

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт земной коры
Сибирского отделения Российской академии наук

Институт астрономии и геофизики Академии наук Монголии

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ХIII Российско-Монгольская МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО АСТРОНОМИИ И ГЕОФИЗИКЕ «СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ГЕОДИНАМИКА БАЙКАЛО-МОНГОЛЬСКОГО РЕГИОНА»

15–19 июля 2019

Организаторы

Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН
Институт земной коры Сибирского отделения РАН
Институт астрономии и геофизики академии наук Монголии

Программный комитет

Жеребцов Г.А. (ак. РАН, ИСЗФ СО РАН) – председатель
Григорьев В.М. (чл.-корр. РАН, ИСЗФ СО РАН) – заместитель председателя
Гладкочуб Д.П. (чл.-корр. РАН, ИЗК СО РАН) – заместитель председателя
Дэмбэрэл С. (академик МАН, ИАГ АН Монголии) – заместитель председателя
Медведев А.В. (д.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН)
Демидов М.Л. (д.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН)
Перевалова Н.П. (д.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН)
Семинский К.Ж. (д.г.-м.н., ИЗК СО РАН)
Одонбаатар Ч. (к.ф.-м.н., ИАГ АН Монголии)

Организационный комитет

Колобов Д.Ю. (зав. лаб., к.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН) – председатель
Русских И.В. (вед. инж.-прогр., ИСЗФ СО РАН) – заместитель председателя
Девятова Е.В. (н.с., к.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН) – отв. секретарь
Добрынина А.А. (с.н.с., к.ф.-м.н., ИЗК СО РАН) – отв. секретарь
Алешков В.М. (зам.директора по ОВ, ИСЗФ СО РАН)
Латышев С.В. (и.о. зав. ССО ИСЗФ СО РАН)
Коржова Е.Н. (ст. спец. ИСЗФ СО РАН)
Сыч Р.А. (зам.директора, к.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН)
Никонова М.В. (зав. РИО ИСЗФ СО РАН)
Лушева О.А. (зав. канц. ИСЗФ СО РАН)
Мороз А.А. (вед. инж.-электр. ИСЗФ СО РАН)
Михайлова Л.Е. (вед. бухг. ИСЗФ СО РАН)
Михайлова О.С. (м.н.с., к.ф.-м.н., ИСЗФ СО РАН)

Приветственный адрес

Мы рады видеть Вас на XIII Российско-Монгольской конференции, посвященной солнечно-земным связям и геодинамике Байкало-Монгольского региона!

В сборнике опубликованы тезисы докладов, представленных на конференции по пяти научным направлениям:

- 1) Исследования Солнца и солнечной активности с подведением итогов 24-го цикла;
- 2) Солнечно-земные связи и современная геодинамика;
- 3) Космическая погода и климат;
- 4) Геофизические поля и сейсмичность;
- 5) Опасные экзогенные процессы.

Программный комитет конференции.

Организационный комитет конференции.

Оглавление

Организаторы	iii
Программный комитет	iii
Организационный комитет	iii
Приветственный адрес	v
1 Исследования Солнца и солнечной активности с подведением итогов 24-го цикла	1
В.М. Григорьев. <i>История Российско-Монгольских конференций по астрономии и геофизике: солнечная физика</i>	1
В.М. Григорьев, Л.В. Ермакова. <i>Некоторые вопросы появления и ранней стадии развития солнечных активных областей</i>	2
Д. Батмунх, Д. Мунхманлай, Б. Тувшинжаргал. <i>Характеристики солнечных радиовсплесков типа III, определенные по наблюдениям радиоспектрометра Callisto</i>	2
С.А. Язев. <i>Комплексы активности на Солнце в 24-м цикле активности</i> . . .	3
А.В. Боровик, А.А. Жданов. <i>Солнечные вспышки малой мощности в оптическом и рентгеновском диапазонах длин волн в 21–24 солнечных циклах</i> .	4
В.С. Башкирцев. <i>Прогноз хода солнечной активности в 21-м веке</i>	4
А.А. Челпанов, Н.И. Кобанов. <i>Распространение колебаний, вызванных малой солнечной вспышкой</i>	5
Г.П. Машнич. <i>Спектральные исследования движений в волокнах от максимума к минимуму 24-го цикла</i>	5
И.П. Турова. <i>Особенности динамических процессов на разных уровнях солнечной атмосферы в основании корональной дыры</i>	6
С.А. Григорьева. <i>Пространственные вариации формы контуров линии К Ca II в различных хромосферных структурах в основании корональной дыры</i> .	6
О.А. Ожогина. <i>Наблюдение необычного светлого образования в тени пятна NOAA 12109 в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах спектра</i> .	7
Н.О. Муратова, Л.К. Кашапова, А.А. Муратов. <i>Наблюдение солнечной активности в диапазоне 50–500 МГц новым Солнечным спектрополяриметром метрового диапазона (ССМД)</i>	8
В.И. Поляков. <i>Инструментарий Большого солнечного вакуумного телескопа</i> .	8
Е.М. Голубева, А.В. Боровик, А.В. Мордвинов, А.А. Жданов. <i>Пространственно-временная организация магнитных полей и вспышечной активности в солнечном цикле 24</i>	9
Е.С. Исаева, В.М. Томозов, С.А. Язев. <i>Статистика солнечных вспышек в 24-м цикле активности</i>	10

2 Солнечно-земные связи и современная геодинамика	11
<u>М.Г. Дембелов, Ю.Б. Башкуев, А.В. Лухнев, О.Ф. Лухнева, В.А. Саньков. Особенности рефракции нижней атмосферы в приарктической и прибайкальской областях</u>	11
<u>Amarjargal Bat-Erdene, Xiuhong Han. Ionospheric pattern during the March 2015 superstorm</u>	11
<u>Ю.А. Караваев, В.В. Мишин, С.Б. Лунюшкин, Ю.В. Пенских, В.А. Капустин. Асимметрия электрических токов и полярных шапок в ионосферах двух полушарий Земли до и в ходе магнитосферной бури</u>	12
<u>В.В. Мишин, Ю.Ю. Клибанова, А.В. Михалев, Б. Цэгмэд, Ю.А. Караваев, М.А. Курикалова, Ю.В. Пенских. Всплески среднеширотных широкополосных геомагнитных пульсаций PiB – индикаторы начал взрывной фазы суббурь в ходе супербурь</u>	12
<u>Р.А. Рахматулин, Р.А. Марчук, А.Ю. Папинин, А.Б. Белецкий. Отклик в геомагнитных пульсациях на кратковременные импульсные усиления магнитного поля в авроральных широтах</u>	13
<u>В.А. Пархомов, В.Г. Еселевич, М.В. Еселевич, А.В. Дмитриев, Т.И. Ведерникова. Диамагнитные плазмоды как составная часть диамагнитных структур медленного солнечного ветра и их воздействие на магнитосферу Земли</u>	13
<u>И.В. Коробцев, М.Н. Мишина. Оптические наблюдения малых космических аппаратов и космического мусора в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН</u>	14
<u>М.В. Еселевич, И.В. Коробцев, М.Н. Мишина, В.Е. Горяшин, Т.Г. Цуккер. Наблюдения космического мусора в окрестности орбит глобальных навигационных спутниковых систем</u>	14
<u>Ю.Б. Башкуев, В.Р. Адвокатов, Д.Г. Буянова, М.Г. Дембелов. Вариации СДВ-радиосигналов в волноводе Земля–ионосфера на трассах Новосибирск – Улан-Удэ и Комсомольск-на-Амуре – Улан-Удэ</u>	15
<u>В.В. Мишин, М.А. Курикалова. Асимметрия распределения продольных токов в ионосфере в период равноденствия</u>	16
<u>Ю.В. Пенских. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом максимальных вкладов</u>	16
3 Космическая погода и климат	19
<u>D. Baatarkhuu, Sh. Amarjargal. Space weather effects detected by GPS-TEC in Mongolia</u>	19
<u>Н.П. Перевалова, Г.А. Жеребцов, М.А. Серов, В.С. Жижерин. Мониторинг ионосферных возмущений во время стартов ракет с космодрома Восточный</u>	20
<u>А.В. Михалев. Проявление солнечной активности в вариациях атмосферных эмиссий 577.7 и 630 нм в 24-м солнечном цикле</u>	20
<u>М.В. Толстикова, А.В. Ойнац, И.В. Медведева, А.В. Медведев, К.Г. Ратовский, Н. Нишитани. Исследование влияния стратосферных потеплений на характеристики ионосферных возмущений по данным КВ-радаров Хоккайдо ИСТ</u>	21
<u>П.Г. Ковадло, А.Ю. Шиховцев, С.А. Язев. Особенности повышения температуры воздуха в высоких широтах</u>	22
<u>О.А. Ларюнин. К вопросу о признаках ионосферных неоднородностей на ионограммах вертикального зондирования</u>	23

Ch. Amarjargal, D. Erdenebaatar. <i>On the functioning of the International Space Station</i>	23
B. Otgonsuren, D. Undrakh. <i>A brief presentation on resent activities of the Astropark in the Ulaanbaatar</i>	24
А.Ю. Шиховцев, П.Г. Ковадло, А.В. Киселев. <i>Изучение искажений волнового фронта по наблюдениям фрагментов солнечных изображений для анализа оптической погоды</i>	24
А.Г. Ким, М.В. Толстиков, К.Г. Ратовский, А.В. Медведев. <i>Экспериментальная проверка применимости приближения плоского фронта для определения параметров перемещающихся ионосферных возмущений по данным наклонного зондирования ионосферы</i>	25
Е.В. Девятова, О.Ю. Антохина, П.Н. Антохин, В.И. Мордвинов, И.В. Латышева. <i>Общий облачный покров (данные ECMWF ERA-Interim) и атмосферные осадки (данные GPCC) над югом Восточной Сибири и Монголией в июле</i>	25
О.А. Ершова, В.М. Липунов, Е.С. Горбовской, Н.В. Тюрина, Н.М. Буднев, С.А. Язев. <i>Поиск оптических транзиентов с помощью системы телескопов-роботов МАСТЕР</i>	26
Д. Батмунх, Г. Даваахуу, Б. Тувшинжаргал, Ч. Лхагважав. <i>Определение УФ-индекса в районе г. Улан-Батора в период 2014–2018 гг.</i>	27
Г.Я. Смольков. <i>Проявление солнечно-земных связей в гидрометеорологии</i>	28
Ю.В. Ишмухаметова, В.М. Липунов, Н.В. Тюрина, Е.С. Горбовской. <i>Исследование источников гравитационных волн в оптическом диапазоне с помощью глобальной сети МАСТЕР</i>	28

4 Геофизические поля и сейсмичность 31

В.В. Ружич, Г.Я. Смольков, Е.А. Левина. <i>Об изучении влияния космофизических факторов на геодинамику в Байкальской рифтовой зоне</i>	31
Е.А. Левина. <i>Об особенностях проявления одиннадцатилетней периодичности в сейсмическом режиме геосистем различного уровня</i>	32
В.И. Джурик, Е.В. Брыжак, Ц. Батсайхан. <i>К разработке региональной методики прогноза, параметров сейсмических воздействий Байкальской сейсмической зоны</i>	33
В.В. Чечельницкий, Е.Н. Черных. <i>К прогнозу сейсмических воздействий на Северомуйский тоннель</i>	34
С.П. Серебренников, А.Ю. Ескин. <i>Трансформация поведения грунтов в различных климатических условиях в сейсмически активных районах Сибири и Дальнего Востока</i>	34
S. Zagdsuren, B. Diimaа, P. Batbayar, Ch. Mungunkhuu. <i>Comparative research of data of geophysical stations in Khovd (west part of Mongolia)</i>	35
М.М. Кобелев, М.А. Хритова, В.В. Мордвинова, Е.А. Кобелева, Л.Р. Цыдыпова. <i>Азимутальная анизотропия Саяно-Байкальской складчатой области по данным приемных функций далеких землетрясений</i>	36
Б. Буянтогтох, Е.Х. Турутанов. <i>Морфология Горихинского гранитного массива по гравиметрическим данным</i>	37
A.I. Seredkina, S.V. Filippov, V.A. Golubev. <i>Curie point depth, heat flow and seismicity at the north-eastern flank of the Baikal rift and adjacent areas</i>	37

