

ОЦЕНКИ НАБРАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ДОЗЫ СПАСАТЕЛЯМИ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ

В данной статье представлены результаты измерений интенсивности приземного потока тепловых нейтронов в Приэльбрусье во второй половине июня 2014 года. Маршрутные съемки проведены мобильным счетчиком «СНМ 18» по трассам Р217 и А158 от Минеральных Вод до Терскола, от Терскола до Налчика и на южном склоне Эльбруса. Полученные результаты маршрутных съемок представлены в виде региональной модели нейтронного приземного фона. Показано соответствие данным о радиации в свободной атмосфере по климатической модели NASA, а также повышенный уровень (в разы) набранной дозы радиации спасателей в Приэльбрусье.

Ключевые слова: нейтрон, фон, поток, измерения, технология, эксперимент, маршрутная съемка, модель.

Tertyshnikov A.V., Bezvesilnaya A.A.

ASSESSMENT SCORED RADIATION DOSE RESCUERS ELBRUS MOUNTAIN

This article presents the results of measurements of the intensity of surface thermal neutron flux in the Elbrus region in the second half of June, 2014. Route survey conducted mobile counter «SNM 18» on the R217 and A158 routes from Mineralnye Vody to Terskol, from Terskol to Nalchik and on the south slope of Mount Elbrus. The results of route surveys are presented in the form of a regional model of the surface of the neutron background. The correspondence of data on radiation in the free atmosphere by NASA climate models, as well as elevated levels of (at times) dialed dose of radiation in the Elbrus rescuers.

Keywords: neutron, background, flux, measurements, technology, experiment, reconnaissance survey, model.

Введение

В исследовательском центре Лэнгли (Langley Research Center, LaRC) в рамках проекта NASA по сверхкраткосрочному прогнозированию радиационной опасности авиаперелетов [1] разработаны климатические модели радиации и нейтронного потока в атмосфере Земли [2]. Нейтроны — это нейтральные частицы с массой, близкой к массе протона, и спином, равным $\frac{1}{2}$ [3]. Из нейтронов и протонов состоят атомные ядра.

Основным источником свободных нейтронов в атмосфере Земли является космическое излучение. Преимущественно протоны космических лучей создают при взаимодействии с атомами атмосферы Земли вторичное космическое излучение, содержащее пионы, протоны, нейтроны, мюоны, электроны, позитроны и фотоны. Слу-

чай аномального возрастания потока тепловых нейтронов у земной поверхности связываются с нейтронами земного происхождения.

Нейтронный фон или поток гамма-квантов определяются макроскопическим сечением поглощения тепловых нейтронов в среде (свойствами среды). С высотой уровень радиации и нейтронного потока растет, что необходимо учитывать при работе специалистов МЧС РФ, продолжительное время работающих в горных районах или осуществляющих частые перелеты. Набранная доза радиации может в разы превысить уровни, получаемые людьми на уровне моря.

Обзор технологий, а также очевидный коллапс в исследованиях потока тепловых нейтронов представлен в [4, 5], где оставлены без вни-

мания вопросы времени жизни тепловых нейтронов, что актуально при обработке данных наблюдений нейтронного фона, и др. Попытки разобраться в результатах из [4, 5] привели к постановке ряда натурных экспериментов на полигоне Сура и в Приэльбрусье.

В июне 2014 г. в ходе экспедиции в Приэль-

брусье удалось провести маршрутные съемки интенсивности потока тепловых нейтронов мобильным счетчиком потока тепловых нейтронов СНМ 18 (наполнение – 97% ^3He + 3% Ar, 405 кПа), который был предоставлен авторами [4]. При этом, счетчик работал в пропорциональном режиме.

Результаты измерений

Выбор маршрутов в июне 2014 г. для измерений потока тепловых нейтронов в Приэльбрусье определялся основными задачами экспедиции, проводившей экспериментальное зондирование ионосферы над Эльбрусом и установку сетевых геодезических навигационных приемников сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

Измерения потока тепловых нейтронов проводились в период летнего солнцестояния 2014 г. Состояние магнитного поля Земли в период проведения измерений было спокойным. Индекс Кр 17.06.2014 г. по данным [6] соответствовал значению 1+, 18.06.2014 г. – 3–, 19.06.2014 г. – 2, 20.06. – 2, 21.06. – 1, 22.06. – 1–, 23.06. – 1–, 24.06. – 1+, 25.06. – 1. В изменении индекса ар возмущений не было. Интенсивность солнечного излучения на длине волны 10,7 см (F10,7) уменьшалась: 20.06. – 105.5, 21.06. – 104.5, 22.06. – 97.3, 23.06. – 95.6, 24.06. – 96.6, 25.06. – 100.2. Возмущений ионосферы не было. 22.06.2014 г. началась перестройка атмосферной циркуляции. На Приэльбрусье начал оказывать воздействие гребень повышенного давления с северо-запада, что привело к уменьшению облачности.

