

Проект

Геофизический Центр РАН - ГНЦ РФ ААНИИ

О взаимосвязи эндогенной активности Земли с солнечной активностью и наземный мониторинг нейтронов для разработки нового подхода прогнозирования землетрясений, вулканических извержений и других неблагоприятных природных явлений

Научные и прикладные задачи:

На основе проведенных нами научных и прикладных работ, выполненных в 1990 - 2012гг, предлагается новое апробированное техническое средство прогнозирования природных и техногенных катастроф. Оно было создано в результате изучения в 1990-2012 г. взаимосвязи между солнечной активностью, сейсмическими и другими неблагоприятными природными явлениями и потоками нейтронов и других частиц, регистрируемыми на Земле.

Наш метод дополняет существующие геофизические методики и отличается тем, что позволяет прогнозировать природные катастрофы за длительный период (несколько месяцев в случае надвигающихся крупных событий) и в том числе самых пространственно отдаленных. Главным признаком надвигающейся катастрофы служит резкое увеличение интенсивности наземного нейтронного поля, наблюдаемого на нашем приборном комплексе.

1. Описание исследования

Мы провели анализ данных сейсмической и вулканической энергии, выделившейся на всем Земном шаре за период с 1680 по 2012 г., в сопоставлении с солнечной активностью. В результате выявлены вековые циклы солнечной активности, сейсмичности, а также эндогенной активности Земли в целом продолжительностью около 100 лет, то есть, включая вулканическую активность. В начале каждого из циклов XVIII, XIX и XX веков, сейсмическая и вулканическая активность имели максимальное значение, значения же чисел Вольфа, характеризующие солнечную активность, были минимальны. Таким образом, наблюдалась существенная отрицательная корреляция сейсмичности и вулканизма Земли с солнечной активностью. Другими словами, наибольшая сейсмическая и вулканическая активность имела место при небольшой солнечной активности, и наоборот. По нашим данным, третий (начиная с 1680 г.) вековой цикл, начавшийся в 1890 г., закончился в конце XX в. Это позволяет считать, что в 90-х годах прошлого века начался новый вековой цикл, в начале которого (по аналогии с предшествующими) должны будут наблюдаться относительно пониженная солнечная активность и, наоборот, сильная сейсмическая и вулканическая активность, которая сохранится на протяжении примерно первой трети столетнего цикла. Землетрясения 26.12.2004 г. с магнитудой $M=9$, 28.03.2005 г. с $M=8.6$ в районе Индонезии, землетрясения в 2006 и 2007 гг. с $M>8$, а также последние данные по сейсмичности за 2008-2011гг. подтверждают этот вывод. Землетрясение в Чили с $M=8,8$, которое произошло 27 февраля 2010 г., и землетрясение в Японии с $M=9$ 11 марта 2011 и 11 апреля 2012г в Индонезии продолжило список мощных землетрясений, которые, как прогнозировалось, будут происходить в начале наступившего векового цикла. Данные о вулканическом извержении в апреле 2010 г. также подтверждают этот вывод. (см. 1. Шестопалов И. П., Харин Е. П. Изменчивость во времени связей сейсмичности Земли с циклами солнечной активности различной длительности. // Геофизический журнал. 2006. Т. 28. №4. С.59-70. 2. Белов С.В., Шестопалов И.П., Харин Е.П. О взаимосвязях эндогенной активности Земли с солнечной и геомагнитной активностью // Доклады Академии наук. 2009. Т.428. № 1. С.104-108. 3. Шестопалов И., Белов С. В., Соловьев А.А., Кузьмин Ю. Д. О генерации нейтронов и геомагнит-

ных возмущениях в связи с Чилийским землетрясением 27 февраля и вулканическим извержением в Исландии в марте-апреле 2010г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53. №1.С.130-142.).

Известно, что нейтроны в атмосфере возникают в результате взаимодействия первичного космического излучения с ядрами атомов воздуха. Под действием космического излучения в атмосфере Земли образуются нейтроны в широком диапазоне энергий: от тепловых до энергий первичных космических частиц. Другой источник генерации нейтронов Солнце. Образование нейтронов может происходить во время солнечных вспышек при взаимодействии ускоренных частиц с различными ядрами солнечной атмосферы.