<u>А.А. Добрынина, Ц. Батсайхан, В.А. Саньков, В.В. Чечельницкий. Предварительные результаты обработки исторических сейсмограмм подземных ядерных взрывов, зарегистрированных региональными сетями сейсмических станций России и Монголии</u>	38
<u>В.А. Саньков, А.В. Парфеевец. Напряженно-деформированное состояние земной коры Монголии в кайнозое: пространственные и временные аспекты</u>	39
<u>О.П. Смекалин, А.В. Чипизубов, В.С. Имаев. Сейсмогеологические исследования дислокаций Могодского (1967 г.) землетрясения</u>	40
<u>А.В. Чипизубов, О.П. Смекалин, В.С. Имаев. О дислокациях Мондинского землетрясения 4 апреля 1950 г.</u>	40
<u>N.A. Radziminovich. Earthquake depth distribution in the Baikal Rift System deduced from routine and relocation processing</u>	41
<u>G. Ariunaa, B. Munkhbayar. Relocation of Khuvsgul region's earthquakes using HypoDD</u>	42
<u>А.Г. Сорокин, А.В. Ключевский, В.М. Демьянович. О генерации инфразвуковых колебаний при землетрясении 29 марта 2019 г. в Хойтогольской впадине (юго-западный фланг Байкальской рифтовой зоны)</u>	42
<u>С.В. Рассказов, Е.П. Чебыкин, А.М. Ильясова, С.А. Борняков, И.С. Чувашова. Пространственно-временная эволюция расплавных аномалий позднего кайнозоя и гидроизотопные сигналы современной подготовки и реализации сейсмогенных деформаций: обоснование сейсмопрогностических мониторинговых трансектов Арвайхэр–Могод–Култук и Чулутын–Мурэн–Монды</u>	44
<u>А.А. Какоурова, А.В. Ключевский. Особенности распределения цепочек землетрясений в литосфере центральной части Байкальской рифтовой зоны</u>	45
<u>А.Ю. Ескин, В.И. Джурик, В.А. Саньков, Е.В. Брыжак, А.А. Добрынина, А.В. Саньков. Исследование зон разломов Удоканского участка Кадаро-Удоканского блока геофизическими методами</u>	46
<u>С.А. Борняков, С. Дэмбэрэл, К.Ж. Семинский, Ц. Батсайхан, А.А. Добрынина, Б. Баттулга, Д.В. Салко, С. Тогтохбаяр, А.Н. Шагун, Л.А. Усынин. Инструментальная регистрация медленных деформационных волн на Южно-Байкальском и Улан-Баторском геодинамических полигонах</u>	47
<u>П.А. Предеин, А.А. Добрынина, Ц.А. Тубанов. Оценка затухания сейсмических волн в низкочастотной области</u>	48
5 Опасные экзогенные процессы	51
<u>Н. Тунгалаг, Р. Буянхишиг. Определение параметров вращения астероидов</u>	51
<u>Б. Нямсурэн. Увод астероида с помощью малой тяги</u>	52
<u>Е.А. Козырева, А.А. Рыбченко, О.А. Мазаева. Морфометрический анализ водосборных бассейнов Улаанбаторской агломерации</u>	52
<u>Е.С. Комарова, К.И. Иванов. Результаты наблюдений метеорного потока Геминиды в 2015 г.</u>	53
<u>А.А. Чеботарев, С.Г. Аржанников, А.В. Аржанникова. Первые результаты дистанционного зондирования обвальнo-оползневых структур горного обрамления Тункинской впадины</u>	54
Индекс авторов	55

1 Исследования Солнца и солнечной активности с подведением итогов 24-го цикла

История Российско-Монгольских конференций по астрономии и геофизике: солнечная физика

16 июля
10:40

В.М. Григорьев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vgrig@iszf.irk.ru

Традиция проведения совместных конференций заложена в 90-х гг. прошлого века. В основе этой традиции лежит Соглашение о научном сотрудничестве Российской академии наук и Монгольской академии наук в соответствии с распоряжением Президиума РАН от 19.02.1996 г. № 10107-58. В Улан-Баторе 29 марта 1999 г. состоялось рабочее совещание, на котором обсуждались результаты сотрудничества между РАН и МАН. Иркутский научный центр представлял на этом совещании его председатель Г.А. Жеребцов. На совещании было рекомендовано расширить область сотрудничества, и намечено проведение Рабочего совещания в Саянской солнечной обсерватории с 20 по 23 июля 1999 г. Это Рабочее совещание стало точкой отсчета традиции проведения Российско-Монгольских конференций по астрономии и геофизике. Первое совещание наметило новые тропинки для развития совместных исследований в солнечных обсерваториях ИСЗФ и ЦИАГ. Организация первых двух конференций координировалась Кочетковым В.М. (ИЗК), Григорьевым В.М. (ИСЗФ) и Бэхтуром Б. (ЦИАГ). В последующих конференциях основная организационная работа велась К.Г. Леви и В.М. Григорьевым. К.Г. Леви сыграл также важную роль в объединении двух направлений исследований: солнечно-земных связей и геофизики. В ряде конференций он выступал с докладами, посвященными цикличности природных и социальных изменений в Сибири и Монголии в аспекте солнечно-земных связей. В рамках сотрудничества была выполнена модернизация коронографа Уланбаторской обсерватории и на основе координированных наблюдений двух обсерваторий выполнено изучение солнечной хромосферы, поддержанное грантом РФФИ и АН Монголии. Хотя сотрудничество было не очень широким в области солнечной физики по сравнению с работами по геофизике, регулярное участие в Российско-Монгольских конференциях было важным для знакомства с историей возникновения монгольской астрономии, культурой и обычаями монгольского народа. Все это способствовало взаимопониманию и установлению добрых личных отношений.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16.

Некоторые вопросы появления и ранней стадии развития солнечных активных областей

16 июля
11:30

В.М. Григорьев[⊙], Л.В. Ермакова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]vgrig@iszf.irk.ru

В докладе обоснована важность вопросов исследований ранней стадии развития активных областей. Появление активных областей в основном случайно по времени и месту. Но обнаружение некоторых предикторов в структуре магнитного поля и движений плазмы может иметь практическое значение для среднесрочного прогноза появления нового магнитного потока. Выход нового потока активной области подвержен влиянию конвекции в верхних слоях конвективной зоны. Существует ряд моделей этого процесса. Поиск наблюдательных закономерностей в процессе появления нового потока необходим для верификации тех или иных теоретических моделей выхода магнитного потока в фотосферу Солнца. Мы приводим экспериментальные данные по асимметрии появления нового магнитного потока активных областей и движений плазмы, подтверждающие модель М. Rempel и М.С.М. Cheung [Astrophys. J. V. 785. P. 90–109, 2014], согласно которой внутри всплывающей магнитной трубки существует движение вещества в направлении, обратном солнечному вращению, что приводит к запаздыванию образования ведущего пятна относительно последующего.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16.

Характеристики солнечных радиовсплесков типа III, определенные по наблюдениям радиоспектрометра Callisto

16 июля
11:45

Д. Батмунх[⊙], Д. Мунхманлай[⊙], Б. Тувшинжаргал

Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

[⊙]batmunkh@iag.ac.mn; d.munkhmanlai@yahoo.com

Солнечные быстродрейфующие радиовсплески (III, Y и U типов) являются важным диагностическим инструментом в понимании солнечных ускоренных электронных пучков. Они являются признаком распространяющихся пучков нетепловых электронов в солнечной атмосфере. Солнечные радиовсплески наблюдались более 70 лет, и один из первых случаев наблюдения подробно описан в работе Wild (1950). Первая теория всплесков типа III была описана Гинзбургом и Железняковым (1958). Этот механизм излучения плазмы в настоящее время является общепринятой моделью генерации всплесков типа III.

В этой работе представлены некоторые параметры всплесков типа III, полученные из наблюдений радиоспектрометра Callisto. Спектрометр Callisto – это программируемый гетеродинный приемник, разработанный в ETH Zurich, Швейцария (<http://www.callisto.org/>). Прибор работает на частотах от 45 до 870 МГц, имеющий разрешение по частоте 62.5 кГц. В 2009 г. спектрометр Callisto был установлен в Астрономической обсерватории Хурэл Тогоот в Улан-Баторе.

По новым данным спектрометра Callisto были определены частотный дрейф спектра, средняя скорость пучков и оптическая толщина среды. Полученные значения частотного дрейфа сравнивались с эмпирическими формулами, полученными некоторыми авторами, в частности, с $df/dt = -0.1f^{1.4}$. Используя полученные значения частотного дрейфа, средняя скорость пучков оценивается по формуле $v = df/dt \cdot 2\lambda_T / f$ (Aschwanden, Physics of Solar Corona). Оптическая толщина излучения определяется как $\tau = 1.5 \times 10^{-9} T^{-3/2} \nu^2 \lambda_T$

(Dulk, 1985). Обычно всплески типа III начинаются с частоты около 100 МГц. Наконец мы заметили, что большинство всплесков типа III возникает в области минимума скорости Альвена от высоты.

Комплексы активности на Солнце в 24-м цикле активности

16 июля
12:00

С.А. Язев^{1,2☉}

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

☉syazev@gmail.com

Комплексы активности (КА) – долгоживущие (не менее трех кэррингтоновских оборотов подряд), не подверженные дифференциальному вращению образования на Солнце. Иркутская школа исследования КА была заложена В.Г.Баниным в 1981–1982 гг. Выделяются так называемые ядра КА – области постоянного пятнообразования с характерным размером 20 гелиографических градусов, а также ветви КА – активные области, физически связанные (корональными петлями) с ядрами, но существующие менее одного оборота. Работа посвящена исследованию КА в 24-м цикле в сопоставлении с двумя предыдущими циклами. Всего в 24-м цикле выделены 115 КА (65 в северном полушарии и 50 в южном. Для 22-го цикла соответствующие значения составили 104 (52, 52), для 23-го цикла – 146 (69, 77). Основные параметры КА приведены в таблице.

Таблица. Параметры ядер КА в 22–24 циклах

№ цикла	Число анализируемых оборотов цикла	Число оборотов с ядрами КА	Среднее число ядер КА в обороте	Средняя удельная мощность ядра КА в обороте	Суммарная мощность ядер КА за цикл	Средняя мощность ядер КА в обороте
22	130	101	4.31	1.11	613	6.07
23	168	124	4.49	1.09	866	6.98
24	135*	104	5.27	1.06	580	5.57

* до 2213 оборота включительно

Анализ каталога КА в 24-м цикле позволил выделить ряд закономерностей их развития в цикле, включая феномен значительной северно-южной асимметрии. В частности, показано, что фазовая северно-южная асимметрия развития пятенной активности и двухвершинный характер развития 24-го цикла порождены соответствующей фазовой асимметрией в развитии КА, продемонстрировавших максимум (2012 г.) и последующую стабильность генерации КА в северном полушарии, и ярко выраженный максимум (2014 г.) развития КА в южном полушарии. Подтверждено «правило дополнительности», согласно которому, как правило, КА не возникают одновременно в северном и южном полушариях на одних и тех же долготах. Выделен феномен «последнего» КА в 23-м и 24-м циклах, связанный с возникновением долгоживущего крупного низкоширотного пятна, существующего на протяжении 3–4 оборотов подряд.

Солнечные вспышки малой мощности в оптическом и рентгеновском диапазонах длин волн в 21–24 солнечных циклах

16 июля
12:15

А.В. Боровик[©], А.А. Жданов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
[©]aborovik@iszf.irk.ru

По данным в оптическом и рентгеновском диапазонах длин волн проанализирована вспышечная активность Солнца в 21–24 циклах (<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov>). Показано, что на протяжении последних трех циклов активность Солнца существенно снижалась. По отношению к 21-му циклу (самому активному за последние 50 лет) в 24-м цикле произошло в 4.4 раза меньше крупных солнечных вспышек, в 8.2 раза меньше вспышек класса площади 1 и в 4.1 раза меньше вспышек малой мощности. Число вспышек рентгеновского класса X уменьшилось в 3.7 раза, класса М в 3.2 раза. Проанализированы основные параметры оптического и рентгеновского излучения солнечных вспышек. Установлено, что чаще всего рентгеновское излучение возникает за несколько минут до оптической вспышки и в зависимости от рентгеновского класса достигает максимума в течение 7–20 мин. Показано, что малые вспышки так же, как и крупные оптические вспышки, могут сопровождаться рентгеновскими всплесками класса X.

Прогноз хода солнечной активности в 21-м веке

16 июля
12:30

В.С. Башкирцев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vsb@iszf.irk.ru

Прогнозирование солнечной активности (СА) имеет огромное научно-практическое значение, поскольку все на Земле зависит от Солнца. Для успешного прогнозирования СА необходимо знание закономерностей долгосрочного поведения Солнца. Реконструкции СА, выполненные на основе исследования содержания космогенных изотопов ^{14}C и ^{10}Be в земных образцах за последние три десятилетия, кардинально расширили наши знания о солнечной цикличности за последние 11000 лет. В структуре вековых циклов СА на длительной временной шкале выявлен ряд закономерностей, которые были использованы нами при построении прогноза СА на ближайшие сто лет. Ключевую роль в долгосрочном прогнозе играют ≈ 210 -летние солнечные циклы, которые состоят из двух чередующихся асимметричных циклов ≈ 95 и ≈ 115 лет. Каждый из квазистолетних циклов имеет два максимума и «провал» между ними. Наступающий вековой минимум СА (вторая половина 2020 г. – первая половина 2021 г.) будет относительно коротким и похожим на вековой минимум Дальтона (1810 г.), а 11-летние циклы 24 (2009–2021) и 25 (2021–2033) – аналоги циклов 5 (1798–1810) и 6 (1810–1823). 210-летние циклы модулируют высоты (мощность) 11-летних циклов; в свою очередь, 210-летние циклы модулированы 2400-летним солнечным циклом. Максимальная СА ожидается около 2048 г. и 2080 г. После 2080 г. будет наблюдаться постепенное снижение СА и к ≈ 2123 г. СА может достичь экстремально низких значений типа минимума Маундера. В целом, Солнце в текущем столетии ожидается менее активным, чем в прошедшем столетии.

Работа выполнена при финансовой поддержке базового проекта ИСЗФ СО РАН П.16.1.6 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца».

