

## **АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РАДИОКАНАЛА НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»**

<sup>1</sup>Ильченко М.Е., <sup>2</sup>Литвинов В. А., <sup>1</sup>Капштик С.В.,  
<sup>1</sup>Наритник Т.М. <sup>3</sup>Присяжной В. И., <sup>1</sup>Тулпаров И.В.

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины КПИ  
имени Игоря Сикорского, Киев, Украина

<sup>2</sup>Национальный центр управления и испытания космических средств, Киев, Украина

<sup>3</sup>Национальный антарктический научный центр, Киев, Украина  
E-mail:director@mitris.com

### **Analysis of the potential service area and the radio channel of terrestrial satellite communications equipment in the conditions of the Antarctic station "Akademik Vernadsky"**

The analysis of the potential service area and the description of the construction of a radio channel of terrestrial satellite communication equipment in the conditions of the operation of the Antarctic station "Academician Vernadsky" are presented, taking into account the features of the orbital construction of Earth remote sensing systems, which showed the possibility of providing both high-quality reception and accumulation of Earth remote sensing information, and ensuring the efficiency of bringing information to the data center.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение Земли, ее атмосферы, недр и природных ресурсов, изменений климата и прогнозирование потенциальных негативных последствий таких изменений является важнейшей задачей, от успешного решения которой зависит выживание человечества на планете Земля. Особая роль в этом процессе отводится космическим средствам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Ярким подтверждением тому является создание и наращивание орбитальной группировки европейской системы ДЗЗ «Коперник» [1], разработанной Европейским космическим агентством (ЕКА) по заказу Еврокомиссии [2].

Для повышения оперативности доведения информации ДЗЗ ЕКА разрабатывает и разворачивает Европейскую систему передачи данных (European Data Relay System) (EDRS) [3]. Однако, работать в такой системе смогут только спутники ДЗЗ, оборудованные оборудованием оптической межспутниковой связи.

**Особенность орбитального построения систем дистанционного зондирования Земли.** Особенностью орбитального построения систем ДЗЗ, использующих ССО, является движение спутников от северного полюса к южному и в обратном направлении. На каждом витке трасса спутника проходит через приполярные и полярные области вблизи северного и южного полюсов Земли [4]. Размещение в приполярном районе наземной станции для приема полезной информации и передачи команд управления позволяет существенно повысить оперативность приема информации спутников ДЗЗ. Именно с этой целью первоначально на острове Шпицберген была создана норвежская станция Свалбард (Svalbard Satellite Station) [5]. Однако, остается вопрос доведения принятой информации до центров обработки. В случае с норвежской станцией эта задача решается с помощью специально построенной линии волоконно-оптической связи между островом Шпицберген и континентальной частью Норвегии на Скандинавском полуострове.

Кроме того, одна станция, расположенная в приполярном районе, не обеспечивает 100% обслуживания всех витков спутников ДЗЗ. В силу геометрических соотношений значительная часть трасс спутников ДЗЗ проходят за пределами зоны обслуживания наземной станции. Эти витки обслуживаются другими наземными станциями [6]. В период полярной ночи существует серьезная проблема с накоплением достаточного заряда в аккумуляторах спутника для обеспечения полноценного сеанса передачи информации на наземную станцию при нахождении спутника на затененном участке витка орбиты или непосредственно после его прохождения.

Решением проблемы может быть размещение станций приема информации ДЗЗ в Антарктиде.

**Анализ потенциальной зоны обслуживания наземной станции спутниковой связи «Академик Вернадский».** Изучение Антарктиды занимает особое место в истории мировой науки о Земле. Важным дополнением к знаниям, полученным с использованием научной аппаратуры антарктических научных станций, является информация спутников ДЗЗ. Понимая это, уже с середины 90-х годов ряд стран разместили на своих антарктических научных станциях оборудование для приема информации со спутников ДЗЗ [7]. Однако, принимаемая информация использовалась локально, только в исследовательских программах, выполняемых на отдельно взятой станции. Полномасштабная обработка информации ДЗЗ, принятой на антарктической станции, была возможна только после завершения экспедиции и возвращения участников в свои научные центры и лаборатории и доставки туда результатов исследований. Причиной является критически низкая пропускная способность телекоммуникационной инфраструктуры, связывающей между собой антарктические станции внутри континента Антарктида, и антарктические станции с научными центрами на других континентах.