В исследованиях последних лет показано, что источником нейтронов может быть и сейсмическая активность Земли (*Кужевский Б.М., Петров В.М., Шестопалов И.П.* О прогнозировании радиационной обстановки в межпланетном пространстве. // Космические исследования. 1993. Т. 31. №6.С. 89-103.). В экспериментах, проводившихся на спутниках и одновременно на Земле, обнаружено, что вариации космических лучей, регистрируемые нейтронными мониторами на Земле во время возмущений в межпланетной среде, определяются не только процессами на Солнце, но и внутриземными процессами во время землетрясений. Таким образом, нейтронные мониторы на Земле регистрируют частицы не только космического, солнечного, но и земного происхождения. Энергетический спектр этих нейтронов охватывает диапазон: от тепловых до быстрых. Вывод о нейтронах земного происхождения подтверждается в работе японских исследователей, показавших, что перед землетрясениями и вулканическими извержениями происходит возрастание потоков нейтронов в несколько раз по сравнению с контрольными измерениями, проводимыми в относительно геодинамически спокойной области. В исследованиях, проводившихся в течение ряда лет на шарах-зондах в атмосфере Земли в НИИЯФ МГУ, была обнаружена анизотропия потоков тепловых нейтронов (см: *Кужевский Б. М., Нечаев О. Ю., Шаврин П. И.* Анизотропия тепловых нейтронов в атмосфере // Геомагнетизм и аэрономия. 1995. 32, № 2. С. 166-170.). Оказалось, что на высотах до 3—5 км поток нейтронов, направленный от Земли, существенно превышал поток к Земле (среднее значение анизотропии для этих высот составляло $0,6 \pm 0,2$).

В экспериментах, проводимых в 2009-2012г, получено подтверждение о регистрации на поверхности Земли нейтронов, связанных с землетрясениями и вулканическими извержениями.

В результате наземных измерений:

а) тепловых и быстрых нейтронов, а также гамма излучения, проводившихся в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва;

б) тепловых нейтронов проводившихся на пункте комплексных наблюдений Камчатского филиала Геофизической службы РАН вблизи г. Петропавловск-Камчатский были зарегистрированы потоки частиц, связанные с происшедшим 27 февраля крупным землетрясением в Чили с магнитудой $M_w = 8,8$, вулканическим извержением в Исландии и землетрясением в Японии 11марта 2011г. По последним данным значительные потоки нейтронов наблюдались в землетрясении 11апреля 2012г.

Наблюдалось как непрерывно-монотонное увеличение потоков частиц, так и отдельные кратковременные возрастания с амплитудой по минутным данным в несколько тысяч, десятки и сотни тысяч процентов. Возрастания частиц начинали наблюдаться за несколько месяцев до самих событий. (см. 1. *Шестопалов И. П., Белов С. В., Кузьмин Ю. Д.* К вопросу о причинах возникновения катастрофы на Японской АЭС «Фукусима» // XII Международная конференция «Безопасность АЭС и подготовка кадров - 2011»: Тезисы докладов, Обнинск, 4-7 октября 2011 г. Т.1, С. 59-62. 2. *Шестопалов И., Белов С. В., Соловьев А.А., Кузьмин Ю. Д.* О генерации нейтронов и геомагнитных возмущениях в связи с Чилийским землетрясением

27 февраля и вулканическим извержением в Исландии в марте-апреле 2010г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53. №1.С.130-142).

Эти факты указывают на то, что вблизи земной поверхности существует поле тепловых нейтронов, величина которого определяется сейсмической и вулканической активностью Земли.

Возможные механизмы. Для объяснения возможных механизмов генерации нейтронов необходимо обратить внимание на следующие факты.

Известно, что крупные землетрясения, такие как 28 декабря 2004 г. на Суматре, в Чили 27 февраля 2010 г., в Японии 11 марта 2011г. вызывали изменение длительности суток и изменение ориентации земной оси. То есть, очевидно, что в случае крупных землетрясений возмущения охватывают все геосферы Земли. Возможно, подобные возмущения отражают дрейф ядра и его вынужденные колебания с широким спектром частот относительно вязко-упругой мантии Земли. В настоящее время многие ученые считают, что объяснения флуктуаций скорости вращения Земли следует искать в эффектах взаимодействия мантии и ядра. В геофизике считается установленным, что ядро вращается относительно мантии со скоростью около $0,2^\circ$ в год. Дрейф ядра и интенсификация его циклических смещений сопровождаются упругими деформациями мантии и соответствующими резкими изменениями напряженного и термодинамического состояния всех её слоев.

Установлено, что при деформациях внутренняя энергия тела возрастает, и вещество переходит в качественно новое активированное состояние, в котором возможно протекание реакций и процессов, невозможных при обычных условиях. Таким образом, в процессе механического воздействия, реализуемого в пластичной области, возможен переход вещества горных пород в активированное - ионизированное состояние. Наблюдаемые всплески нейтронов и других частиц, длительность которых составляет несколько минут, позволяют сделать вывод, что процессы внутри Земли, которые приводят к генерации частиц, протекают очень быстро. Это означает, что в гипоцентре землетрясения и очаге вулканического извержения могут происходить кратковременные увеличение давления и температуры, причина которых - ядерные реакции в недрах.