Распространение колебаний, вызванных малой солнечной вспышкой

16 июля
12:45

А.А. Челпанов[⊙], Н.И. Кобанов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]chelpanov@iszf.irk.ru

Малая вспышка наблюдалась в беспятенной активной области с использованием Автоматизированного солнечного телескопа Саянской солнечной обсерватории. Кроме того, для анализа использовались данные спутниковых обсерваторий Solar Dynamics Observatory (SDO) и Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI). Используемые инструменты позволили регистрировать колебательные процессы в широком диапазоне высот: в нижней фотосфере, переходной зоне, хромосфере, короне. В работе исследуются изменения режима колебаний, вызванные вспышкой. В области вспышки наблюдалось резкое усиление колебаний интенсивности и лучевой скорости. Цуговая структура колебаний, сформировавшаяся в результате этого усиления, позволила проследить распространение возмущений через слои солнечной атмосферы над активной областью, в которой произошла вспышка. Направление и скорость распространения цуга были различны для колебаний с разными исследуемыми периодами: 2, 3 и 5 мин.

Спектральные исследования движений в волокнах от максимума к минимуму 24-го цикла

16 июля
14:00

Г.П. Машнич

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

mashnich@iszf.irk.ru

Проведено детальное исследование движений и колебаний в 63 волокнах по данным спектральных наблюдений в Саянской солнечной обсерватории с июня 2011 по март 2019 г. В основном это были спокойные волокна, удаленные от активных областей. Выбранные для анализа примеры имели продолжительность непрерывных наблюдений не менее 2 ч при хорошем качестве изображения. Некоторые волокна наблюдались в течение 2–3 дней. Для статистического анализа колебаний использованы вариации доплеровской скорости и смещений относительно оси волокна (движения волокна в плоскости неба). Оба типа колебаний имеют среднее значение периода $60 \geq 18$ мин. Кроме этого основного периода, в спектре колебаний доплеровской скорости существуют периоды 20–5 мин. Колебания с периодом 5 мин обнаруживаются в тонких структурах на краях волокон. Во время активизации эти колебания обнаруживаются в плотных частях волокна. Перед эрупцией волокно как целое может совершать вертикальные колебания с периодом 5 мин. Полная информация о каждом примере будет представлена в виде таблиц и изображений.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16

Особенности динамических процессов на разных уровнях солнечной атмосферы в основании корональной дыры

16 июля
14:15

И.П. Турова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

turova@iszf.irk.ru

Исследованы колебательные процессы в различных структурных образованиях спокойной хромосферы и флоккулов в основании корональной дыры. Использовались временные серии спектрограмм в линии К Са II. Ядра этой линии образуются в средней хромосфере, а близкие крылья – на более низких уровнях солнечной атмосферы, что дает возможность одновременно исследовать динамические процессы на разных атмосферных уровнях, от температурного минимума до средней хромосферы. Для исследования динамических процессов были построены контуры линии К Са II и определены параметры, относящиеся к центру и крыльям контуров. Эти параметры использованы для анализа пространственных и временных изменений в разных структурах хромосферной сетки.

Проведенный анализ спектра колебаний выявил интересные особенности распределения спектральной мощности в разных хромосферных структурах. Оказалось, что сильные увеличения интенсивности в синем крыле линии К Са II (так называемые K_{2v} -зерна), встречаются не только во внутренних частях хромосферной сетки, где магнитное поле мало. Выявлены отклонения от известной из литературы картины развития колебательного процесса K_{2v} -зерен.

Также были рассмотрены изменения мощности колебаний от температурного минимума до средней хромосферы в различных частотных диапазонах. Изменения мощности колебаний с высотой важны в связи с проблемой нагрева хромосферы. Колебательные процессы являются одним из возможных источников нагрева. Оказалось, что мощность колебаний в частотных полосах, соответствующих 3, 4 и 5-минутным колебаниям, уменьшается от нижней к средней хромосфере, а мощность низкочастотных колебаний возрастает. Построенные графики рассеяния для различных пар параметров линии К Са II позволили проанализировать возможные корреляции параметров, связанных с интенсивностью и скоростью, на разных уровнях солнечной атмосферы.

Пространственные вариации формы контуров линии К Са II в различных хромосферных структурах в основании корональной дыры

16 июля
14:30

С.А. Григорьева

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

sgrig@iszf.irk.ru

Выполнены исследования формы контуров линии К Са II в структурах, принадлежащих участкам спокойной хромосферы и флоккулам в двух пространственных областях в основании корональной дыры. Для отождествления хромосферных структур использован усредненный по времени ход интенсивности в длине волны центра линии К вдоль щели спектрографа. Форма контура линии К значительно изменяется в зависимости от того, к какой структуре он принадлежит. Это особенно заметно в ядре линии на интервале длин волн $\Delta\lambda = \geq 0.5 \text{ \AA}$. Контуры могут отличаться не только по величине интенсивности, но и наличием или отсутствием эмиссионных пиков. Однако в каждой индивидуальной структуре существуют участки, где форма контура сохраняется. Средняя протяженность таких участков составляет около $4''$, независимо от типа структуры.

В одной из исследуемых областей присутствует участок пониженной яркости, в котором наблюдаются беспиковые контуры линии К Ca II. Такая форма контуров сохраняется на протяженности около $18''$. Беспиковая форма контуров свидетельствует о существовании холодных областей в средней хромосфере на высотах образования ядер линий H и K Ca II.

Контуры линии K в области ближнего крыла также имеют свои особенности. Для их исследования были рассмотрены контуры разных структур в диапазоне длин волн $\Delta\lambda = \geq 2 \text{ \AA}$, относящиеся к одному и тому же моменту времени. Для сравнения выбраны контуры, которые заметно отличаются по интенсивностям в ядре. Оказалось, что ход интенсивности крыла в разных хромосферных структурах не следует той закономерности, которая имеет место для ядра. Например, при значительной разнице между интенсивностями в ядре линии, интенсивности в области крыла могут совпадать. В этом случае различия между структурами начинаются на уровне образования эмиссионного ядра, то есть между верхней фотосферой и нижней хромосферой. Есть примеры, когда контуры в разных структурах отличаются в области как ядра, так и крыла. В данном случае отличия между структурами начинаются в фотосфере и продолжаются в хромосферу. Таким образом, особенности контуров линии K Ca II, одновременно наблюдающиеся в разных хромосферных структурах, определяются совокупностью физических условий и их вкладом в процесс формирования линии на высотах от верхней фотосферы до средней хромосферы. Совокупность физических условий подразумевает температурную стратификацию, характер динамического процесса, структуру магнитного поля, которые присутствуют в данный момент времени в данной области пространства.

Наблюдение необычного светлого образования в тени пятна NOAA 12109 в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах спектра

О.А. Ожогина

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
ozhog@iszf.irk.ru

16 июля
14:45

Основными светлыми структурными элементами тени пятна являются небольшие, короткоживущие яркие точки (bright umbral dots) и протяженные долгоживущие светлые мосты (light bridges). 11–12 июля 2014 г. в тени пятна NOAA 12109 наблюдалось необычное светлое образование, аналогичное светлomu мосту, но находящееся целиком внутри тени, без выхода в полутень. Найти похожие структуры ни по нашему архиву наблюдений, ни по литературным данным не удалось.

Наблюдения проводились 12 июля около 00 UT на горизонтальном солнечном телескопе Саянской солнечной обсерватории, оборудованном двухкамерным спектрографом, одновременно в двух спектральных диапазонах: ультрафиолетовом, содержащем линии H ($3968 \text{ \AA}$) и K ($3933.6 \text{ \AA}$) Ca II, и инфракрасном: область двух ИК-линий Ca II (8498 и $8542 \text{ \AA}$). Было выполнено сканирование пятна с шагом приблизительно 1 угл. сек. По спектрограммам были построены изображения в двух континуумах (ультрафиолетовом и инфракрасном) в сильных линиях ионизованного кальция и в нескольких, более слабых линиях обоих диапазонов. Полученные изображения пятна в двух спектральных диапазонах существенно отличаются друг от друга. В инфракрасном спектре светлое образование выглядит как яркий изолированный остров, а в ультрафиолетовом, – как слабое светлое кольцо. Интенсивность «острова» относительно интенсивности спокойного Солнца в ИК-диапазоне составляет 0.5 , интенсивность «кольца» в УФ-диапазоне

составляет 0.13. Обнаружено, что контраст светлого образования значительно уменьшается с высотой. В месте его нахождения зарегистрированы восходящие относительно тени потоки со скоростями порядка 300 ± 500 м/с по инфракрасным линиям, и до 2000 м/с по ультрафиолетовым линиям. В тени пятна зарегистрированы скорости опускания относительно окружающих участков спокойного солнца порядка 500 ± 1000 м/с по ИК-линиям и до 2000 м/с в ультрафиолетовом диапазоне. По основным морфологическим признакам, например таким, как время жизни, яркость, уменьшение напряженности магнитного поля, восходящие скорости, наблюдавшееся светлое образование похоже на светлый мост. Но отсутствие связи с полутенью очень необычно, и, насколько нам известно, ранее такое явление не наблюдалось. Даже терминологически, такое образование сложно назвать мостом, скорее ему подходит название «светлый остров».

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16 с использованием оборудования ЦКП «Ангара» <http://ckp-rf.ru/ckp/3056/>.

Наблюдение солнечной активности в диапазоне 50–500 МГц новым Солнечным спектрополяриметром метрового диапазона (ССМД)

16 июля
15:00

Н.О. Муратова[⊙], Л.К. Кашапова, А.А. Муратов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]muratova@iszf.irk.ru

Радиовсплески, видимые в метровом радиодиапазоне Солнца, довольно разнообразны по своему проявлению и характеристикам – таким как, например: длительность, наличие тонкой структуры, диапазон частот, интенсивность и другие. Они несут информацию о процессах, происходящих в верхней короне, и тесно связаны с геоэффективными событиями.

Нами был разработан и создан новый Солнечный спектрополяриметр метрового диапазона (ССМД), работающий в диапазоне 50–500 МГц. В основу разработки ССМД была положена цель – создать цифровое устройство с лучшими параметрами, чем у существующего аналогового приемника сети e-Callisto, находящегося в наблюдениях в Радиоастрофизической обсерватории (Бадары). ССМД начал наблюдения в мае 2016 г. В данном докладе будут приведены результаты наблюдений на ССМД, основное внимание мы уделим рассмотрению разных типов радиовсплесков, регистрируемых с помощью ССМД, также будут приведены схема устройства и его характеристики.

Инструментарий Большого солнечного вакуумного телескопа

17 июля
18:15

В.И. Поляков

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

polyak@iszf.irk.ru

Большой солнечный вакуумный телескоп (БСВТ), установленный в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН, предназначен для исследования атмосферы Солнца в оптическом диапазоне. БСВТ обладает уникальными оптическими характеристиками, позволяющими исследовать физические процессы в атмосфере Солнца с высоким пространственным, временным и спектральным разрешением. Характеристики телескопа и используемый для наблюдений комплекс спектрофотометрической и поляризиметрической аппаратуры позволяет получать данные мирового уровня.

БСВТ оснащен двухкамерным высокодисперсионным спектрографом, оптическая схема которого представляет схему Эберта–Фасти с фокусным расстоянием 15 м. Основным элементом спектрографа является дифракционная решетка, имеющая 600 штрихов/мм размером $200 \div 300 \text{ мм}^2$. Спектральное разрешение спектрографа – 0.0007 нм для 5-го порядка.

Узел спектральной щели снабжен поляризационной оптикой, состоящей из ромбоэдра и полуволновой фазовой пластинки. Поляризационная оптика дает возможность исследовать структуру и эволюцию магнитного поля – главного источника всех событий, происходящих в солнечной атмосфере.

Спектральные наблюдения на спектрографе можно проводить одновременно в двух областях солнечного спектра с помощью широкоформатной матрицы FligraB (диаметр 40 мм). Изображения солнечных образований в линии $H\alpha$ также регистрируются CCD-камерой Princeton Instruments (512÷512) через ИПФ в отраженном от зеркальной щели свете.

На БСВТ можно определять физические параметры солнечной плазмы: скорость движения вещества, химический состав, магнитное поле, а также оценивать температуру, скорость микротурбулентности и электронную концентрацию.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований РАН проект П.16.1.5 «Геоэффективные процессы в хромосфере и короне Солнца». Экспериментальные данные получены с использованием уникальной научной установки «Большой солнечный вакуумный телескоп» регистрационный № 01-29.

Пространственно-временная организация магнитных полей и вспышечной активности в солнечном цикле 24

Е.М. Голубева[⊙], А.В. Боровик, А.В. Мордвинов, А.А. Жданов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]golubeva@iszf.irk.ru

17 июля
18:15

Исследовано пространственно-временное соотношение между организацией крупномасштабных магнитных полей Солнца и активностью солнечных вспышек малой мощности. Показана преимущественная концентрация малых вспышек в центры вспышечной активности (ЦВА) на линии раздела полярностей униполярных магнитных областей в участках формирования сердечей остаточного магнитного потока активных областей. Показано, что наиболее крупные центры малых вспышек образуются в областях последующего повышенного пятнообразования и являются предиктором выхода сильных магнитных полей.

