

В. Р. Костылева¹✉, А. Н. Дорошенко¹, Р. А. Ложков¹, И. В. Парко¹

Радар НР-МСТ: современный инструмент для изучения околоземного космического пространства

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: vika.kostyleva2002@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются технические особенности системы радаров, входящей в состав Национального гелиогеофизического комплекса РАН (НГК РАН). Основное внимание уделено двум ключевым элементам инфраструктуры: мезосферно-стратосферно-тропосферному радару некогерентного рассеяния (НР-МСТ) и декаметровому радару когерентного рассеяния. Показаны их рабочие частоты, режимы работы и возможности для исследования ионосферы, верхней атмосферы и околоземного космического пространства. Отмечается, что применение широкого частотного диапазона дает системе радаров НГК РАН преимущество перед зарубежными аналогами, в частности перед EISCAT, позволяя получать более детальные данные. Также в статье представлен краткий обзор других устройств, входящих в состав НГК РАН: оптический комплекс, солнечный телескоп-коронграф, радиогелиограф, лидар и нагревательный стенд. Реализация проекта позволит вывести российские исследования в области геофизики и солнечно-земных связей на новый уровень, а также укрепит систему космического мониторинга.

Ключевые слова: система радаров, декаметровый диапазон, байкальская астрофизическая обсерватория, некогерентное рассеяние

V. R. Kostyleva¹✉, A.N. Doroshenko¹, R.A. Lozhkov¹, I. V. Parko¹

The NR-MST radar: a modern tool for studying near-earth space

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: vika.kostyleva2002@gmail.com

Abstract. The article discusses the technical features of the radar system that is part of the National Heliophysical Complex of the Russian Academy of Sciences (NHC RAS). The main focus is on two key elements of the infrastructure: the mesosphere-stratosphere-troposphere non-coherent scattering radar (NR-MST) and the decameter coherent scattering radar. The article shows their operating frequencies, modes of operation, and capabilities for studying the ionosphere, upper atmosphere, and near-Earth space. It is noted that the use of a wide frequency range gives the NGK RAS radar system an advantage over foreign analogues, in particular over EISCAT, allowing for more detailed data. The article also provides a brief overview of other devices included in the NGK RAS: an optical complex, a solar telescope-coronagraph, a radioheliograph, a lidar, and a heating stand. The implementation of the project will take Russian research in the field of geophysics and solar-terrestrial relations to a new level, as well as strengthen

Keywords: radar system, decameter range, baikal astrophysical observatory, incoherent scattering

Введение

Система радаров для исследования околоземного пространства представляет собой комплекс радиолокационных устройств. Они предназначены для

изучения ионосферы, верхних слоев атмосферы и ближнего космоса. Подобные системы предоставляют данные о физических процессах в этих слоях, а также используются для решения практических задач в сферах космической безопасности, навигации, радиосвязи и других областях [1, 2].

Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН получил положительное заключение Главгосэкспертизы (ГГЭ) на инженерные изыскания для возведения системы радаров [3].

Новую радарную систему планируют разместить недалеко от поселка Харикта в Ольхонском районе Иркутской области. Место для ее монтажа определено на территории Байкальской астрофизической обсерватории, которая является частью Национального гелиогеофизического комплекса РАН (НГК РАН). Обсерватория занимается исследованиями атмосферной физики и проводит экологический мониторинг [4, 5].

В рамках первого этапа запланировано строительство антенных комплексов «Север» и «Юг» вместе с инфраструктурой, необходимой для их эффективного функционирования. Благодаря этому появится возможность оперативно отслеживать состояние ионосферы – как в высоких, так и в средних широтах. На рисунке ниже представлена байкальская обсерватория физики атмосферы и экологического мониторинга (рис. 1).



Рис. 1. Байкальская обсерватория физики атмосферы и экологического мониторинга

Ольхонского район отличается относительно сухим климатом, минимальной облачностью и стабильными атмосферными условиями. Эти факторы важны для эффективной работы радаров, поскольку: минимальная атмосферная турбулентность

обеспечивает чистоту и стабильность воздушной среды, повышая точность измерений; редкие плотные облака и осадки снижают уровень помех для радиосигналов; пониженная влажность воздуха благоприятно влияет на распространение радиоволн [6].

В состав системы радаров НГК РАН входят две основные установки:

- Мезосферно-стратосферно-тропосферный радар некогерентного рассеяния (НР-МСТ). Прибор создан для изучения динамики нейтральных и ионизированных компонентов атмосферы. Работает в диапазоне высот от 105 до 2000 километров и обеспечивает высокое пространственное и временное разрешение измерений [7, 8].

- Декаметровый радар когерентного рассеяния применяется для комплексного исследования физических явлений в околоземном пространстве, охватывая слой от тропосферы до магнитосферы, включая термосферу и ионосферу [9, 10]. На рисунке ниже указан проект создания радара некогерентного рассеяния (рис. 2).