Украинская антарктическая станция «Академик Вернадский» ( $65,245678^\circ$  ю.ш.  $64,257825^\circ$  з.д.) расположена на острове Галиндез Аргентинского архипелага вблизи Антарктического полуострова [7]. Станция была основана в феврале 1996 года, когда Британская Антарктическая служба передала Украине антарктическую станцию «Фарадей».

На станции проводятся научные исследования, определенные Меморандумом о передаче станции «Фарадей» Украине, и исследования в соответствии с Государственной программой исследований Украины в Антарктиде. При выборе потенциального места размещения наземной станции приема информации ДЗЗ важное значение имеет анализ потенциальной зоны обслуживания станции или зоной обзора наземной станции, т.е. зоны, в пределах которой обеспечивается прямая радиовидимость между спутником ДЗЗ и наземной станцией [8]. Для построения на карте зоны обслуживания наземной станции с известными координатами, заданным значением геоцентрического угла и радиусом зоны обслуживания по поверхности Земли, использована теорема синусов и теоремы косинусов сторон и косинусов углов для сферических треугольников.

На основании выполненного расчета координат контрольных точек построен контур зоны обслуживания наземной станции, при ее размещении на базе антарктической станции «Академик Вернадский» (рис.1), сплошной линией на рисунке показана зона обслуживания наземной станции. Приведенный на рис.1 контур зоны обслуживания наземной станции приема информации ДЗЗ для ее размещения на антарктической станции «Академик Вернадский» не учитывает особенностей рельефа местности в точке размещения антенны. После выбора конкретного места установки антенны в контур зоны обслуживания будут внесены изменения, которые учтут

особенности рельефа местности и наличие местных предметов, угол затенения которых превышает  $7^\circ$ .

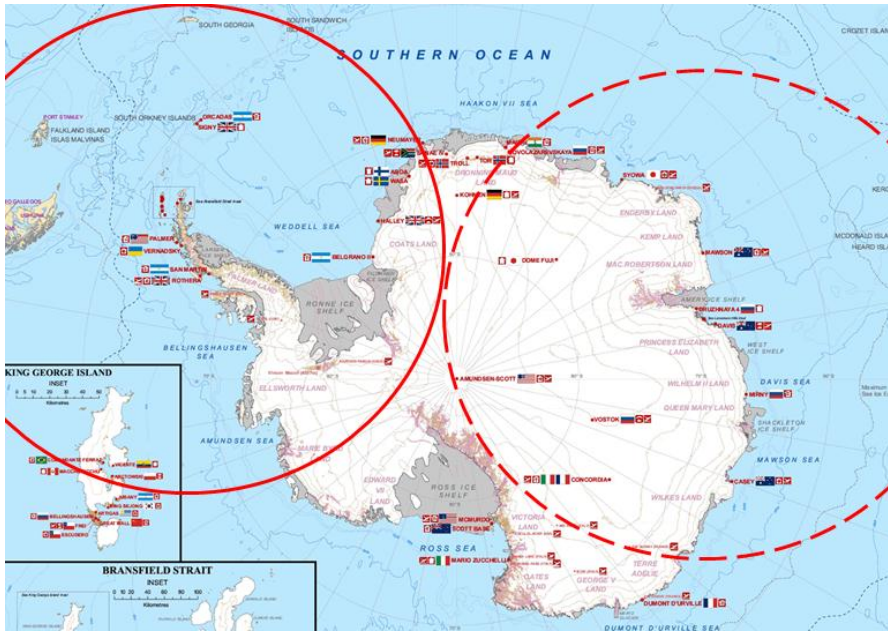


Рис.1. Потенциальная зона обслуживания наземной станции приема информации ДЗЗ на базе антарктической станции «Академик Вернадский» и зоны обслуживания наземной станции приема информации ДЗЗ, расположенной в индийской антарктической станции Бхарати.

**Анализ радиоканала наземного оборудования спутниковой связи в условиях работы антарктической станции «Академик Вернадский».** Для обеспечения приема информации со спутников ДЗЗ наземная станция должна быть оснащена необходимым высокочастотным и цифровым оборудованием. Процедура приема и обработки информации ДЗЗ на наземной станции приема включает следующие этапы: наведение антенны наземной станции на спутник и сопровождение спутника в течение сеанса связи; прием высокочастотного сигнала со спутника, его усиление, демодуляция, восстановление битовой и кадровой синхронизации и формирование выходного потока первичных данных; обработка первичных данных и их архивирование.