Сейсмические условия региона были спокойными. Геофизической службой РАН [7] на Восточном Кавказе 23.06.2014 г. в 05:27:44.0 UT были зафиксированы слабые землетрясения с

координатами эпицентра 42.92° с.ш. и 45.44° в.д., магнитудой $m_b=3,6-4,0$, глубиной гипоцентра $z=15$ км, 24.06.2014 г., $t=12:36:34.1$, 43.62° с.ш., 45.64° в.д., $m_b=3,6$, $z=10$ км, а также на Западном Кавказе 24.06.2014 г., $t=05:07:28.3$, 44.66° с.ш., 37.25° в.д., $m_b=3,4$, $z=10$ км.

В этих условиях были проведены измерения потока тепловых нейтронов по следующим маршрутам:

1. Минеральные Воды – Терскол по трассам Р217 и А158 (17.06.2014 г.);
2. Южный склон Эльбруса (Терскол – поляна Азау – станция Мир – Гара-Баши – Приют 11, 22.06.2014 г.);
3. Терскол – Нальчик по трассе А158 и Р217 (25.06.2014 г.).

Дискретность снятия данных была настроена через каждые 3 минуты.

Для координатной привязки счетчика СНМ 18 при проведении измерений использовался планшетный компьютер, с встроенным блоком позиционирования GPS/ГЛОНАСС, и работающее под управлением ОС Android бесплатное программное обеспечение «Геотрекер» [8].

Полученные результаты мощности потока тепловых нейтронов по указанным маршрутам представлены на рисунках 1-3.

Маршрут Минеральные Воды – Терскол (17.06.2014 г.).

Счетчик потока тепловых нейтронов для измерений по маршруту Минеральные Воды — Баксан — Терскол (17.06.2014 г.) был установлен на крыше легкового автомобиля.

На рисунке 1 представлены полученные результаты измерений потока тепловых нейтронов по времени и по высоте над уровнем моря. Продолжительные почти неизменные изменения рассчитанной высоты соответствуют стоянкам автомобиля.

Значительное увеличение отклонений рассчитанной трассы от положения шоссе на кос-

мическом снимке может быть обусловлено искажением сигналов навигационных космических аппаратов системы GPS в горах и погрешностями одночастотного позиционирования в алгоритмах приемовычислителя используемого навигатора. Увеличение вариаций потока тепловых нейтронов были отмечены в районе Тырнауза. Это могло быть обусловлено не только значительными перепадами высот, но и рудными месторождениями (вольфрама, молибдена и др.).

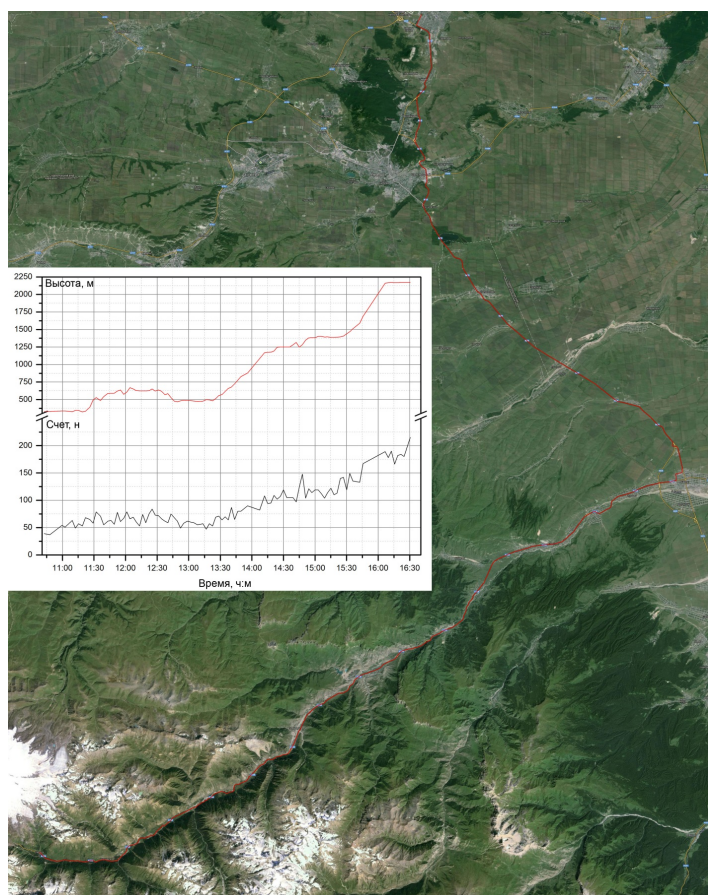


Рисунок 1 – Интенсивность потока тепловых нейтронов по маршруту Минеральные Воды — Терскол (шоссе М29 и А158) 17.06.2014 г.

