

ПЕРСПЕКТИВНАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

**Сирук С.А., Александрин С.Ю., Лагойда И.А.,
Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф.**

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

PERSPECTIVE SCIENTIFIC STATION IN MOUNTAINOUS REGIONS OF RUSSIAN ARCTIC ZONE

**Siruk S.A., Aleksandrin S.Yu., Lagoida I.A.,
Mayorov A.G., Yulbarisov R.F.**

National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

The world-wide network of neutron monitors is a useful instrument to study cosmic rays variations and fluxes of solar energetic particles. Neutron monitor's ability to detect cosmic rays is determined by the thickness of the atmosphere above it and geomagnetic cutoff rigidity in the detector's location. This means that high-altitude polar neutron monitors are the most sensitive to low-energy cosmic rays and therefore are able to detect not only ground level enhancements, but also solar proton events with lower flux and energy, known as sub-GLE. On the other hand, solar activity influence on the Earth's atmosphere, as well as exposure of satellites and aircrew, are the most significant in polar and sub-polar areas, and new cosmic ray observatories in those regions would help to monitor ecological effects caused by cosmic radiation. Presently there are only two high-altitude polar neutron monitors fully capable of sub-GLE detection, and both of them are located in Antarctica. If we talk about Russian Arctic, there are several locations where conditions for cosmic ray observations are similar to that on the Antarctic Plateau. In this paper we consider three of those places: Mount Payer, Mount Iskhodnaya and Orulgan Range, and calculate physical characteristics describing cosmic rays observation conditions in these locations.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-265-268>

1. Введение

События, известные как ground-level enhancements (GLEs), давно представляют интерес для ученых. Наиболее часто используемыми для их наблюдения инструментами являются нейтронные мониторы (НМ). В случае изотропного потока космических лучей (КЛ) географическое положение монитора может быть охарактеризовано двумя величинами: толщиной атмосферы над детектором [1] и эффективной вертикальной жесткостью геомагнитного обрезания (ЖГО) в месте его расположения [2]. Эти параметры определяют особенности восприятия детектором потока КЛ – например, пороговую энергии регистрируемых им частиц.

В результате ряда экспериментов, известных как широтные обзоры [3], было установлено, что, в то время как на низких и средних широтах минимальная энергия регистрируемых КЛ определяется ЖГО, в приполяр-

ных районах решающую роль играет атмосфера. В результате наряду с ЖГО была введена величина, называемая энергией атмосферного обрезания, принимающая на уровне моря значения порядка 430 МэВ [4]. Таким образом, НМ, расположенные одновременно в приполярной области и на большой высоте, оказываются наиболее чувствительны к потокам КЛ. В свою очередь, солнечные протонные события, регистрируемые такими НМ, но не дающие значимого вклада в темп счетах всех остальных детекторов, выделяются в отдельный класс – sub-GLE [5].

Регистрация sub-GLE имеет как фундаментальное, так и прикладное значение. В настоящее время существует только два (расположенных в Антарктиде) НМ, способных «видеть» sub-GLE, что делает изучение таких событий сложной задачей [6]. На территории России есть места, где условия для наблюдения КЛ схожи с таковыми на антарктическом ледяном щите. Строительство новой обсерватории в одном из таких районов позволит повысить чувствительность сети НМ к изменениям потока КЛ, а также изучать и отслеживать влияние космической радиации на состояние атмосферы, экипажи самолетов и космические аппараты над территорией арктической зоны РФ [7].

2. Предлагаемые станции

Чтобы иметь повышенную чувствительность к изменениям потока КЛ, НМ должен а) располагаться на высоте не менее 1000 м над уровнем моря и б) находиться в месте, где величина ЖГО не превосходит 1 ГВ. В России имеется несколько подходящих географических мест, однако большая часть из них может быть отброшена по тем или иным причинам. В результате отобраны 3 локации, их характеристики приведены в таблице.

Наиболее доступным с точки зрения строительства и поддержания работы станции вариантом является гора Пайер (PAYR), высочайший пик Полярного Урала. Неподалеку от нее находятся поселок Харп и город Салехард, где располагаются железнодорожная станция и аэропорт соответственно. Недостатком локации является относительно маленькая высота над уровнем моря. Вторым кандидатом является гора Исходная (IKNY), высочайшая точка Чукотки. Несмотря на слабую заселенность региона, недалеко от вершины располагается действующая географическая обсерватория Мыс Шмидта, что может облегчить поддержку потенциальной станции. Наиболее перспективным, но в то же время труднореализуемым вариантом является высшая точка хребта Орулган (ORGN), расположенного в Якутии. При отсутствии дорог и высоте над уровнем моря, приближающейся к таковой для Антарктического Плато, данный регион является крайне труднодоступным.