Однако возникает вопрос – как генерированные подобным образом нейтроны доходят до земной поверхности, не затухая? По современным представлениям геофизическая среда состоит из блоков различных размеров: от очень крупных до весьма небольших, то есть она является не сплошной, а иерархически дискретной. Система эта открыта для энергообмена с окружающей средой и обладает способностью связывать в себе упругую энергию, что позволяет рассматривать её как динамичную энергосодержащую среду. Активность - основное свойство такой среды. Временные изменения свойств пород связаны не с перемещениями вещества, а главным образом с изменением напряженно-деформированного состояния геосреды.

В результате происходит передача энергии от одного структурного элемента к другому в различных направлениях и образование фронта деформации. То есть наблюдаемое распространение фронта деформации в геосреде может быть понято как процесс последовательной передачи с конечной скоростью тектонической перегрузки от одного структурного элемента геофизической среды к другому. В этом случае должны генерироваться гипотетические частицы (Υ), обладающие большой проникающей способностью и при взаимодействии с геофизической средой последовательно генерировать нейтроны и другие частицы, обеспечивая их трансляцию, продвижение и появление у земной поверхности.

Тот факт, что как сейсмическая, так и вулканическая активность Земли является источником нейтронов и других частиц, можно использовать для их прогнозирования. Для этого необходимо расположить в нескольких активных зонах в северном и южном полушариях Земли приборы для регистрации тепловых и быстрых нейтронов. В результате можно будет заранее оценивать сейсмическую и вулканическую активность на планете и в случае доста-

точного количества приборов, возможно, получить представление о районе их возникновения.

Применительно к поставленной задаче нами получены следующие патенты: 1. Способ оперативного прогнозирования землетрясений. Патент на изобретение 2006. 2. Устройство для регистрации нейтронного излучения в качестве предвестника землетрясений. Патент на полезную модель №44835, 2005. 3. Автоматизированная измерительно-информационная система для прогнозирования землетрясений. Патент на полезную модель №46589, 2005.

2. План исследований

Настоящий проект предполагает проведение работ на протяжении не менее одного солнечного цикла. Проект состоит из нескольких этапов:

На первом этапе работы эксперимент можно проводить при помощи следующей аппаратуры, в настоящее время расположенной в экспериментальном павильоне отдела космических лучей Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), в г. Троицк. Московской области. Отдельные блоки ее работают в непрерывном режиме с 2006 года.

2.1. Используемая аппаратура:

1. Экспериментальная установка для регистрации тепловых нейтронов.

В приборе для регистрации нейтронов применяются газоразрядные счетчики теплового нейтронного излучения типа Cu 19 N, диаметром 3 см и длиной 22 см, в количестве 15 шт. Счетчики наполнены газом ^3He при давлении 405,3 Па. Они имеют следующие характеристики

- эффективность регистрации тепловых нейтронов 80%;
- рабочее напряжение – 2300 В, протяженность плато счетной характеристики – 800 В;
- питание прибора 27 В, 2 А;
- Масса прибора около 10 кг. Габаритные размеры – (612x494x107) мм

2. Экспериментальная установка для регистрации быстрых нейтронов (безсвинцовый нейтронный монитор).

Монитор быстрых нейтронов состоит из 23 гелиевых пропорциональных счетчиков тепловых нейтронов типа ПД 631 (длина ~ 1м), расположенных в два ряда и окруженных полиэтиленовыми плитами, толщиной 15 см.

Счетчики нейтронов ПД-631 имеют следующие характеристики:

- эффективность регистрации тепловых нейтронов 60%;
- чувствительность - 190 имп/нейтрон \times м²;
- рабочее напряжение – 1750 В, протяженность плато счетной характеристики – 400 В
- питание прибора 27 В, 2 А;
- Габаритные размеры в мм: 1106 x 636 x 242, масса 107 кг.

3. Экспериментальная установка, выполненная на базе стандартного нейтронного монитора nm64. Результаты ее наблюдений будут сравниваться с данными вышеуказанной аппаратуры. В детектор нейтронного монитора входят пропорциональные счетчики, наполненные трехфтористым бором, обогащенным изотопом ^{10}B . Счетчики окружены свинцом для генерации в них нейтронов и полиэтиленом для замедления быстрых нейтронов до тепловых. Таким образом, детектор этого прибора выполнен так, что он регистрирует нейтроны с энергией выше 20-30 МэВ.

2.2. На протяжении первого года предусматривается выполнение следующих работ:

- Доработка уже имеющихся приборов.
- Транспортировка приборов:

- а) в составе всех перечисленных установок в Антарктиду на станцию Новолазаревская.
- б) в составе установок для регистрации тепловых и быстрых нейтронов на Камчатку.
- в) в составе установок для регистрации тепловых и быстрых нейтронов в лабораторный корпус отдела космических лучей Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва.