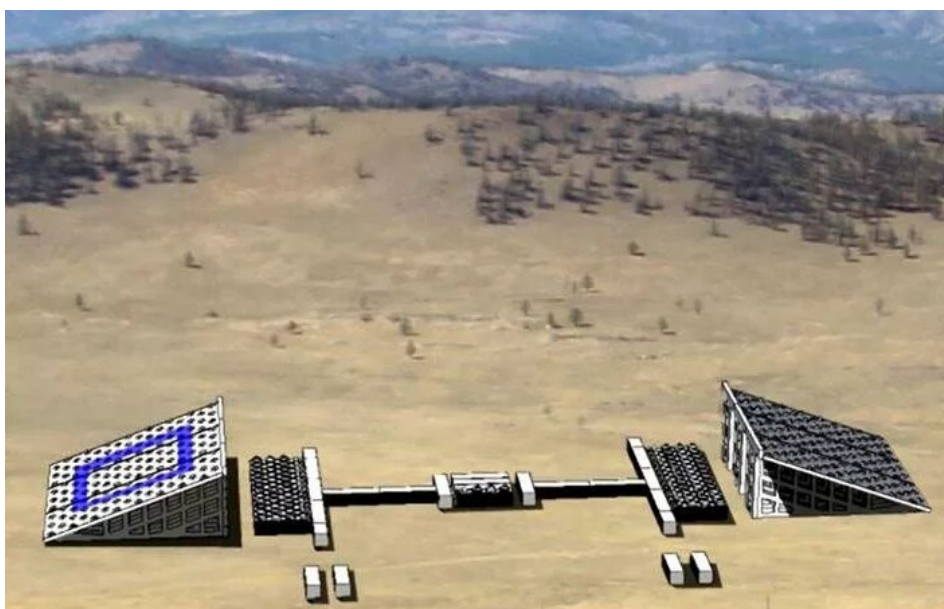


Рис. 2. Проект создания радара некогерентного рассеяния

Декаметровый радар когерентного рассеяния показан ниже (рис. 3). Основные особенности радара НГК РАН:

- применяет два различных способа изучения атмосферы, основанных на анализе сигнала обратного рассеяния;
- обеспечивает мониторинг космических аппаратов и обломков космического мусора с возможностью точного определения их координат и параметров движения;
- может использоваться для радиоастрономических исследований [11].

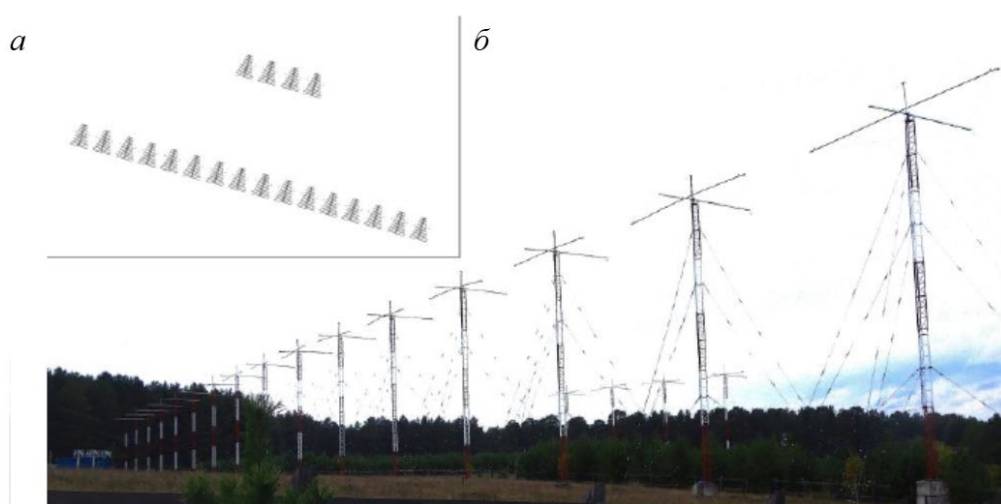


Рис.3. Декаметровый радар когерентного рассеяния:
а – схема фазированной антенной решетки; б – общий вид радара

Конструктивные параметры систем радаров НГК РАН и EISCAT указаны табл. 1.

