

А. В. Салагаева  
Р. Г. Хлебопрос

**ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ  
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ  
НА ТРОПОСФЕРУ  
И БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ:  
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Монография

Институт экономики, управления  
и природопользования



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

А. В. Салагаева, Р. Г. Хлебопрос

**ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ  
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ  
НА ТРОПОСФЕРУ И БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ:  
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Монография

Красноярск  
СФУ  
2014

УДК 502.211:528.029.6

ББК 26.234.5

C16

*Рецензенты:* В. Б. Кашкин, д-р техн. наук, проф. Сиб. федер. ун-та;  
Ю. Л. Гуревич, д-р физ-мат. наук, проф., гл. науч. сотр. МНЦИ ЭСО  
при Президиуме КНЦ СО РАН

**Салагаева, А. В.**

C16 **Влияние вторичных нейтронов космических лучей на тропосферу и биосферу Земли: эколого-экономический аспект : монография / А. В. Салагаева, Р. Г. Хлебопрос. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 88 с.**

ISBN 978-5-7638-3076-7

Рассмотрена проблема радиационной безопасности при авиаперелетах. Исследованы вторичные нейтроны. Приведены методы вычисления пространственного распределения нейтронных потоков при максимальной и минимальной солнечной активности и их влияние на тропосферу и биосферу Земли. Предложен новый способ прогнозирования изменения радиационного состояния тропосферы в режиме реального времени посредством использования наземной глобальной сети нейтронных мониторов и вероятностно-каскадной модели распределения нейтронов в атмосфере.

Предназначена для специалистов, студентов и аспирантов вузов, интересующихся прикладными аспектами физики космических лучей.

---

Научное издание

**Салагаева Анжелика Валериевна**  
**Хлебопрос Рем Григорьевич**

**ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ  
НА ТРОПОСФЕРУ И БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ:  
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Редактор *Н. А. Варфоломеева*  
Компьютерная верстка *Н. Г. Дербенёвой*

Подписано в печать 13.11.2014. Печать плоская. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,5. Тираж 500 экз. Заказ № 1769

Издательский центр Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел./факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.kras.ru

Отпечатано Полиграфическим центром Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета 660041, Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел./факс (391) 206-26-49, тел. 206-26-67 E-mail: print\_sfu@mail.ru; http://lib.sfu-kras.ru

**Электронный вариант издания см.:**  
**<http://catalog.sfu-kras.ru>**

**УДК 502.211:528.029.6**  
**ББК 26.234.5**

ISBN 978-5-7638-3076-7

© Сибирский федеральный  
университет, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ПЕРВИЧНЫЕ ГАЛАКТИЧЕСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ.....	9
1.1. Основные сведения о космических лучах.....	9
1.2. Краткая история космических лучей.....	12
1.3. Определение интенсивности космических лучей.....	14
2. ПОТОКИ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ.....	17
2.1. Вторичные космические лучи. Основные свойства нуклонного компонента .....	17
2.2. Вероятностно-каскадный метод вычисления потоков вторичных нейтронов.....	20
2.3. Геофизический эффект.....	22
2.4. Методы регистрации вторичных нейтронов.....	27
3. СОЛНЕЧНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ.....	31
3.1. Классификация вариаций космических лучей.....	31
3.2. Природа вариаций космических лучей.....	36
3.3. Солнечная модуляция потоков вторичных нейтронов .....	39
3.4. Основы метода коэффициентов связи .....	42
4. ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ В ВЕРХНЕЙ ТРОПОСФЕРЕ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЗЕМНОЙ СЕТИ НЕЙТРОННЫХ МОНИТОРОВ И ВЕРОЯТНОСТНО-КАСКАДНОЙ МОДЕЛИ.....	44
4.1. Наземная сеть нейтронных мониторов .....	44
4.2. Алгоритм вычисления интенсивности потоков вторичных нейтронов в верхней тропосфере в режиме реального времени при различных фазах солнечной активности .....	46
4.3. Оценка уровня предельно допустимой радиационной дозы в атмосфере в режиме реального времени .....	50
5. ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ТРОПОСФЕРЕ.....	54
5.1. Космические лучи и климат.....	54
5.2. Влияние атмосферных нейтронов на озоновый слой.....	60
5.3. Влияние солнечной активности на генерацию импульсов радиоволн земной коры .....	64
5.4. Биологическое воздействие вторичных нейтронов.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	81