Помимо описанных локаций, в таблице представлены характеристики и других станций, отличающихся повышенной чувствительностью к КЛ. В рамках данной работы стоит отметить, что НМ SOPO/SOPB и

DOMC/DOMB являются действующими детекторами, способными регистрировать sub-GLE; HM VSTK проводил измерения в прошлом, но ныне не функционирует [8]; идея HM SUMT была предложена другой группой исследователей [7], но на данный момент неясно, будет ли данный проект реализован; HM SNAE является действующим, но в силу не слишком большой высоты над уровнем моря не способен регистрировать sub-GLE в полной мере.

Таблица.

Имя	Широта, град.	Долгота, град.	Высота, м.	h , г/см ²	E_c , МэВ	R_c , ГВ
PAYR	66.72	64.38	1472	851	366	0.51
IKNY	67.82	178.28	1887	803	352	0.49
ORGN	67.58	128.13	2409	750	337	0.56
SOPO	-90	0	2820	698	323	0.36
DOMC	-75.06	123.20	3233	660	314	0.19
VSTK	-78.47	106.87	3488	636	308	0.21
SUMT	72.34	-38.27	3126	679	318	0.31
SNAE	-71.67	-2.85	856	910	385	0.47

Для всех НМ были вычислены параметры, характеризующие их способность регистрировать КЛ: энергия атмосферного обрезания E_c , жесткость геомагнитного обрезания R_c и асимптотические направления приема [9], необходимые при изучении анизотропных событий. Расчет характеристик, связанных с геомагнитным полем, осуществлялся в инструменте ИЗМИРАН (<https://tools.izmiran.ru/cutoff>), а используемая методика вычисления E_c аналогична описанной в работе [10].

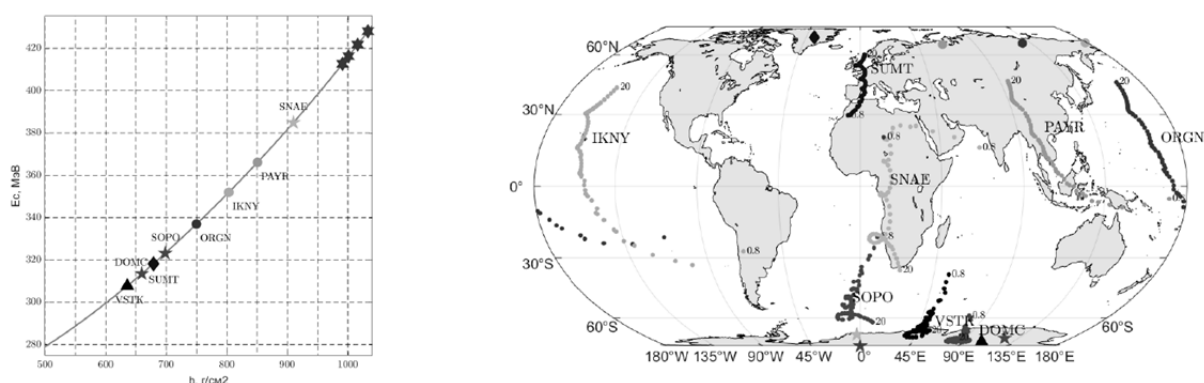


Рисунок.

Результаты расчетов представлены на рисунке. На левой панели изображена зависимость энергии обрезания от толщины атмосферы, на которую нанесены станции, обсуждаемые в данной работе. Шестиконечными звездами обозначены нечувствительные к sub-GLE НМ, расположенные

вблизи уровня моря. Можно видеть, что потенциальные новые станции по своим характеристикам располагаются посередине между НМ SNAE и SOPO. На правой панели представлены асимптотические направления приема НМ, обозначения которых аналогичны таковым на левой панели. С установкой новых детекторов, к существующей паре НМ SOPO+DOMC добавляются такие варианты регистрации sub-GLE, как PAYR+SNAE, IKNY+SOPO, ORGN+SNAE и ORGN+SOPO.

3. Заключение

В работе представлена идея строительства в арктической зоне РФ новой станции для регистрации КЛ и контроля состояния окружающей среды, приведены результаты расчета характеристик подобного комплекса и его сравнения с уже существующими обсерваториями.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание, проект “Фундаментальные и прикладные исследования космических лучей”, № FSWU-2023-0068).

Литература

1. *Mishev et al.* // Journal of Geophysical Research (Space Physics), 2020, 125.2, e27433.
2. *Gerontidou M. et al.* // Advances in Space Research, 2021, 67.7, 2231.
3. *Nuntiyakul W. et al.* // The Astrophysical Journal, 2014, 795.1, 11.
4. *Dorman.* // Cosmic Rays in the Earth's Atmosphere and Underground. 2004. Springer Netherlands.
5. *Poluianov et al.* // Solar Physics, 2017, 292.11, 176.
6. *Mishev et al.* // Journal of Space Weather and Space Climate, 2017, 7, A28.
7. *Mishev et al.* // Journal of Space Weather and Space Climate, 2020, 10, 17.
8. *Poluianov et al.* // Solar Physics, 2024, 299.2, 6.
9. *Rao et al.* // Journal of Geophysical Research, 1963, 68.2, 345.
10. *Poluianov et al.* // Advances in Space Research, 2022, 70.9, 2610.