Статистика солнечных вспышек в 24-м цикле активности

Е.С. Исаева¹⊙, В.М. Томозов², С.А. Язев^{1,2}⊙

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

⊙ele3471@yandex.ru; syazev@gmail.com

Работа посвящена статистике вспышечной деятельности Солнца в 24-м цикле солнечной активности. Основное внимание уделено связи вспышек с комплексами активности (КА) на Солнце. Согласно международным данным, с января 2009 по декабрь 2018 г. включительно на Солнце наблюдались 1720 активных областей (АО) с пятнами. В их числе 706 АО (41 %) – в ядрах КА (363 – в северном полушарии и 343 – в южном), АО в ветвях КА – соответственно 179 и 150. В итоге 1035 АО (60 %) наблюдались в составе КА.

В рассматриваемый период спутниками GOES зарегистрированы 744 вспышки М- и Х-класса, в том числе 310 – в северном полушарии и 434 – в южном. Вспышечноактивными в указанном смысле оказались 234 из 1720 АО (13.6 %). Таким образом, более 86 % от всех АО, наблюдавшихся на видимом диске Солнца в 24-м цикле, генерировали либо слабые вспышки рентгеновского С-класса, не рассматриваемые в данной работе, либо вообще не производили никаких вспышек. Всего 162 вспышки (21,8 % от общего числа событий) наблюдались вне ядер и ветвей КА, в том числе 51 вспышка – в северном полушарии и 111 – в южном. Эти вспышки требуют особого анализа. Тем не менее, более 79 % всех вспышек указанных классов в 24-м цикле имели отношение к КА.

В числе анализируемых вспышек выделены 63 LDE-события (вспышек с длительным затуханием), что составило 8,5 % от общего числа, 26 – с северном полушарии и 37 – в южном. В ядрах КА отмечены 44 LDE-вспышки (70 %), в ветвях КА – 17 %, таким образом, 87 % такого рода явлений связаны с КА.

Отдельно проанализирована связь с КА части популяции вспышек, сопровождавшейся излучением в гамма-диапазоне. Таких вспышек выделено 31, из них 14 – в ядрах КА, 9 – в ветвях КА, т. е. 74 % из них связаны с КА. Ранее нами было показано, что 82 % вспышек, сопровождавшихся потоками энергичных протонов на орбите Земли, также связаны с КА.

Таким образом, статистика средних и сильных вспышек на Солнце в 24-м цикле показывает, что значительная их часть (от 79 % до 87 % с учетом разных параметров) произошла в комплексах активности на Солнце. Этот вывод подтверждает полученные ранее результаты, указывающие на КА как на основной тип солнечных образований, порождающий геоэффективные события на Солнце.

2 Солнечно-земные связи и современная геодинамика

Особенности рефракции нижней атмосферы в приарктической и прибайкальской областях

17 июля
09:00

М.Г. Дембелов¹⊙, Ю.Б. Башкуев¹, А.В. Лухнев², О.Ф. Лухнева², В.А. Саньков²

¹Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

⊙mdembelov@mail.ru

Рефракция радиоволн в диапазоне УКВ в нижней нейтральной части атмосферы (тропосфере) может быть рассчитана по значениям высотного профиля показателя преломления воздуха n . Показатель преломления в основном зависит от атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. С целью получения данных по температуре и относительной влажности на разных уровнях атмосферного давления для моделирования высотной зависимости показателя преломления воздуха помимо метода радиозондирования рассматривается возможность применения пассивной спутниковой локализации атмосферы. Рассчитаны сезонные параметры экспоненциальной модели тропосферы над приарктическими пунктами наблюдения Тикси и Норильск, а также над прибайкальскими пунктами наблюдения Иркутск и Улан-Удэ. Получены экспериментальные значения полной тропосферной зенитной задержки (ZTD) в результате обработки GPS-измерений в пунктах наблюдения Тикси (TIXI), Норильск (NRIL), Иркутск (IRKM) и Улан-Удэ (ULAZ). Предложена методика определения приземных значений индекса рефракции N по данным измеренных значений ZTD без учета метеорологических данных. Показано сравнение расчетов углов рефракции, рассчитанных на основе приземных метеорологических данных и данных GPS-измерений.

Ionospheric pattern during the March 2015 superstorm

17 июля
09:15

Amarjargal Bat-Erdene¹⊙, Xiuhong Han²⊙

¹Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Science, Ulaanbaatar, Mongolia

²Hebei GEO University, Shijiazhuang, Hebei, China

⊙amarjargal98@iag.ac.mn

In this work we studied multi-instrument observation the St. Patrick's Day geomagnetic storm of 2015. We show the high-resolution observations of the temporal and spatial evolution of the convection flow and polar cap patch during the St. Patrick Storm on 17 March 2015 made by the Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN), the Global Positioning System (GPS), respectively.

Асимметрия электрических токов и полярных шапок в ионосферах двух полушарий Земли до и в ходе магнитосферной бури

17 июля
09:30

Ю.А. Караваев[⊙], В.В. Мишин, С.Б. Лунюшкин, Ю.В. Пенских, В.А. Капустин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]ykar@iszf.irk.ru

Методом оригинальной техники инверсии магнитограмм (ТИМ ИСЗФ СО РАН), использующей современную базу данных мировой сети наземных магнитометров, исследуется динамика распределений эквивалентных и продольных токов в ионосферах двух полушарий Земли в ходе двух интервалов длительностью более 10 ч каждый до начала и во время геомагнитной бури 17 августа 2001 г. Во время этих интервалов наблюдалась устойчивая положительная азимутальная компонента межпланетного магнитного поля $B_y > 0$. Резкое увеличение ММП и динамического давления во время SSC привело к значительному (в 5–10 раз) усилению геомагнитной активности и интенсивности токов Холла – авроральных электроструй и трансполярных токов. Эти токи изменялись практически синхронно в двух полушариях с более высоким коэффициентом корреляции (в 1.5–2 раза) одноименных токов во время бури. Показано, что корреляция трансполярных токов с индексами авроральной активности (для N-полушария) почти отсутствовала до бури и стала высокой после ее начала. Исследуется также динамика границ полярной шапки и двух типов асимметрии (межполушарной и восток–запад) распределения электрических токов в ионосфере. Обсуждается их связь с изменением ММП и сезонным ходом проводимости ионосферы, а также с развитием суббуревой активности.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16 и при частичной поддержке гранта РФФИ №18-05-00437. Экспериментальные данные получены с использованием оборудования ЦКП "Ангара" (ИСЗФ СО РАН).

Всплески среднеширотных широкополосных геомагнитных пульсаций РiВ – индикаторы начал взрывной фазы суббурь в ходе супербурь

17 июля
09:45

В.В. Мишин^{1⊙}, Ю.Ю. Клибанова², А.В. Михалев¹, Б. Цэгмэд³, Ю.А. Караваев¹, М.А. Курикалова¹, Ю.В. Пенских¹

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, Иркутск, Россия

³Институт астрономии и геофизики АН Монголии, Улан-Батор, Монголия

[⊙]vladm@iszf.irk.ru

По данным наблюдений среднеширотных геомагнитных обсерваторий ИСЗФ СО РАН (Монды, Узур) и обсерватории Борок ИФЗ РАН исследуются всплывающие широкополосные геомагнитные пульсации РiВ во время суббуревых активизаций в ходе супербурь. При анализе использовались данные обсерватории Торы (ИСЗФ СО РАН) по свечению ночной атмосферы в эмиссионных линиях кислорода 557.7 нм, 630.0 нм и молекулярной полосе ионизованного азота 391.4 нм, а также карты распределения в ионосфере плотности продольных токов, полученные на основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ-ИСЗФ СО РАН). Широкополосные импульсы пульсаций РiВ наблюдаются одновременно с резкими усилениями AE - и AL -индексов геомагнитной активности, всплесками эмиссий 557.7 и 630 нм и вариациями H -компоненты геомагнитного поля на широте Иркутска. Показано, что малая длительность высокочастотной части

всплесков PiB (Pi1B, $\Delta t \approx 1$ мин) позволяет таймировать двойные и многократные начала взрывной фазы суббурь во время супербурь, что затруднительно делать при помощи длиннопериодной части пульсаций PiB – Pi2B (Pi2/Pi3) из-за их большой длительности.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.12 и при частичной поддержке грантов РФФИ №№ 18-05-00437 и 19-05-00665, а также гранта ШУСС-2017/65 Министерства образования, науки и спорта Монголии. Экспериментальные данные получены с использованием оборудования ЦКП "Ангара" (ИСЗФ СО РАН).

Отклик в геомагнитных пульсациях на кратковременные импульсные усиления магнитного поля в авроральных широтах

17 июля
10:00

Р.А. Рахматулин¹⊙, Р.А. Марчук², А.Ю. Пашинин¹, А.Б. Белецкий¹

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

⊙rav@iszf.irk.ru

Наблюдение геомагнитных вариаций и полярных сияний на модернизированном геофизическом комплексе Норильск-Исток позволили провести исследования синхронных возбуждений геомагнитных пульсаций, вариаций магнитного поля и светимости полярных сияний в различных длинах волн. Во время магнитосферных возмущений были выявлены кратковременные (5–10 мин) усиления магнитного поля и полярных сияний, которые сопровождалась генерацией геомагнитных пульсаций как на ст. Исток, так и в средних широтах (ст. Узур, Монды). Дальнейший анализ подобных явлений позволил обнаружить и исследовать отклики в геомагнитных пульсациях на появление кратковременных всплесков в магнитном поле на авроральных станциях. При этом было обнаружено, что такие кратковременные импульсы в магнитном поле могут появляться как в возмущенные периоды, так и при умеренной и слабой магнитной активности. Все такие кратковременные всплески сопровождалась возбуждением геомагнитных пульсаций в высоких и средних широтах. Предварительный анализ появления подобных импульсных всплесков позволил сделать предположение о том, что такие всплески чаще наблюдаются в эпоху спада солнечной активности, чем при ее росте. Такие периоды характеризуются развитием областей коратационного взаимодействия, попав в которую магнитосфера может стимулировать нетрадиционное развитие геофизических явлений.

Диаманитные плазмиды как составная часть диаманитных структур медленного солнечного ветра и их воздействие на магнитосферу Земли

17 июля
10:15

В.А. Пархомов¹⊙, В.Г. Еселевич², М.В. Еселевич², А.В. Дмитриев³, Т.И. Ведерникова¹

¹Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

³Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцина МГУ, Москва, Россия

⊙pekines_41@mail.ru

Показано, что диаманитные структуры (ДС), составляющие основу медленного квазистационарного солнечного ветра (СВ), регистрируются на орбите Земли как последовательность ДС различных масштабов. На основании анализа этого явления был

сделан вывод, что диамагнитные плазмоиды СВ, понятие о которых было введено в статье [Karlsson et al., 2015], тождественны ДС малых масштабов. Было показано, что столкновение последовательности ДС медленного СВ с магнитосферой Земли, вызывает рост геомагнитной активности, а отдельные ДС вызывают кратковременные усиления магнитной активности, совпадающие, примерно, с длительностью ДС – пилообразные (sawtooth) суббури. Отмечается, что механизм взаимодействия ДС медленного СВ при северной компоненте ММП может быть связан с захватом в магнитосферу плазмы повышенной плотности, составляющей основу ДС.

Karlsson, T., N. Brenning, H. Nilsson, J.-G. Trotignon, X. Vallieres, and G. Facsko . Localized density enhancements in the magnetosheath: Three-dimensional morphology and possible importance for impulsive penetration, J. Geophys. Res. 2012. V. 117. A03227. DOI:10.1029/2011JA017059

Оптические наблюдения малых космических аппаратов и космического мусора в Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН

И.В. Коробцев[⊙], М.Н. Мишина

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙] korobtsev@yandex.ru

В ближайшие годы ожидается запуск нескольких тысяч малых космических аппаратов в составе группировок различных компаний (OneWeb, SpaceX и др.), что значительно увеличит «заселенность» в области низких орбит. Данные космические аппараты в основном будут использоваться для предоставления телекоммуникационных услуг и дистанционного зондирования Земли из космоса. В докладе приводятся методика и результаты фотометрических измерений малых космических аппаратов, полученных на 1.6-метровом телескопе АЗТ-3ЗИК Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН. Временное разрешение, обеспечиваемое высокой проникающей способностью телескопа с фотоприемной камерой с быстрой скоростью считывания, позволяет получать детальную картину изменений блеска и оценивать состояние малых космических аппаратов. Показано, что фотометрические измерения являются важным источником информации на различных этапах эксплуатации спутников.

Наблюдения космического мусора в окрестности орбит глобальных навигационных спутниковых систем

М.В. Еселевич[⊙], И.В. Коробцев, М.Н. Мишина, В.Е. Горяшин, Т.Г. Цуккер

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙] mesel@iszf.irk.ru

Представлены результаты траекторных и фотометрических наблюдений космического мусора на средневысотных орбитах. Наблюдения выполнены на телескопах АЗТ-3ЗИК и АЗТ-3ЗВМ в 2018–2019 гг. Исследовались объекты на околокруговых орбитах вблизи орбит глобальных навигационных спутниковых систем. Были получены блесковые характеристики малоразмерного космического мусора и определены параметры его вращения. Из траекторных измерений определены значения показателя отношения площади к массе. В ходе поисковых работ на телескопе АЗТ-3ЗВМ обнаружен неизвестный фрагмент космического мусора, характеристики, которого также приводятся в докладе.