2.3. Второй этап работ

В дальнейшем можно будет изготовить новое поколение приборов для размещения их в различных активных районах мира.

3. Организации-участники:

1. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ), Россия, Санкт-Петербург (головная организация)
2. Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г.Москва
3. Геофизический центр РАН, Москва.

Ключевые публикации по данной тематике:

1. *Соболев Г. А., Шестопалов И.П., Харин Е. П.* Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли. // *Физика Земли*. 1998. №7. С. 85-89
2. *Шестопалов И.П., Рогожин Ю.А.* Корреляция между микробиологической и сейсмической активностью с учетом взаимосвязей «Солнце-Земля» и генерации нейтронных потоков.// *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2005. Т. 39. № 3.С.20-26.
3. *Шестопалов И. П., Харин Е. П.* Изменчивость во времени связей сейсмичности Земли с циклами солнечной активности различной длительности. // *Геофизический журнал*. 2006. Т. 28. №4. С.59-70
4. *Белов С.В., Шестопалов И.П., Харин Е.П.* О взаимосвязях эндогенной активности Земли с солнечной и геомагнитной активностью // *Доклады Академии наук*. 2009. Т.428. № 1. С.104-108.
5. *Харин Е.П., Белов С.В., Шестопалов И.П.* Пространственно-временные изменения сейсмичности Земли и солнечная активность. // V Международная конференция “Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений”, с. Паратунка, Камчатский край. 2-7 авг. 2010 г., сборник докладов. Петропавловск- Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2010. С. 470-473.
6. *Белов С.В., Шестопалов И.П, Харин Е.П., Соловьев А.А., Баркин Ю.В.* Вулканическая и сейсмическая активность Земли : пространственно-временные закономерности и связь с солнечной и геомагнитной активностью. // *Новые технологии*. 20010. №2. С. 3-12.
7. *Кужевский Б.М., Петров В.М., Шестопалов И.П.* О прогнозировании радиационной обстановки в межпланетном пространстве. // *Космические исследования*. 1993. Т. 31. №6.С. 89-103.
8. *Yasunaga S.* Method and equipment for prediction of volcanic eruption and earthquake. Pat. № 5241175. USA. 1993. 8 p.
9. *Кужевский Б. М., Нечаев О. Ю., Шаврин П. И.* Анизотропия тепловых нейтронов в атмосфере // *Геомагнетизм и аэрономия*. 1995. 32, № 2. С. 166-170.
10. *Шестопалов И. П, Белов С. В., Харин Е. П., Соловьев А.А., Кузьмин Ю. Д.* Генерация нейтронов и особенности возмущения геомагнитного поля в период, предшествующий Чилийскому землетрясению 27 февраля 2010 г. с магнитудой Mw=8,8. // *Современное состояние наук о Земле. Материалы международной конференции, посвященной памяти Вик-*

тора Ефимовича Хаина, г.Москва, 1-4 февраля 2011 г. М.: Изд-во Геологический факультет Московского Государственного Университета имени М.В.Ломоносова, 2011. С.2105-2109.

11. *Шестопалов И.П., Рогожин Ю.А.* Способ определения сейсмической опасности. Патент на изобретение, RU 2 279 108 С1 2006

12. *Шестопалов И.П., Рогожин Ю.А.* Устройство для регистрации нейтронного излучения в качестве предвестника землетрясений. Патент на полезную модель №44835 2005

13. *Шестопалов И.П., Рогожин Ю.А.* Автоматизированная измерительно-информационная система для прогнозирования землетрясений. Патент на полезную модель №46589, 2005.

14. *Шестопалов И. П., Белов С. В., Кузьмин Ю. Д.* К вопросу о причинах возникновения катастрофы на Японской АЭС «Фукусима» // XII Международная конференция «Безопасность АЭС и подготовка кадров - 2011»: Тезисы докладов, Обнинск, 4-7 октября 2011 г. Т.1, С. 59-62.

19. *Шестопалов И., Белов С. В., Соловьев А.А., Кузьмин Ю. Д.* О генерации нейтронов и геомагнитных возмущениях в связи с Чилийским землетрясением 27 февраля и вулканическим извержением в Исландии в марте-апреле 2010г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53. №1.С.130-142

Об авторах:

1. Шестопалов Игорь Павлович,
Ведущий научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук,
Геофизический центр РАН, 119296, г.Москва, ул.Молодежная, д.3
тел. служ.: +7(495)930-56-19; тел. мобил.: 8 916 338 1805;
E-mail: shest@wpcb.ru

2. Янке Виктор Гугович,
заведующий отделом космических лучей Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва, кандидат физ.-мат. наук,
тел: 8-495 -851-09-25; тел. мобил.: 8-985-419-94-41
E-mail: yanke@ismiran.ru