Маршрут по южному склону Эльбруса (Терскол — поляна Азау — станция Мир — Гара-Баши, 22.06.2014 г.)

На южном склоне Эльбруса измерения потока тепловых нейтронов проводились с поляны Азау при движении на подъемниках канатной дороги и на ее пересадочных пунктах. При общей тенденции увеличения интенсивности потока тепловых нейтронов с высотой было отмечено снижение потока нейтронов во время пересадок на пунктах канатной дороги на высоте 2800 м (10:40 UT) и 3200 м (11:10 UT) над уровнем

моря (рисунок 2). Возможно, что эти эффекты были обусловлены снежным покровом над вулканическими породами южного склона Эльбруса.

На станции Мир на высоте около 3300 м над уровнем моря были проведены достаточно длительные измерения потока тепловых нейтронов со средней интенсивностью около 400 импульсов в секунду.

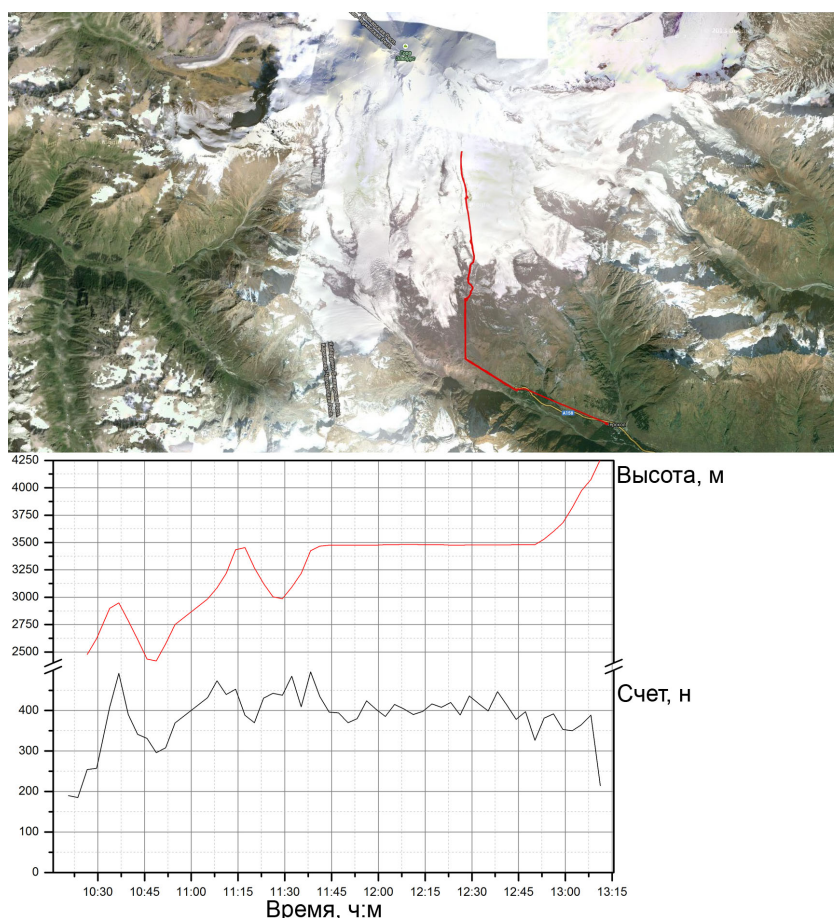


Рисунок 2 – Интенсивность потока тепловых нейтронов по маршруту Терскол — южный склон Эльбруса 22 июня 2014 г.

Из-за холода на склоне Эльбруса быстро разрядился аккумулятор. Поэтому при подъеме на третий пункт маршрута (Гара-Баши, 3800 м) счетчик тепловых нейтронов остался без пита-

ния и отключился. В условиях высокогорья и разряженной атмосферы это не сразу было замечено.

Маршрут Терскол — Нальчик (25.06.2014 г.).