Вариации СДВ-радиосигналов в волноводе Земля–ионосфера на трассах Новосибирск – Улан-Удэ и Комсомольск-на-Амуре – Улан-Удэ

17 июля
18:15

Ю.Б. Башкуев, В.Р. Адвокатов, Д.Г. Буянова, М.Г. Дембелов[©]

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия

[©]mdembelov@mail.ru

С целью анализа условий распространения СДВ-радиоволн в неоднородных импедансных каналах проведены измерения амплитуды и дополнительной фазы $\varphi_{\text{доп}}$ электромагнитного поля импульсно-фазовой радионавигационной системы РСДН-20 (Маршрут) на частотах 11.9 и 14.88 кГц. Исследованы радиотрассы широтного простираия: трасса № 1 Новосибирск (55°45'22" N, 84°26'52.4" E) – Улан-Удэ (51°52'06" N, 107°39'48" E), длина трассы 1580 км; трасса № 2 Комсомольск-на-Амуре (50°04'24" N, 136°36'24" E) – Улан-Удэ, длина трассы 2080 км.

Рассмотрены суточные вариации амплитуды и дополнительной фазы $\varphi_{\text{доп}}$ радиосигналов 11.9 и 14.88 кГц с 31 августа по 12 сентября 2017 г. на трассах № 1 и № 2. Геомагнитная обстановка на земном шаре (K_p -индекс) в это время была очень сложной: 31 августа, 2, 5, 8 и 9 сентября 2017 г. отмечены магнитные бури, достигавшие 8 и 9 сентября уровня очень сильных бурь, когда K_p -индекс увеличивался до 8 единиц из 9 возможных. В другие дни 1-й декады сентября часто наблюдалась как возбужденная магнитосфера, так и магнитные бури с $K_p = 5$. Восточная трасса № 2 длиннее западной трассы № 1 на 500 км, поэтому уровень сигнала на данной трассе почти всегда закономерно ниже. Достаточно четко в обычных геомагнитных условиях разделяются дневные и ночные уровни амплитуды и фазы радиосигнала на частоте 11.9 кГц. Отчетливо видно смещение линий терминаторов на восточной и западной трассах примерно на 1–2 ч. Дополнительная фаза $\varphi_{\text{доп}}$ имеет также закономерные регулярные суточные вариации в пределах до 120°. Существенные различия на трассах № 1 и № 2 наблюдаются в уровне амплитуды сигнала во время магнитных бурь 5, 8, 9 и 10 сентября: на трассе № 1 ночные уровни существенно ниже дневных, когда происходит уменьшение амплитуды сигнала до 6 раз. Это явление отмечено впервые за период наблюдений с 2013 г. Фаза сигнала ведет себя также аномально, часто наблюдается «дребезг» и даже срыв фазы. Уровни принимаемого сигнала в дневное время закономерно и плавно изменяются с максимумом в полуденное время, в ночное время суток амплитуда в целом выше, чем днем, но она подвержена быстрым и глубоким флуктуациям. Рассмотрены суточные вариации амплитуды и дополнительной фазы $\varphi_{\text{доп}}$ сигнала на частоте 14.88 кГц на тех же трассах. Установлены существенные различия в пространственных амплитудно-фазовых явлениях в обычных и аномальных геомагнитных условиях на частотах 11.9 и 14.88 кГц при распространении СДВ-радиоволн на пространственно-разнесенных трассах широтного простираия. Они заключаются в существенном уменьшении уровня сигнала на частоте 11.9 кГц во время очень сильной магнитной бури. На частоте 14.88 кГц также отмечены сходные явления, но они выражены менее заметно. На трассах № 1 и № 2 проведен анализ суточных вариаций медианной амплитуды радиосигналов РСДН-20 11.9 и 14.88 кГц, полученных после децимации (прореживания) и пропуска массива измерений через цифровой сглаживающий полиномиальный фильтр Савицкого–Голея (программа MATLAB). Представлены расчеты поля в волноводе Земля–ионосфера. Анализ условий распространения радиоволн во время магнитных бурь и солнечных вспышек выявил существенные различия в пространственных амплитудно-фазовых явлениях в обычных и аномальных геомагнитных условиях на частотах 11.9 и 14.88 кГц при распространении на пространственно-разнесенных трассах широтного простираия. Основным фактором, оказывающим влияние на параметры СДВ-сигнала в волноводе Земля–ионосфера во

время гелиогеофизических возмущений, является увеличение концентрации электронов в D-слое ионосферы и связанное с этим изменение геометрии волновода.

Асимметрия распределения продольных токов в ионосфере в период равноденствия

17 июля
18:15

В.В. Мишин, М.А. Курикалова[⊙]

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]kurikalova@iszf.irk.ru

Оригинальным методом техники инверсии магнитограмм ИСЗФ СО РАН по 1-минутным данным мировой сети наземных магнитометров получены карты распределения продольных токов (FAC) в полярной ионосфере северного полушария во время суббуревых активизаций перед началом и в ходе супербури 6 апреля 2000 г. При анализе карт были определены мезомасштабные ячейки в распределении плотности FAC в каждой зоне Ииджимы и Потемры. Наблюдается изменение знака асимметрии распределения FAC в направлении утро–вечер при неизменном направлении и величине азимутальной компоненты межпланетного магнитного поля в ходе суббурь в сезон равноденствия. Обсуждается возможная связь такого изменения с качанием оси геомагнитного диполя относительно оси вращения Земли, вызывающим изменение положения терминатора и степени освещенности полярной шапки и аврорального овала.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16 и при частичной поддержке гранта РФФИ №18-05-00437. Экспериментальные данные получены с использованием оборудования ЦКП "Ангара" (ИСЗФ СО РАН).

Решение систем линейных алгебраических уравнений методом максимальных вкладов

17 июля
18:15

Ю.В. Пенских

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

penskikh@iszf.irk.ru

Основы сферического гармонического анализа (СГА) геомагнитного поля были разработаны в первой половине XX века. Спустя несколько десятилетий в ИСЗФ СО РАН этот метод получил развитие как техника инверсии магнитограмм (ТИМ-ИСЗФ). СГА решает обратную задачу теории потенциала, в которой рассчитываются источники поля геомагнитных вариаций (ПГВ) – внутренние и внешние электрические токи. В алгоритме СГА формируется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которая состоит из $3K$ уравнений (три компоненты геомагнитного поля, K – число наземных магнитных станций). Малые изменения левой либо правой части такой СЛАУ могут привести к значительному изменению неизвестных переменных. Как следствие, два последовательных момента времени с практически одинаковыми ПГВ аппроксимируются значительно отличающимися коэффициентами СГА. Это противоречит как логике, так и реальным наблюдениям геомагнитного поля. Неизбежная погрешность магнитометров, как и способ определения ПГВ также влекут неустойчивость решения СЛАУ. Для решения таких СЛАУ в ИСЗФ СО РАН полвека назад был разработан метод максимальных вкладов, который ранее подробно не описывался. В данной работе дано систематическое изложение оригинального метода, предложен ряд его модификаций. Метод

максимальных вкладов может быть использован при решении других переопределенных, недоопределенных, плохообусловленных и вырожденных СЛАУ.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16 и при частичной поддержке грантов РФФИ №№ 18-05-00437 и 19-05-00665.

3 Космическая погода и климат

Space weather effects detected by GPS-TEC in Mongolia

D. Baatarkhuu¹⊙, Sh. Amarjargal²

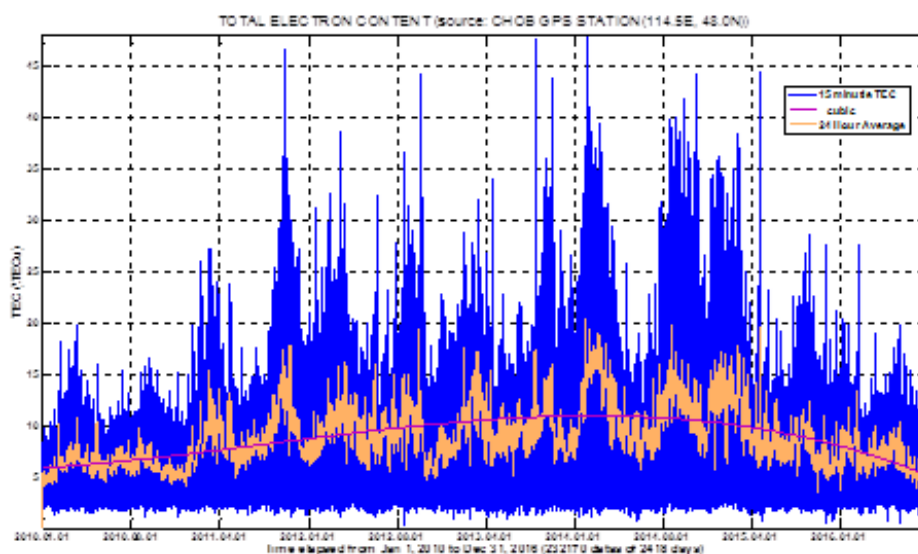
16 июля
15:15

¹Department of Astronomy, Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

²Department of Astrophysics, Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

⊙baatarkhuu@iag.ac.mn

The Total Electron Content (TEC) derived from Global Positioning System (GPS) is one of the important parameter used to monitor the ionosphere irregularities and space weather impacts on satellite to ground communication and satellite navigation. TEC variations are controlled by several factors, the main of which is solar cycle and its activity. This work is focused on the correlation of the ionosphere TEC with solar and geomagnetic activities at mid-latitude region. We use analysis of 15 min mean TEC values at CHOB (48.08 N, 114.53 E) station during the period of 2010 to 2016, Mongolia to assess the magnitude of correlation between the 24th solar cycle and the ionosphere behavior. The result shows that GPS derived TEC is in direct strong correlation with the solar activity indices. Variability of TEC with severe geomagnetic storm induced by the extreme solar activity of the early September 2017 events were investigated on four GPS stations ULAB (47.86 N, 107.06 E), HOVD (48.00 N, 91.66 E), CHOB (48.08 N, 114.53 E) and DALN (43.56 N, 104.42 E) of Astronomical Observatory, Mongolia. Results show that GPS-TEC value increases two times during the geomagnetic storm and solar flare days compare to quite days. An addition to this 2 and 3 peaks and short-period fluctuations are observed.



Мониторинг ионосферных возмущений во время стартов ракет с космодрома Восточный

Н.П. Перевалова¹✉, Г.А. Жеребцов¹, М.А. Серов², В.С. Жижерин²

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия

✉pereval@iszf.irk.ru

Высокая регулярность запусков космических аппаратов (КА) в сочетании с потенциалом сетей приемников глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) делает старты КА уникальной научной лабораторией для исследования волновых свойств верхней атмосферы и отработки методик регистрации воздействий на нее различных источников. 28 апреля 2016 г. начал действовать новый российский космодром Восточный. Положение космодрома дает возможность исследовать эффекты запусков не только в среднеширотной, но и в субавроральной ионосфере. В районе космодрома расположено несколько постоянно действующих приемников ГНСС, принадлежащих ИГиП ДВО РАН, а также входящих в Международную сеть IGS (<http://sopac.ucsd.edu>). Несмотря на небольшое количество приемников, они обеспечивают мониторинг ионосферных возмущений, связанных с запусками КА, в любом направлении от космодрома. При этом ГНСС-приемники ИГиП ДВО РАН расположены в непосредственной близости от Восточного и позволяют регистрировать возмущения в ионосфере на малых расстояниях от стартовой площадки. С помощью ГНСС-приемников, действующих в районе космодрома Восточный, в субавроральной ионосфере выделены возмущения, обусловленные как ударными акустическими волнами в атмосфере, так и химической модификацией атмосферы продуктами сгорания топлива. Проведен сравнительный анализ характеристик ионосферных возмущений, образованных во время запусков с космодрома Восточный в 2016–2018 гг. Авторы выражают глубокую благодарность Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC, <http://sopac.ucsd.edu>) за предоставление данных международной сети приемников ГНСС. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-17-00042). Данные измерений ГНСС-приемников ИГиП ДВО РАН получены при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН "Дальний Восток" (№ 18-5-024).

Проявление солнечной активности в вариациях атмосферных эмиссий 577.7 и 630 нм в 24-м солнечном цикле

А.В. Михалев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

mikhalev@iszf.irk.ru

В работе выполнен предварительный анализ экспериментальных данных наблюдений среднеширотного излучения ночной атмосферы в эмиссиях 577.7 нм (высоты высвечивания 85–115 км, мезосфера – нижняя термосфера) и 630.0 нм (180–250 км, нижняя термосфера), полученных в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (52° с.ш., 103° в.д.) в текущем 24-м солнечном цикле (СЦ).

Для интенсивности эмиссии 630.0 нм ($I_{630.0}$) в 24-м солнечном цикле сохраняется известная зависимость от фазы солнечного цикла (индекс $F_{10.7}$), проявляющаяся в увеличении $I_{630.0}$ с увеличением солнечной активности. Отмечается также тенденция увеличения $I_{630.0}$ на спаде солнечной активности в 2015–2016 гг., возможно связанная с увеличением геомагнитной активности (индекс Ap). Отношение среднегодовых значений эмиссии

630.0 нм в максимуме и минимуме СЦ оказалось ниже значений, обычно наблюдаемых для среднеширотных станций в предыдущие СЦ, что, вероятно, может быть связано с аномальностью 24-го СЦ. При этом коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями $I_{630.0}$ и индексом $F_{10.7}$, определенные для текущего СЦ и эмпирической моделью [Шефов и др., 2006], имеют близкие значения 0.77–0.81 и 0.73 соответственно.

