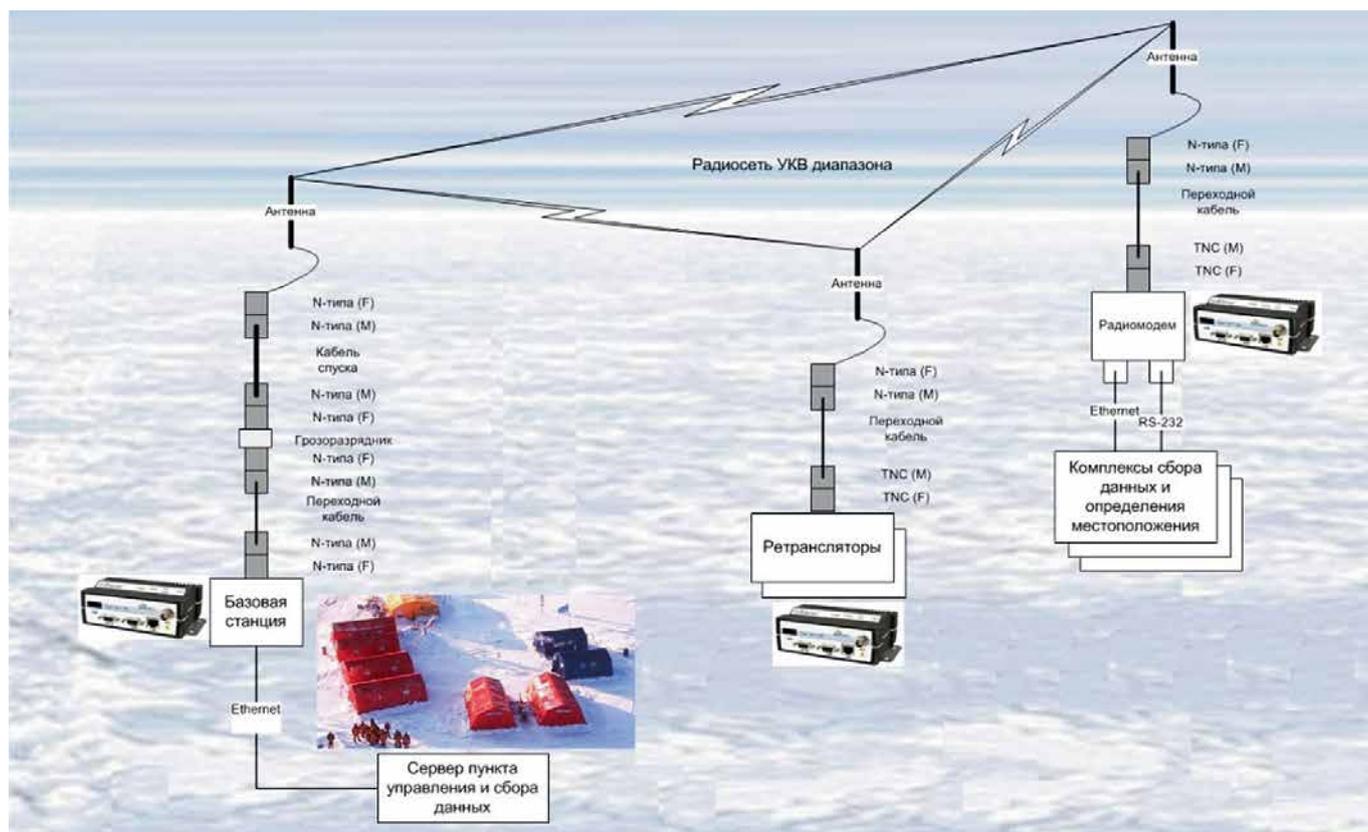


Таблица 2. Технические характеристики радиотехнического оборудования, применявшегося российскими учеными при проведении экспериментов в Арктике

Наименование характеристики	Реализация в устройстве
Внешний вид	
Диапазон частот, МГц	900 МГц
Потребляемый ток:	
• режим энергосбережения, мА	менее 1
• прием, мА	110–145
• передача, А	0,35–0,5
Номинальная задержка при холодном старте, с	8
Рабочее напряжение, В	7–30 (постоянный ток)
Рабочая температура, °С	От -40 до +75
Температура хранения, °С	От -45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5–95, без образования конденсата
Габаритные размеры, Ш × Г × В см	5,7 × 9,5 × 4,5
Масса (в упаковке), кг	0,23
Рабочий режим	Симплекс/полудуплекс
Полоса пропускания без подстройки, МГц	26
Выходная мощность (при напряжении 13,6 В), Вт	0,1–1
Цикл работы на передачу, %	100
Интерфейсы	RS-232 / RS-422 / RS-485, USB 2.0, 10/100Base-T
Антенна	TNC («мама») – прием/передача
Скорость, кбит/с	От 345 кбит/с до 1,384 Мбит/с, настраиваемая
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача
Адресация	IP

Рис. 4. Общая схема радиосети перспективной системы предупреждения об опасных ледовых явлениях в Арктике в режиме реального времени на радиомодемах ОВЧ-диапазона

Литература

1. Смирнов В. Н., Знаменский М. С., Шушлебин А. И., Ковалёв С. М. Патент на изобретение № 2621276 «Способ мониторинга состояния дрейфующего ледяного поля или припая и прогноза его разлома при сжатии льдов и воздействии волн зыби». Приоритет полезной модели 08.04.2016. Зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 02.06.2017.

2. В. Н. Смирнов, С. М. Ковалев, В. А. Бородкин, А. А. Нюбом, А. И. Шушлебин. Инструментальный мониторинг и краткосрочный прогноз явлений сжатия и торошения в морских льдах: методическое пособие. СПб, 2017.

В. Н. Смирнов, д. ф. -м. н., главный научный сотрудник, М. С. Знаменский, ведущий инженер, ФГБУ «АНИИ», г. Санкт-Петербург, С. А. Маргарян, заместитель генерального директора, главный конструктор, ООО «Независимый исследовательский центр перспективных разработок» (НЦПР), г. Москва, тел.: +7 (499) 113-2698, e-mail: sm@flexlab.ru, сайт: www.flexlab.ru