Типовой состав оборудования наземной станции приема информации ДЗЗ, обеспечивающий выполнение перечисленных функций, приведен на рис.2. Станция включает: полноповоротную двухдиапазонную антенну (диапазоны S и X), высокочастотный тракт и тракт промежуточной частоты, цифровую часть для обработки и архивирования данных и систему управления антенной. Для работы всей станции в целом необходима система энергоснабжения.

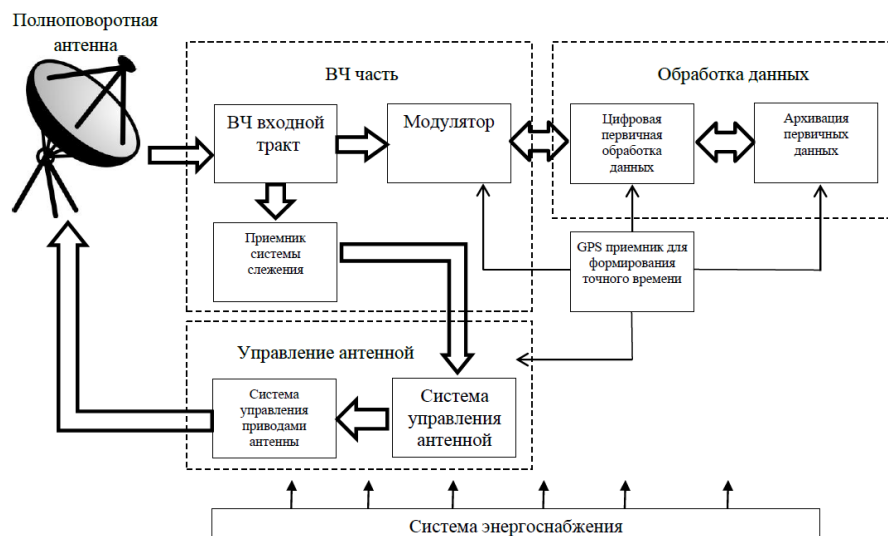


Рисунок 2 -Типовой состав оборудования наземной станции приема информации ДЗЗ

Учитывая метеорологические особенности места размещения станции «Академик Вернадский», при рассмотрении выбора варианта конструкции и установки антенны для приема информации ДЗЗ рассмотрен вопрос применения радиопрозрачного укрытия, которое позволит существенно сократить потери в качестве приема сигнала от спутника и снизить ветровую нагрузку на антенну.

Представленный на рис.2 состав оборудования наземной станции обеспечивает в результате прием и накопление информации ДЗЗ. Тем не менее, как ранее уже отмечалось, особый интерес представляет оперативная передача принятой информации в центр обработки данных. На рис.8 приведена типовая схема приема, обработки, архивирования, хранения и распространения информации ДЗЗ [9]. Как показано на рисунке полномасштабная система сбора, обработки и распространения информации ДЗЗ предполагает сбор информации, принимаемой от спутников ДЗЗ на сеть наземных станций приема, по специальной сети передачи данных. По этой сети принятая на наземных станциях информация поступает в систему обработки данных, которая, как правило, расположена на средства оператора системы ДЗЗ. Далее информация с различным уровнем обработки поступает через сеть распределения данных конечным потребителям. Параллельно по сети передачи данных передается телеметрическая и командная информация, необходимые для управления спутниками ДЗЗ в полете.

Как видно из рис.3, ключевым фактором в обеспечении оперативности доведения информации ДЗЗ до центра обработки данных является радиоканал связи, входящий в систему передачи данных. К преимуществам географического расположения станции «Академик Вернадский» можно отнести размещение станции севернее Южного Полярного Круга, что позволяет достаточно эффективно решить задачу обеспечения телекоммуникационной привязки станции к мировой телекоммуникационной сети с использованием ресурса геостационарных спутников связи [11].