В то же время для интенсивности эмиссии 557.7 нм ($I_{557.7}$), в отличие от предыдущих СЦ и эмиссии 630.0 нм, для анализируемого СЦ не удалось выявить выраженной зависимости от уровня солнечной активности, преобладающей над другими возможными источниками вариаций этой эмиссии. В частности, в вариациях $I_{557.7}$ в большей степени проявляются корреляции с квазидвухлетними колебаниями (QBO) зонального ветра в стратосфере (индекс QBO.U30) и явлением Эль-Ниньо/Ла-Нинья (индекс ONI). Вероятно, это было обусловлено преобладанием эффектов воздействия нижележащей атмосферы при общем низком уровне солнечной активности текущего 24-го СЦ.

Работа выполнена в рамках базового финансирования Программы ФНИ П.16. В работе использовались данные оптического комплекса, входящего в состав ЦКП «Ангара».

Исследование влияния стратосферных потеплений на характеристики ионосферных возмущений по данным КВ-радара Хоккайдо ИСТ

16 июля
16:30

М.В. Толстик¹⊙, А.В. Ойнац¹, И.В. Медведева¹, А.В. Медведев¹, К.Г. Ратовский¹, Н. Нишитани²

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

⊙maxim@iszf.irk.ru

Впервые по многолетним данным КВ-радара Хоккайдо ИСТ (2007–2014 гг.) показано влияние возмущений в средней атмосфере с периодами порядка десятков дней на короткопериодные (≈ 1 –4 ч) возмущения в ионосфере. Было обнаружено, что во время мажорных внезапных стратосферных потеплений (ВСП) наблюдаются существенные изменения анизотропии частоты наблюдения перемещающихся ионосферных возмущений (ПИНВ) в зависимости от направления распространения. Так, для ВСП в 2009, 2010 и 2013 г. до начала событий ВСП наблюдалось характерное распределение азимутов ПИНВ с ярко выраженным максимумом в районе $\approx 120^\circ$ (следует отметить что это типичное распределение для зимнего сезона в Хоккайдо), во время ВСП появляются дополнительные максимумы, а после окончания ВСП распределение возвращается к первоначальной форме. Проведен анализ с целью выявления причины наблюдаемых эффектов. Обнаружено, что наиболее значительным изменениям в распределениях азимута ПИНВ соответствуют наиболее сильные вариации скорости зонального ветра на 60° с.ш., 10 гПа. Для формализации задачи разработаны методы численной оценки возмущений распределений азимута ПИНВ и возмущений скорости зонального ветра. Проведено сравнение распределений ПИНВ по времени суток и направлениям распространения с распределениями проекций нейтрального ветра, что позволило предложить механизм этого влияния. Планетарные волны (необязательно связанные с реверсом зонального ветра) приводят к изменениям нейтрального ветра в районе мезопаузы, что приводит к изменению блокируемых нейтральным ветром направлений распространения ПИНВ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 17-05-00192-а и № 19-05-00889-а. В работе были использованы экспериментальные данные ЦКП «Ангара» (<http://ckp-rf.ru/ckp/3056/>) и методы анализа, полученные в рамках базового финансирования программы ФНИ П.12.

Особенности повышения температуры воздуха в высоких широтах

16 июля
16:45

П.Г. Ковадло¹⊙, А.Ю. Шиховцев¹, С.А. Язев^{1,2}

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

⊙kovadlo2006@rambler.ru

Анализ средних многолетних наблюдательных данных о температуре воздуха приповерхностного слоя атмосферы показывает, что за последние полторы сотни лет температура увеличилась на всех широтах, включая экваториальные области. Однако темп роста температуры разный и находится в прямой зависимости от широты места, континентальности, особенностей общей циркуляции атмосферы и других. В частности, наибольший прирост температуры наблюдается в полярной области Северного полушария в холодный период года, и за период с 1948 по 2017 г. он составил около 7°.

Заполярье в отсутствие притока солнечной радиации (на протяжении ≈ 186 сут) обогревается практически только за счет переноса тепла атмосферными и океаническими течениями из низких широт. Обсуждение причин этого феномена и представляет цель настоящей работы. Температурный режим на этой территории формируется под действием трех источников тепла: солнечного излучения, атмосферных и океанических течений. Элементом термодинамической системы также является источник депонированного “холода” в виде многолетних плавающих и сухопутных ледников. При недостатке притока тепла ледники депонируют “холод”, при избытке – “поглощают” поступающее тепло. Общие запасы ледников огромны ($\approx 3 \times 10^6$ км³), однако их действие на термодинамические характеристики региона существенно отличаются по интенсивности во времени. Плавающие ледники мобильно влияют на всю термодинамику как самого океана, так и атмосферы. При многолетних тенденциях изменений региональных характеристик их влияние распространяется не только на все Северное полушарие, но и на Южное.

Показано, что с 1979 г. по 2017 г. растаяло 11.5×10^3 км³ льда. За этот период на таяние было затрачено 3.305×10^{21} Дж или в среднем 91.8×10^{18} Дж за год.

Отсюда следует, что приносимое океаническими и атмосферными течениями из низких широт тепло затрачивается на обогрев системы атмосфера–океан в полярной области. В результате этого процесса снижаются притоки тепла из низких широт и в целом увеличивается теплосодержание тропосферы. Таким образом, экономия энергии затрат в Северном полушарии на таяние плавающих льдов ежегодно составляет 91.8×10^{18} Дж.

Работа поддержана программой исследований Президиума РАН «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования на 2018–2020 годы. Роль солнечной активности в наблюдаемых изменениях климата в XX веке».

К вопросу о признаках ионосферных неоднородностей на ионограммах вертикального зондирования

16 июля
17:00

О.А. Ларюнин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
laroleg@iszf.irk.ru

Ионограммы вертикального и наклонного зондирования могут иметь сложную структуру и содержать дополнительный трек. Такого рода треки обычно имеют U-образную форму в случае вертикального и слабонаклонного зондирования и Z-образную форму при наклонном зондировании. Смещение данных структур вдоль основного трека ионограммы обусловлено движением локализованных областей повышенной или пониженной электронной концентрации. Вследствие этого образуются горизонтальные градиенты электронной концентрации ионосферы, т. е. наклонные отражающие слои, приводящие к многолучевости при радиозондировании.

Связанные с многолучевостью структуры на ионограммах довольно разнообразны, и сложные случаи с трудом поддаются интерпретации. Напротив, U-образный трек на вертикальной ионограмме является тем признаком ионосферного возмущения, который доступен для сравнительного анализа при моделировании.

Используемые в работе данные вертикального зондирования получены в п. Торы Иркутской области.

Ежеминутная регистрация ионограмм позволяет исследовать динамические характеристики ионосферных возмущений. Так, вводится понятие "последней спокойной" ионограммы, под которой понимается ионограмма с неискаженным основным треком без дополнительных структур. По данной ионограмме восстанавливается высотный профиль электронной концентрации, который далее используется в качестве фонового. Следующая ионограмма уже содержит U-образный трек, и для моделирования на полученный ранее фоновый профиль накладывается возмущение. Сравнительный анализ позволяет путем фитирования максимально приблизить модельный U-образный трек к наблюдаемому на эксперименте.

В ходе работы получены количественные и качественные закономерности, отражающие изменение формы дополнительного трека на ионограмме при варьировании параметров ионосферного возмущения.

On the functioning of the International Space Station

16 июля
17:15

Ch. Amarjargal¹°, D. Erdenebaatar²

¹Institute of Astronomy and Geophysics of the Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

²National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia
°amarjargal@iag.ac.mn

As is known, the International Space Station provides a relative low-Earth orbit safety location for testing spacecraft systems, which are required for long-term flights to the Moon and Mars. This provides interest to academia, and the topic is relevant. In our informational work, we present a brief overview of the recent functional activities of the International Space Station. The report consists of 4 main points: 1. Briefly about the history of the beginning of the project realisation; 2. The main activity of the station and some new research results on it; 3. International cooperation at this space station; 4. Features of the station.

The report briefly provided the latest news on the functional work of the first Mongolian nanosatellite, which was launched from this space station two years ago.

A brief presentation on recent activities of the Astropark in the Ulaanbaatar

16 июля
17:30

B. Otgonsuren[⊙], D. Undrakh[⊙]

Institute of Astronomy and Geophysics of the Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar,
Mongolia

[⊙]otgonsuren@iag.ac.mn; undrakh@iag.ac.mn

Since ancient times, the Mongols, like other peoples of world, were engaging in astronomy and have always been interested in the sky and stars, as well as trying to understand them. As society advances, telescopes and other instruments got invented and we became able to study outer space, stars, planets and such in greater detail. Scientific breakthroughs in physics and technology of the second half of 20th century were used for new observation and analysis methods, resulting in new era of astronomy. The greater the knowledge about astronomical science the greater the need to advertise it to the public. Our space museum Astropark is essential for astronomical science and wide society for Mongolia.

Изучение искажений волнового фронта по наблюдениям фрагментов солнечных изображений для анализа оптической погоды

17 июля
18:15

А.Ю. Шиховцев[⊙], П.Г. Ковадло, А.В. Киселев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]Ashikhovtsev@iszf.irk.ru

Разрешающая способность астрономических телескопов наземного базирования ограничена оптической неоднородностью турбулентной атмосферы Земли. Атмосферная турбулентность приводит к формированию искажений волнового фронта на апертуре телескопа.

В работе обсуждается метод исследований искажений волнового фронта применительно к солнечным объектам, основанный на анализе пространственных кросскорреляционных функций, рассчитываемых по дрожанию фрагментов изображений солнечного края, регистрируемых датчиком волнового фронта Шака–Гартмана.

В качестве экспериментальных данных были использованы результаты измерений характеристик волнового фронта на Большом солнечном вакуумном телескопе (БСВТ). Для изучения характеристик зоны изопланатизма был выполнен анализ дрожания отдельных фрагментов изображения солнечного края в пределах каждой субапертуры датчика. Измерение смещения центров тяжести фрагментов изображения в поле зрения каждой субапертуры позволило проанализировать характер изменений пространственных кросскорреляционных функций для объектов (срезов изображения солнечного края), разнесенных на разные углы. Резкое уменьшение амплитуды пространственных кросскорреляционных функций до значений ≈ 0.8 в пределах поля зрения, ограниченного 1.5–5 угл. сек, позволило получить оценки углового размера зоны изопланатизма.

Определение углового размера зоны изопланатизма из прямых измерений – это важный шаг с точки зрения того, что в распространенных методах оценка изопланатического угла основана на расчете этой характеристики с применением колмогоровской модели турбулентности по предварительно восстановленному профилю структурной характеристики флуктуаций показателя преломления воздуха. Предложенный подход позволил установить, что высокая коррелированность дрожания изображений по полю зрения сохраняется высокой 0.4–0.5 вплоть до 40 угл. сек. А в пределах типичных значений угловых размеров зоны изопланатизма превышает значение 0.8.

Исследование характеристик волнового фронта выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований молодых российских ученых – кандидатов наук МК-227.2019.8.

Экспериментальная проверка применимости приближения плоского фронта для определения параметров перемещающихся ионосферных возмущений по данным наклонного зондирования ионосферы

А.Г. Ким[⊙], М.В. Толстиков, К.Г. Ратовский, А.В. Медведев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]kim_anton@mail.ru

17 июля
18:15

Было выполнено сравнение параметров перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), наблюдавшихся 16 декабря 2006 г. во время сильного геомагнитного возмущения, полученных для треугольника с расстояниями между точками ≈ 100 км (по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния и ионозонда DPS-4 в Иркутске) и для треугольника с расстояниями между точками ≈ 1000 – 1500 км (по данным вертикального зондирования в Иркутске и по данным наклонного зондирования на трассах Норильск–Торы и Магадан–Торы).

Было показано, что для восстановления динамических параметров ПИВ по данным об электронной концентрации в пространственно-разнесенных точках на расстояния до 1500 км может быть успешно применено приближение плоского фронта. По крайней мере, тогда, когда присутствует доминирующее возмущение, обусловленное мощным источником, например, авроральной активностью во время геомагнитных бурь.

Проведенный анализ данных разных инструментов показал, что 16 декабря 2006 г. в период ≈ 3 – 7 UT в пространственно-разнесенных точках до 1500 км на территории Восточной Сибири наблюдалось крупномасштабное ПИВ,двигающееся сверху вниз в юго-западном направлении на высотах 200 – 240 км с кажущейся горизонтальной скоростью ≈ 150 м/с.