Маршрут и результаты измерений потока тепловых нейтронов по маршруту Терскол — Нальчик (25.06.2014 г.) показаны на рисунке 3. Перепад высот начального и конечного пункта маршрута составил около 1500 м.

В районе Тырнауза также были отмечены небольшие всплески потока тепловых нейтронов. Возможно, из-за меньшего количества облачности и прекратившихся дождей вариации потока тепловых нейтронов на участке маршру-

та Терскол-Баксан были больше, чем при съемках 17.06.2016 г. на отрезке Баксан-Терскол.

На полпути между Баксаном и Нальчиком разрядился аккумулятор навигатора. Поэтому часть отрезка рассчитанного маршрута между Баксаном и Нальчиком не выделена красной линией. При этом счетчик тепловых нейтронов продолжал работать и был выключен только в Нальчике.

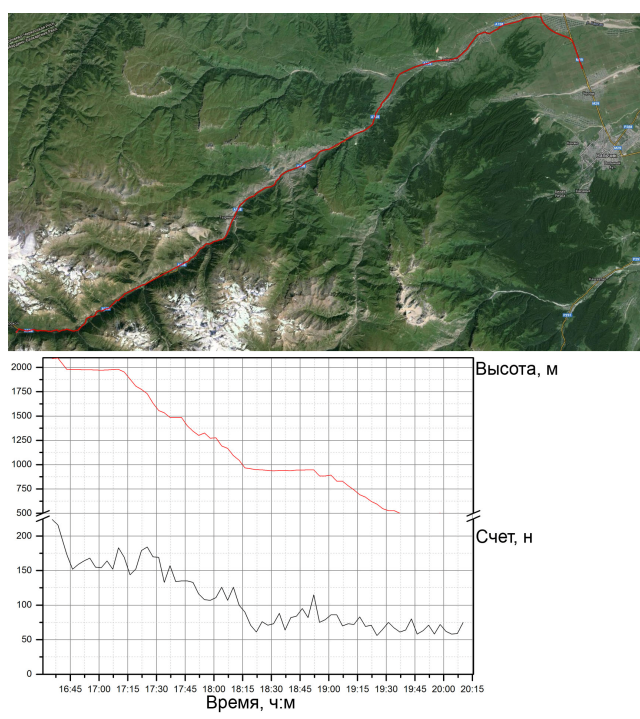


Рисунок 3 – Интенсивность потока тепловых нейтронов по маршруту Терскол — Нальчик 25.06.2014 г.

Обсуждение результатов

Основным фактором в изменениях интенсивности потока тепловых нейтронов является высота над уровнем моря и состояние подстилающей поверхности. Поэтому для полученных на всех маршрутах данных с использованием метода наименьших квадратов были построены ли-

нейные уравнения регрессии интенсивности потока тепловых нейтронов от высоты (рисунок 4).

Сгущения точек на графиках обусловлены стоянками экспедиции и естественной орографией маршрутов.

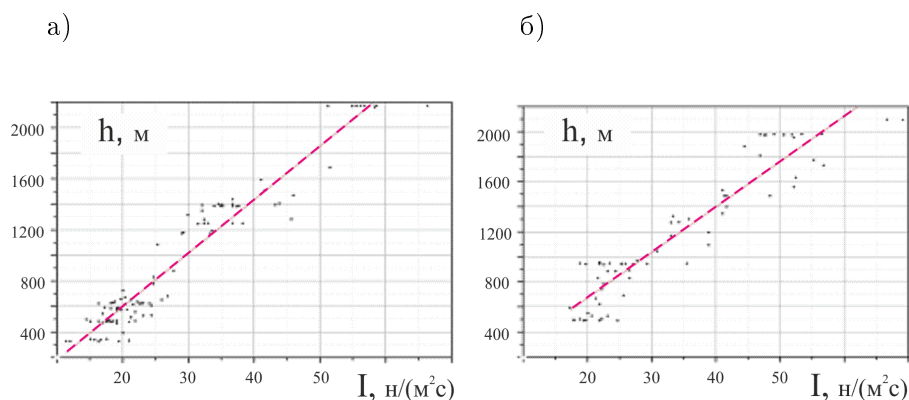


Рисунок 4 – Изменение интенсивности потока тепловых нейтронов по высоте на трассах

Полученные результаты измерений приземного нейтронного фона на маршруте Терскол-Баксан в июне 2014 г. соответствуют модели удельной интенсивности потока (I) тепловых нейтронов в виде:

$$I = 0,0815h + 20 + R,$$

где R используется для учета влагосодержания в приземном слое атмосферы. При наличии осадков $R=10$ н/с на кв. метр. При сырой и облачной погоде $R=0$.