Таблица 1. Конструктивные параметры систем радаров НГК РАН и EISCAT

Характеристика	Система радаров НГК РАН	Система радаров EISCAT
Частотный диапазон	В широком диапазоне частот от десятков МГц до нескольких ГГц	500 МГц, 931 МГц и 224 МГц
Тип элемента антенны	Фазированная решетка НР-МСТ, РАДАР ЕКВ	Параболические антенны 32 м, 42 м, фазированные решетки EISCAT 3D
Пиковая мощность излучения	4,0 МВт	2,0 МВт (в диапазоне 930 МГц), 3 МВт (в диапазоне 224 МГц)
Заполненность цикла излучения	33 %	12,5 %
Длительность импульса	От 10 до 5000 мкс	Ядро системы TRI-STATIC от 1 мкс до 10 мс, УКВ-радар от 1 мкс до 2 мс
Частота повторения	От 75 до 2000 Гц	От 0 до 1000 Гц

Система радаров НГК РАН обладает рядом важных преимуществ по сравнению с системой EISCAT. В первую очередь радары НГК РАН функционируют в широком диапазоне частот – от десятков мегагерц до нескольких гигагерц, что дает возможность исследовать различные слои ионосферы и магнитосферы с разными параметрами. В отличие от них, EISCAT использует фиксированные

частоты 224 МГц, 500 МГц и 930 МГц, что сужает возможности проведения исследований в других частотных диапазонах [12, 13].

К недостаткам радарных систем НГК РАН можно отнести высокую стоимость строительства и эксплуатации; сложность технического обслуживания; подверженность влиянию природных и антропогенных помех; ограниченную мобильность стационарных радаров [14, 15].

НГК РАН – крупная инфраструктура, объединяющая разные инструменты для всестороннего изучения солнечно-земных связей. Помимо системы радаров, в ее состав входят: оптический комплекс в селе Торы; проектируемый солнечный телескоп-коронограф с трехметровым зеркалом; многочастотный радиогелиограф (3-24 ГГц) в Бадарах для наблюдения за солнечной активностью; мезосферно-стратосферный лидар; нагревательный стенд в поселке Одинск, а также центр обработки данных и управления всем комплексом [7, 16].

Заключение

Создание системы радаров НГК РАН – это важный шаг в развитии российской науки. Комплекс обеспечит постоянный мониторинг ионосферы на разных широтах. Использование широкого частотного диапазона и интеграция с другими инструментами повысит точность исследований. Проект находится на этапе строительства и после запуска станет конкурентоспособной альтернативой зарубежным системам вроде EISCAT.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иркутские ученые получили одобрение ГГЭ по системе радаров Национального гелиокомплекса. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://gge.ru/press-center/massmedia/irkutskie-uchenye-poluchili-odobrenie-gge-po-sisteme-radarov-natsionalnogo-geliokompleksa/>
2. История развития радиолокационных исследований верхней атмосферы Земли. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://ip.iszf.irk.ru/texts/school/Lection/>
3. ИСЗФ получил положительное заключение Главгосэкспертизы по инженерным изысканиям для строительства системы радаров. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://iszf.irk.ru/news/iszf-poluchil-polozhitelnoe-zaklyuchenie-glavgosekspertizy-po-inzhenernym-izyskaniyam-dlya-stroitelstva-sistemy-radarov/>
4. На Ольхоне появятся радары для наблюдения за солнечной активностью. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.baikal-daily.ru/news/16/520125/>
5. Построят комплекс антенн для науки. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://baikalpost.ru/science/na-olkhone-postroyat-kompleks-antenn-dlya-nauki-id197426/>
6. Боровик, А. В. Коняев, П. А. Астроклимат Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ со РАН. – Иркутск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» 8 том, 2014. – 158 с.
7. Система радаров. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://ngkran.ru/radar>
8. Новые космические технологии. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ogirk.ru/2024/01/17/novye-kosmicheskie-tehnologii/>

9. Декаметровые радары ИСЗФ СО РАН. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://sciup.org/dekametrovye-radary-iszf-so-ran-142224300>
10. Когерентный радар декаметрового диапазона. Статья. [Электронный ресурс]. URL: Радар SuperDARN.htm
11. Одобрен первый этап строительства системы радаров – одного из инструментов НГК РАН. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://gge.ru/press-center/news/odobren-pervyy-etap-stroitelstva-sistemy-radarov-odnogo-iz-instrumentov-ngk-ran/>
12. Новый радиолокационный комплекс для изучения атмосферы и космоса получил одобрение Главгосэкспертизы. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://okpars.com/tpost/5mxsuezl11-novii-radiolokatsionnii-kompleks-dlya-iz>
13. Американские средства предупреждения о ракетном нападении и контроля космического пространства. Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru/192035-amerikanskie-sredstva-preduprezhdenija-o-raketnom-napadenii-i-kontrolja-kosmicheskogo-prostranstva.html>
14. Ионосфера Космический комплекс для мониторинга геофизической обстановки. Статья. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт: Ионосфера_Космический_комплекс_для_мониторинга_геофизической_обстановки
15. Радиолокационная система контроля околоземного космоса. Патент RU2518062C1. [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2518062C1/ru>
16. Методы наблюдения солнечной короны. / Костылева, В. Р. Парко, И. В. – Текст : электронный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2024 : XX Междунар. науч. конгр., 15–17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов т. 7 : Международная научнотехнологическая конференция студентов и молодых ученых «Молодежь. Инновации. Технологии». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. № 3 – 203 с.

© В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко, Р. А. Ложков, И. В. Парко, 2026