Общий облачный покров (данные ECMWF ERA-Interim) и атмосферные осадки (данные GPCC) над югом Восточной Сибири и Монголией в июле

Е.В. Девятова^{1⊙}, О.Ю. Антохина², П.Н. Антохин², В.И. Мордвинов^{1,3}, И.В. Латышева³

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

³Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

[⊙]elenadevyatova4@gmail.com

17 июля
18:15

Знание о характере долговременных изменений общего облачного покрова (Total Cloud Cover – TCC) может быть полезным для решения ряда региональных климатологических проблем. Регионом наших исследований является Монголия и южная часть Восточной Сибири. Одной из наиболее значительных климатологических проблем здесь является длительный маловодный период в бассейнах озера Байкал и реки Селенги, начавшийся с середины 1990-х гг. [1]. Основная причина маловодья – уменьшение осадков в бассейне Селенги в середине лета [2]. Другой климатологической задачей в исследуемом регионе является оценка и климатический прогноз условий наблюдения для

расположенных в этом регионе оптических обсерваторий. Данные ТСС из проектов реанализа удобно использовать для решения этих задач. Однако ТСС является полностью расчетной характеристикой, которая подвержена ошибкам, связанным с физическими параметризациями, используемыми в модели, и требует сравнения с данными наблюдений. В этой работе мы сравниваем ТСС из проекта ECMWF ERA-Interim [3] (разрешение $2.0^\circ \div 2.0^\circ$) с осадками из архива GPCC [4] (разрешение $1.0^\circ \div 1.0^\circ$). GPCC – это набор данных наблюдений за осадками, интерполированных в узлы регулярной сетки.

Хотя осадки связаны с облачностью лишь косвенно, мы обнаружили хорошее соответствие в межгодовой динамике между двумя наборами данных по региону, за исключением периода 1982–1989 гг. (завышенные значения ТСС). Это позволяет нам использовать ТСС для изучения особенностей циркуляции атмосферы над Монголией и южной частью Восточной Сибири в годы с хорошим соответствием данных.

Мы выяснили, что величина ТСС и осадков в регионе зависит от интенсивности летнего Восточно-Азиатского муссона. Мы также обнаружили, что атмосферные блокингиды над Восточной Сибирью ($90^\circ \text{E} - 120^\circ \text{E}$) наблюдались в годы с высокими значениями ТСС и положительными аномалиями осадков над бассейном реки Селенга (1990 и 1993 г.). В годы с низкими значениями ТСС и отрицательными аномалиями осадков (1980 и 2007 г.) блокингиды над Восточной Сибирью отсутствовали.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00119.

Список литературы

1. Berezhnykh, T.V., O.Y. Marchenko, N.V. Abasov, and V.I. Mordvinov "Changes in the summertime atmospheric circulation over East Asia and formation of long-lasting low-water periods within the Selenga river basin," *Geogr. Nat. Resour*, 33, 223, (2012)
2. Marchenko, O.Yu., V.I. Mordvinov, P. N. Antokhin "Conditions of formation and long-term variability of summer precipitation in the Selenga basin," *Atmospheric and Oceanic Optics*, 25, 12, P. 1084-1090, (2012)
3. Dee D. P., et al. "The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System," *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 137, №656, P. 553–597, (2011), doi:10.1002/qj.828
4. Schneider, Udo; Becker, Andreas; Finger, Peter; Meyer-Christoffer, Anja; Ziese, Markus "GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 1.0° : Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data," (2018)

Поиск оптических транзиентов с помощью системы телескопов-роботов МАСТЕР

О.А. Ершова¹⊙, В.М. Липунов²⊙, Е.С. Горбовской²⊙, Н.В. Тюрина²⊙, Н.М. Буднев¹,
С.А. Язев^{1,3}⊙

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

³Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

⊙oliteya@gmail.com; master@sai.msu.ru; syazev@gmail.com

Российская система роботов-телескопов МАСТЕР, созданная в ГАИШ МГУ, включает в себя девять станций, оснащенных 40-см телескопами (Благовещенск, Тунка, Урал, Москва, Кисловодск, Крым, Тенерифе, ЮАР, Аргентина) и обеспечивающих наблюдения неба в обоих полушариях. Совместно с коллаборацией LIGO-VIRGO производится поиск оптических компаньонов гравитационно-волновых всплесков; впервые наблюдалась и была измерена поляризация гамма-всплесков на этапе быстрой фазы. Совместно

17 июля
18:15

с проектом IceCube/Antares ведутся наблюдения и поиск оптических компонентов, которые могут сопровождаться излучением нейтрино.

В проекте МАСТЕР участвуют несколько территориально разнесенных команд, занятых анализом кадров, полученных со всех станций, и поиском транзиентов. Методика поиска основана на сравнении новых кадров с референсными изображениями соответствующих участков неба из базы данных Паломарской обсерватории. Программой MPChecker выявляется наличие астероидов в кадре. С помощью базы данных VIZIER производится отсев всех звезд по звездным каталогам. Оставшиеся объекты проверяются на принадлежность к пульсарам в базе AAVSO (каталог переменных объектов). Транзиент в окрестности какой-то галактики может быть предварительно отождествлен как сверхновая.

С начала 2012 по апрель 2019 г. в рамках проекта МАСТЕР открыто более 1500 оптических транзиентов, в том числе 324 сверхновых разных типов, 283 гамма-всплеска, новые звезды, карликовые новые и другие быстропеременные объекты. Только за первые четыре месяца 2019 г., помимо прочих объектов, было обнаружено 6 сверхновых и 20 звезд типа «карликовая новая». В их числе 8 объектов (2 сверхновые, 5 карликовых новых, 1 переменная звезда) открыты в Иркутске, в том числе две карликовые звезды – первым автором.

Станция МАСТЕР-II в Тунке в силу отличного астроклимата (до 263 ясных дня в году) позволяет открывать больше новых объектов, чем другие инструменты сети, выполняя основную часть наблюдений гамма-всплесков. В 2019 г. планируется сооружение модифицированного 60-см телескопа МАСТЕР-III на полигоне ИГУ в Тункинской долине. Этот инструмент позволит наблюдать объекты с красным смещением больше 10, а также слабые транзиенты (22–23 звездной величины).

Определение УФ-индекса в районе г. Улан-Батора в период 2014–2018 гг.

Д. Батмунх, Г. Даваахуу[○], Б. Тувшинжаргал, Ч. Лхагважав

Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

[○]lelberel@yahoo.com

17 июля
18:15

В нашем исследовании предпринята попытка определить УФ-индекс по данным измерений радиометром VLX-3W в районе Улан-Батора. Как известно, различают три участка спектра ультрафиолетового излучения, имеющего различное биологическое воздействие, и солнечное УФ-излучение является причиной многих биологических эффектов в организме человека, что обуславливает актуальность исследований в области физики УФ-излучения. Согласно существующим нормам (с точки зрения дозиметрии) УФ-излучение разделяется на два диапазона: бактерицидный (200–280 нм) и эритемный (280–400 нм). Не менее важным фактором, стимулирующим изучение и измерение интенсивности УФ-излучения, является увеличение УФ-излучения поддиапазона УФ-В (280–315 нм) на поверхности Земли вследствие разрушения озонового слоя. Для организма человека вредное влияние оказывает как недостаток ультрафиолетового излучения, так и его избыток. Для Монголии такая проблема еще не изучена в достаточной мере, поскольку у нас не имеется многолетних статистических данных о соотношении интенсивности излучения УФ-А и УФ-В, и об общем количестве ультрафиолетовых лучей, достигающих поверхности по территории Монголии в зависимости от различных факторов.

В нашей работе представлены некоторые результаты измерений солнечного УФ-излучения, приходящего на пункт наблюдения обсерватории Хурэл-Тогоот г. Улан-Батора.

Измерения солнечного УФ-индекса и интенсивности в длинах волн $365 \geq 12$ нм производились портативным прибором – УФ-дозиметром UV Hawk и радиометром VLX3W за период с мая 2014 по август 2018 г. Найдена нами простая степенная зависимость для перевода между этими измерениями Уф-излучения, и такая зависимость представлена аналитическими формулами (как $I_{UV} = k_{er} \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} S_{er}(\lambda) d\lambda$). УФ-индекс в Улан-Баторе в летние месяцы находится в интервале значений 6–9.

17 июля
18:15

Проявление солнечно-земных связей в гидрометеорологии

Г.Я. Смольков

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
smolkov@iszf.irk.ru

Состояние и изменчивость окружающей природной среды Земли, включая гидрометеорологию, обусловлены солнечно-земными связями. Природными факторами внешних воздействий на Землю являются солнечная активность, потоки галактических космических лучей и эндогенная активность Земли, обуславливаемая гравитационным воздействием на Землю со стороны Луны, Солнца и других небесных тел Солнечной системы в процессе её барицентрического движения в гравитационном поле и межзвёздной среде Галактики, а также последствия внешних воздействий на Солнечную систему. Учет всех глобальных факторов внешних воздействий на Землю способствует системному и междисциплинарному анализу проявлений солнечно-земных связей. Это позволяет объяснить механизмы, энергетику, цикличность, синхронность, полярную асимметрию, изменение формы Земли, скачкообразность и др. виды проявлений солнечно-земных связей. Необъяснимые синхронные отклики оболочек Земли и наблюдаемых слоев атмосферы Солнца, ранее вынужденно относимые к «аномалиям», стали понятными. Они свидетельствуют о внешнем воздействии на Солнечную систему в целом.

17 июля
18:15

Исследование источников гравитационных волн в оптическом диапазоне с помощью глобальной сети МАСТЕР

Ю.В. Ишмухаметова¹, В.М. Липунов², Н.В. Тюрина², Е.С. Горбовской²

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия
©yuliavi38@gmail.com

Работа посвящена наблюдению областей ошибок гравитационно-волновых событий в оптическом диапазоне. Исследование проводилось с помощью телескопов-роботов сети МАСТЕР, которые инспектировали области ошибок гравитационно-волновых обсерваторий LIGO и VIRGO. В работе рассмотрены первые эпохи гравитационно-волновых наблюдений, проведенные в 2015–2017 гг.

Мобильная астрономическая сеть телескопов-роботов (МАСТЕР) полностью решает многие задачи современной астрофизики, одна из которых – поиск и исследование транзиентов (оптических быстропеременных объектов). Алертная система и быстрая скорость наведения телескопов позволило сети МАСТЕР занять ведущее место в инспектировании областей ошибок гравитационно-волновых событий.

Рассмотрены десять гравитационно-волновых событий. Их области ошибок в сумме составляют более сорока тысяч квадратных градусов. Инспектирование телескопами

сети МАСТЕР составило 79% от указанных областей. В работе описаны 35 найденных объектов.

Источником большинства рассмотренных сигналов являются слияния черных дыр. Теория данного сценария не утверждает сопровождения подобных событий оптической вспышкой. Однако полученные результаты внесли большой вклад в развитие новой гравитационно-волновой обсерватории.

17 августа 2017 года в процессе инспекции гравитационно-волнового импульса, зарегистрированного антеннами LIGO и VIRGO, впервые в истории естествознания МАСТЕР обнаружил оптическую вспышку, сопровождающую столкновение двух нейтронных звезд. После нескольких часов инспекции поля в сто квадратных градусов телескоп МАСТЕР-Аргентина получил первое изображение галактики NGC 4993 после слияния нейтронных звезд.

4 Геофизические поля и сейсмичность

Об изучении влияния космофизических факторов на геодинамику в Байкальской рифтовой зоне

В.В. Ружич¹°, Г.Я. Смольков²°, Е.А. Левина¹

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

°ruzich@crust.irk.ru; smolkov@iszf.irk.ru

17 июля
11:15

Известно, что все геологические и геодинамические процессы имеют циклический режим и часто синхронизированы. Современные данные космической геодезии о вариациях положения центра масс Земли (ЦМЗ) однозначно свидетельствуют в пользу существования векового тренда в режиме колебаний ядра Земли [Barkin, 2011; Smolkov, Barkin, 2014, 2016]. Циклические смещения ядра с его колоссальной избыточной массой в виде колеблющейся системы ядро–мантия оказывают циклические гравитационные воздействия на все оболочки Земли, включая биосферу. Геодинамическая модель вынужденных относительных смещений ядра уже получила впечатляющие приложения при изучении и решении сложных геофизических проблем. Для ряда геодинамических и геофизических явлений дано теоретическое объяснение в хорошем согласии с данными наблюдений, в частности, в геодинамике при объяснении векового дрейфа полюса оси вращения и неприливного ускорения в осевом вращении Земли [Barkin, 1996, 2010; Гончаров и др., 2012; Баркин, 2013].

С вышеизложенных позиций авторами рассмотрены примеры проявления солнечно-земных связей (СЗС) применительно к геодинамике Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), нашедших отражение в выявленных периодичностях сейсмического режима (годовой, 11-летней и др.), миграции землетрясений с использованием результатов для оценок сейсмической опасности [Ружич, 1997; Левина, 2011; Левина, Ружич, 2014]. Также обсуждаются эндогенные условия возникновения СЗ–ЮВ рифтогенного растяжения земной коры под воздействием всплывания обширного мантийного плюма в сочетании с условиями планетарного субмеридионального сжатия, установленного по механизмам очагов землетрясений, а также по зафиксированным зонам надвигов, разрывающих базальтовые дайки миоценового возраста и плиоцен-четвертичных осадки во впадинах [Ружич, Шерман, Тарасевич, 1973; Ружич, 1997]. Указанные признаки не учитываются в традиционных моделях формирования БРЗ и ее сейсмическом режиме, но могут быть объяснены с учетом проявления космофизических факторов, влияющих в различных сочетаниях на внутриземные процессы. При таком подходе возникает возможность приступить к более объективной расшифровке природы геодинамических проявлений в режимах эндогенных и экзогенных процессов нашей планеты, что актуально для разработки полезных практических приложений, в частности, в прогнозе катастрофических природных явлений и разработке мер для более эффективного снижения их разрушительных последствий.