Погрешности полученных оценок — 15–20%.

Для отрезка высот 2500–3300 м над уровнем моря на южном склоне Эльбруса удельная интенсивность потока тепловых нейтронов соответствует модели: $I=0,118h+6$. Наклон линейной зависимости с высотой увеличивается, как и коэффициент корреляции между высотой и интенсивностью потока тепловых нейтронов при использовании экспоненциальных зависимостей. Это отмечено для измерений с самолетов [4, рисунок 25]. При этом требуется уточнение оцифровки осей графика в [4, рисунок 25], где на высоте 3 км средняя интенсивность нейтронного потока оценена в 3 н/с, а на высоте 2 км вдвое меньше. Последнее на полтора порядка меньше, чем оценки, полученные при маршрутных съемках в районе Майкопа [4, рисунок 22].

В результате проведенных измерений в Приэльбрусье интенсивность потока тепловых нейтронов на высоте 2 км оценена в 54–57 н/с на кв. метр, что в полтора раза больше, чем для маршрутных съемок в [4, рисунок 22], хотя по тексту [4. С. 114] максимальная оценка соответствует полученным результатам измерений в Приэльбрусье.

На высоте 1 км интенсивность потока для маршрутных съемок в районе Майкопа в [4, рисунок 22] соответствует 22–23 н/с на кв. м., а в измерениях в Приэльбрусье эта оценка на четверть больше (28–30 н/с на кв. м.). Время проведения эксперимента в [4, для рисунок 22] не указано. По приведенным фотографиям можно предположить, что это лето.

Полученные оценки маршрутных съемок интенсивности приземного потока тепловых нейтронов в Приэльбрусье лучше, чем в [4], соответствуют данным климатической модели распределения радиации по высоте в свободной атмосфере [2], хотя представленные результаты экспедиционных измерений получены у земной поверхности.

Достаточно очевидна опасность набора повышенной дозы радиации для работающих в горных районах спасателей и альпинистов.

Достаточно очевидна опасность набора повышенной дозы радиации для работающих в горных районах спасателей и альпинистов.

Выводы

В Приэльбрусье во второй половине июня 2014 г. получена модель интенсивности потока тепловых нейтронов региона по высоте.

Полученные оценки интенсивности потока тепловых нейтронов у земной поверхности в Приэльбрусье соответствуют данным клима-

тической модели LaRC Parametric Atmospheric Ionizing Radiation (AIR) Model [2] в свободной атмосфере.

С высотой уровень радиации и нейтронного потока растет, что необходимо учитывать при

работе специалистов МЧС РФ, продолжительное время работающих горных районах. Набранная доза радиации может в разы превысить уровни, получаемые людьми на уровне моря.

Благодарности

Авторы благодарят Аракелова А.С., Филиппова М.Ю., Земского П.Ю., Глухова Я.В. за помощь в проведении измерений, Земского П.Ю. за помощь в первичной обработке данных, Филиппова М.Ю. за предоставленный для экспедиции автомобиль.

Авторы благодарят Р.Х. Калова (ФГБУ «ВГИ») за помощь в проведении экспедиции, Ю.В. Писанко (ФГБУ «ИПГ») и И.Ю. Олтян (ВНИИ ГОЧС) за внимание к работе, полезные советы и плодотворные дискуссии.

Литература

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://sol.spacenvironment.net/nairas/d\T2A\cyrocs/nairas_4thquarter_2008.pdf (дата обращения 08.08.16)
2. Christopher J. Mertens, Brian T. Kress, Michael Wiltberger, W. Kent Tobiska, Barbara Grajewski and Xiaojing Xu Atmospheric Ionizing Radiation from Galactic and Solar Cosmic Rays / <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/32114.pdf>.
3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/> (дата обращения 08.08.16).
4. Сыроешкин А.В., Лапшин В.Б., Плотникова Н.В. Нейтронное поле у поверхности земли и биосфера. — Обнинск: ВНИИГМИ — МЦД, 2011. — 204 с.
5. Сыроешкин А.В. Нейтронное поле Земли и биосфера. — 2012. Palmarium Academic Publishing. 236 с.
6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://celestrak.com> (дата обращения 08.08.16).
7. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru> (дата обращения 08.08.16).
8. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ilyabogdanovich.geotracker&hl=ru> (дата обращения 08.08.16)

Рецензент: доктор военных наук, профессор Мазаник А.И.