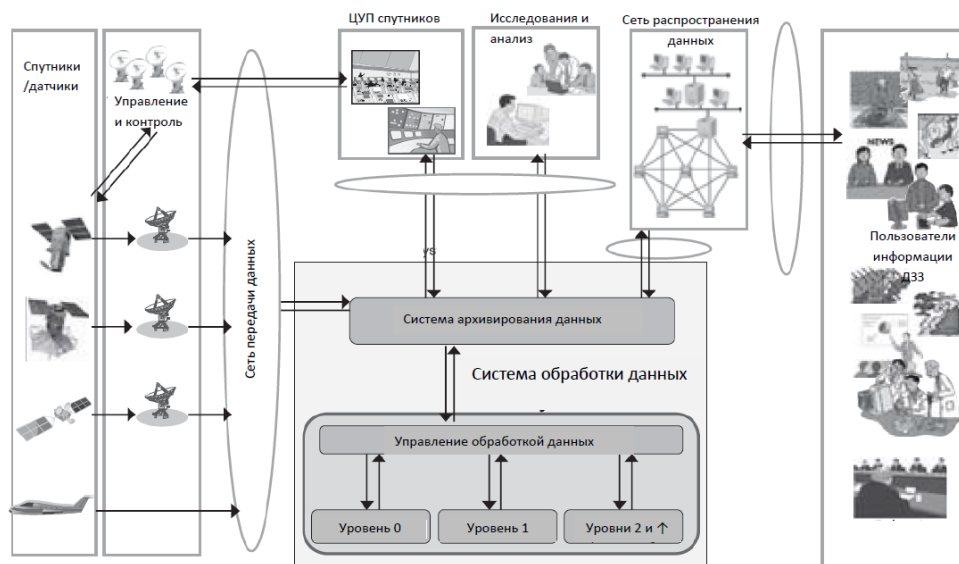


Рис. 3. Типовая архитектура системы сбора, обработки и распространения данных ДЗЗ.

Как видно из рис.3, ключевым фактором в обеспечении оперативности доведения информации ДЗЗ до центра обработки данных является радиоканал связи, входящий в систему передачи данных. К преимуществам географического расположения станции «Академик Вернадский» можно отнести размещение станции севернее Южного Полярного Круга, что позволяет достаточно эффективно решить задачу обеспечения телекоммуникационной привязки станции к мировой

телекоммуникационной сети с использованием ресурса геостационарных спутников связи [11].

Для организации спутниковой связи со станцией «Академик Вернадский» могут быть использованы следующие спутники Экспресс-AM44 ,AM8; Intelsat-901, 905, 903, 907; Intelsat-701; NSS-7,806; SES-4,6; Intelsat-9,11,14,1R, находящиеся в видимом секторе дуги геостационарной орбиты и имеющие соответствующие зоны обслуживания.

**Выводы.** Проведенный, с учетом особенностей орбитального построения систем дистанционного зондирования Земли, анализ потенциальной зоны обслуживания и радиоканала наземного оборудования спутниковой связи в условиях работы антарктической станции «Академик Вернадский», показал возможность обеспечения как качественного приема и накопления информации дистанционного зондирования Земли , так и обеспечения оперативности доведения информации до центра обработки данных.

### Литература

1. Orbiting in sunshine, Paris (ESA) Mar 13, 2017 [http://www.spacedaily.com/reports/Orbiting\\_in\\_sunshine\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/Orbiting_in_sunshine_999.html).
2. Copernicus Programme. [https://en.wikipedia.org/wiki/Copernicus\\_Programme](https://en.wikipedia.org/wiki/Copernicus_Programme)  
SpaceDataHighway to add third node for global coverage. March 15, 2017. <http://spacenews.com/spacedatahighway-to-add-third-node-for-global-coverage/>.
3. Earth Observations from Space. The First 50 Years of Scientific Achievements. Report in Brief. The National Academy of Sciences, 2007.
4. Svalbard Satellite Station. From Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Svalbard\\_Satellite\\_Station](https://en.wikipedia.org/wiki/Svalbard_Satellite_Station).
5. The Alaska Satellite Facility Ground Station, Scott Arko, Annette La Belle-Hamer, Kevin McCarthy, Bruce Thoman, Rob Tye. [https://media.asf.alaska.edu/uploads/pdf/space\\_ops\\_paper\\_netie\\_scott.pdf](https://media.asf.alaska.edu/uploads/pdf/space_ops_paper_netie_scott.pdf).
6. Академик Вернадский (антарктическая станция), [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=АкадемикВернадский\\_\(антарктическая\\_станция\)&oldid=72390224](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=АкадемикВернадский_(антарктическая_станция)&oldid=72390224).
7. Чернов А.А., Чернявский Г.М. Орбиты спутников дистанционного зондирования Земли. Лекции и упражнения. – М.: Радио и связь, 2004. – 200с.
8. Data Processing System for Advance of Earth Observation Data. Okomoto Hiroshi, Kasai Yumi, Nagao Masaru. NEC TECHNICAL JOURNAL. Vol.6. No.1/2011-p.81-85.
9. Беспроводные линии связи и сети.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640с.
10. Спутниковая связь и вещание: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп./под ред. Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1997.-528с.
11. Ground Systems Supporting Satellite Operations. Yoshikawa Shirou. NEC TECHNICAL JOURNAL. Vol.6. No.1/2011-p.76-80.