Об особенностях проявления одиннадцатилетней периодичности в сейсмическом режиме геосистем различного уровня

17 июля
11:30

Е.А. Левина

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия
levina@crust.irk.ru

Возможная связь между сейсмичностью Земли и 11-летним циклом солнечной активности до сих пор остается дискуссионной [Любушин и др., 1998; Левин, 2006; Sidorenkov, 2009; Тяпкин, 2012; и др.]. В данной работе с помощью метода наложения эпох показано различие в распределении сейсмической активности для всей Земли, ее полушарий, секторов, широтных поясов и отдельных регионов по фазам 11-летнего солнечного цикла. В качестве характеристик сейсмической активности рассматривались ряды количества землетрясений и суммарной выделившейся сейсмической энергии. Для характеристики солнечной активности использовались числа Вольфа за период с 1964 по 2018 год. В результате для всех рассмотренных территорий выявлены фазы солнечного цикла, на которые приходятся максимумы количества землетрясений или выделившейся сейсмической энергии. При этом максимумы сейсмической активности северного и восточного полушарий практически совпадают с общемировыми, тогда как в южном и западном полушариях отличаются от них. Выявлена закономерность в распределении сейсмической активности по широтным поясам: фазы наступления главного максимума увеличиваются с увеличением широты в обоих полушариях. Для отдельных регионов результаты могут быть неустойчивы к изменению выборки рассматриваемых событий (учитываются все землетрясения или только сильные) и отличаются от результатов для Земли и отдельных полушарий. Такая пестрая картина, возможно, объясняется тем, что наблюдаемое распределение сейсмической активности является результатом множества воздействий различной природы, в котором сложно выделить влияние конкретного фактора. Предполагается, что корреляция солнечной активности с сейсмической активностью Земли объясняется общей причиной, влияющей на оба этих процесса, а именно – возмущающим действием вращения Солнца вокруг барицентра солнечной системы [Авсюк, 1996]. Наблюдаемая асимметрия полушарий, возможно, объясняется обнаруженным в 90-е гг. дрейфом ядра Земли к северо-востоку [Баркин, 2009]. Дальнейшие исследования солнечно-земных связей должны быть направлены на выяснение физических механизмов как внешних воздействий, так и особенностей наземных откликов, и иметь междисциплинарный характер [Смольков, Баркин, 2014].

К разработке региональной методики прогноза, параметров сейсмических воздействий Байкальской сейсмической зоны

17 июля
11:45

В.И. Джурик¹⊙, Е.В. Брыжак¹, Ц. Батсайхан²⊙

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

⊙dzhurik@crust.irk.ru; batsaikhan@iag.ac.mn

Ранее для Байкальской сейсмической зоны (БСЗ) была разработана методика прогноза сейсмической опасности и обоснованы пути совершенствования сейсмического микрозонирования для районов с мерзлыми грунтами в их естественном состоянии и в случае их деградации. Следующий этап – это прогноз сейсмических воздействий сильных землетрясений БСЗ, также с учетом региональных условий строительства, но обоснованный требованиями к проектированию сейсмостойких промышленных и гражданских сооружений.

В отношении решения поставленной задачи в начальный период реализуется подход, основанный на учете очаговых зон и параметров зарегистрированных относительно сильных землетрясений с поправками на мерзлотные физико-механические показатели грунтов в основании регистрируемой аппаратуры. Эти данные необходимы для обоснования исходного сейсмического сигнала, который в дальнейшем используется в качестве эталонного для районирования параметров сейсмических воздействий строительных площадок в естественном и прогнозируемом состоянии грунтов, служащих основаниями строящихся сооружений.

В отношении реализации разрабатываемой методики представляются результаты исследований, выполненных на трех участках: в зоне глубокого промерзания с сейсмичностью 8–9 баллов (юг Байкала), в зоне островного распространения мерзлоты с исходной сейсмической опасностью 8 баллов (Монголия, Южное Прихубсугулье) и в зоне, расположенной в переходных мерзлотных условиях от островного к сплошному распространению мерзлых грунтов и сейсмичностью 7–8 баллов (северо-восток Байкальского региона).

Для изучаемых территорий сформированы исходные сигналы с учетом мерзлотных особенностей районов, изучен спектральный состав колебаний при землетрясениях, проведена оценка затухания спектров с расстоянием и построены сейсмогрунтовые модели для естественного и прогнозируемых состояний мерзлоты. В конечном итоге по предложенной методике представляется набор расчетных параметров сейсмических воздействий, который позволяют проектировать сейсмостойкие сооружения в пределах криолитозоны, расположенной в сейсмоактивных регионах Восточной Сибири и Монголии.

К прогнозу сейсмических воздействий на Северомуйский тоннель

17 июля
12:15

В.В. Чечельницкий¹°, Е.Н. Черных²

¹Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

°chechel@crust.irk.ru

С намечаемой модернизацией Северомуйского тоннеля (прокладкой второго пути) вопрос о прогнозе сейсмических воздействий на тоннель становится еще более актуальным. Северомуйский тоннель располагается в пределах Верхнеангарско-Муйской перемычки в зоне с уровнем сейсмичности 9 баллов по картам ОСР-2015(А,В) и 10 баллов по карте ОСР-2015(С) с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями.

Параметры сейсмических колебаний грунта на конкретной площадке определяются большим количеством факторов, основными из которых являются энергия, механизм, глубина очага землетрясения и направление разрыва; строение геологической среды по трассе очаг–пункт наблюдения; эпицентрально-расстояние; местные инженерно-геологические условия площадки. Поэтому инструментальные записи местных относительно слабых землетрясений могут являться основой оценки параметров колебаний при сильном землетрясении с определенной степенью достоверности.

Фактическим материалом для уточнения прогноза параметров сейсмических воздействий (пиковых значений амплитуд ускорений PGA и скоростей PGV) послужили цифровые записи, полученные на сейсмостанции Северомуйск в 2002–2018 гг. землетрясений с эпицентрально-расстояниями $R_{\text{эп.}} = 11\text{--}139$ км и энергетическими классами $K = 9.4\text{--}14.3$, а также на временных сейсмостанциях, установленных непосредственно в основном Северомуйском тоннеле и в двух обходных тоннелях в январе 2015 г. За относительно небольшой период регистрации, полтора месяца, удалось получить записи землетрясений с очагами близкими к тоннелю, $R_{\text{эп.}} = 10\text{--}30$ км, $K = 9.6\text{--}13.3$. По данным сектора сводной обработки БФ ФИЦ ЕГС РАН эпицентры этих землетрясений приурочены к Муяканскому хребту, а гипоцентры большинства из них расположены на малых глубинах ($h = 5\text{--}8$ км).

По результатам анализа записей землетрясений получены зависимости PGA и PGV от эпицентрального расстояния и энергетического класса землетрясения. Сделаны прогнозные оценки пиковых амплитуд ускорений и пиковых скоростей колебаний грунта и получен набор синтетических акселерограмм при сильных близких землетрясениях. Это позволило уточнить сделанные ранее прогнозные оценки сейсмической опасности Северомуйского тоннеля.

Трансформация поведения грунтов в различных климатических условиях в сейсмически активных районах Сибири и Дальнего Востока

17 июля
12:30

С.П. Серебренников°, А.Ю. Ескин

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

°serebr@crust.irk.ru

Основные природные факторы, влияющие на изменение сейсмических сигналов, можно классифицировать как природные и техногенные. Техногенные причины, вызванные деятельностью человека, как правило, ограничены в пространстве и имеют границы.

Природные обстоятельства могут быть вызваны изменением климатических условий на территории обширных областей как на длительных, так и на относительно кратковременных интервалах. Воздействие любого из перечисленных факторов на грунты в различных климатических зонах приведет к возможной трансформации их сейсмических и электрических свойств и физико-механических параметров. На такую возможность указывают как исторические факты, так и данные последних исследований грунтов в районах с различной климатической обстановкой.

Переход к оценкам основных параметров сейсмических воздействий для грунтов в естественном состоянии может быть осуществлен через изучение основных параметров геофизических полей по площади.

Для выполнения поставленных задач рассмотрено соответствие теоретических построений о возможности проявления резонансных свойств талых и мерзлых грунтов различного гранулометрического состава с экспериментальными данными. Проведенные в большом объеме геофизические измерения приповерхностной зоны обобщены и их результаты представлены в форме таблиц состояния грунтов в естественных и искусственных средах.

В результате проведения теоретических расчетов показана значительная изменчивость влияния глубинных и приповерхностных слоев мерзлых и талых отложений на интенсивность и частотный состав сейсмических сигналов от сильных землетрясений. Такая оценка осуществлена через расчет спектральных характеристик, акселерограмм и спектров ускорений, которые используются для определения преобладающих периодов, длительности сейсмических воздействий и максимальных ускорений.

Comparative research of data of geophysical stations in Khovd (west part of Mongolia)

S. Zagdsuren[©], B. Diimaa, P. Batbayar, Ch. Mungunkhuu

Institute of Geophysics and Astronomy, Mongolian Academy of Sciences, Khovd, Mongolia

[©]zagdsuren@iag.ac.mn

17 июля
12:45

West part of Mongolia is seismic active areas and have a lot of faults created by strong earthquake. Khovd province is high seismic activity of Western Mongolia. Example, Ar-hotol fault, surfaceruptures is prominent, continuous along more than 215 km. More seismic active region Khovd is Jargalant, Sutai, Tsambagarav, Altan-khukhii and Khukh serkh. In this paper is about seismic activity in west of Mongolia, Khovd region, Data analyse accelerometer Khovd and calculated peak parameters Ground strong motion, study of Geomagnetic data while occurred stronger earthquake. Generally we tried to do it about comparative research of seismology and Geomagnetic study.

Last 10 years, 237647 earthquakes occurred in territory of Mongolia and border's area, then 757 earthquakes with magnitudes greater than 3.5 occurred in these area. At the ime, 80 percent of those earthquakes occurred in west of Mongolia and around 28 earthquakes with magnitudes greater than 4.0 occurred in territory of Khovd, Bayan-Ulgii and Ulaangom province.

Study area: Roundradius 300km from Khovd city, events number: around 98700 event for 1964–2018 by instrumental data. For 54 years, around 2221 earthquakes with magnitudes greater than 3.0 occurred in study area and around 35 earthquakes with magnitudes greater than 5.0 occurred in this area. Also was 3 events $ML > 6.0$ and 1 event $ML > 7.1$.

Also, we used data 17 strong eventrecordedin accelerograph Khovd and Geomagnetic data since 2011 years.

As a result of this paper used DIAMANT software, ArcGis programm, Matlab2015b and interested comparative research of data geophysics stations in Khovd province.

17 июля
14:00

Азимутальная анизотропия Саяно-Байкальской складчатой области по данным приемных функций далеких землетрясений

М.М. Кобелев^{1,2☉}, М.А. Хритова^{1,2}, В.В. Мордвинова², Е.А. Кобелева^{1,2}, Л.Р. Цыдыпова³

¹Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

³Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

☉kobelevmm@gmail.com

Для исследования сейсмической азимутальной анизотропии использовался хорошо зарекомендовавший себя метод продольной функции приёмника (receiver function *P-to-S*) в модификации Л.П. Винника [1]. Инверсией выделенных продольных приемных функций на отдельно взятой станции рассчитывается зависимость скорости поперечных сейсмических волн от глубины, $V_S(h)$ [2]. Поскольку сейсмические лучи с больших расстояний приходят в пункт наблюдения под острыми углами с вертикалью, то не происходит осреднения скоростного поля по большой площади, нивелирования скоростей под хребтами и впадинами. В тоже время величина углов падения сейсмических лучей в слоистой среде под станцией, является важным параметром, учет которого позволяет уточнить представление о скоростной структуре в тектонически сложных регионах, не увеличивая затрат на проведение наблюдений. По выборкам записей землетрясений с разных азимутов относительно пункта наблюдения, благодаря наклону сейсмических лучей около 30 градусов, появляется возможность выявить скоростные неоднородности в районе наблюдающей станции на удалении от нее, примерно равном половине зондируемой глубины. Подход, использующий сейсмический снос, разработан и применен нами на всех широкополосных сейсмостанциях в Саяно-Байкальской складчатой области, продолжительность непрерывных наблюдений которых более 2-х лет. Из телесеизмических записей выделены приемные функции для всех возможных направлений относительно каждого пункта наблюдения. Выявлены азимутальные границы относительно наблюдающей станции, где приемные функции меняются существенным образом, что предполагает изменение скоростной структуры при переходе через эти условные границы. Разработаны визуализирующие скоростную структуру круговые модели.

Список литературы

1. Vinnik L.P. Detection of waves converted from P to S in the mantle // Physics of the Earth and Planet. Inter., 1977. V.15. P. 39–45.
2. Kosarev G.L., Makeyeva L.I., Vinnik L.P. Inversion of teleseismic P-wave particle motions for crustal structure in Fennoscandia // Physics of the earth and planetary interiors. 1987. V. 47. № C. P. 11–24.

Морфология Горихинского гранитного массива по гравиметрическим данным

Б. Буянтогтох¹⊙, Е.Х. Турутанов²⊙

¹Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

⊙buyanaw@gmail.com; tur@crust.irk.ru

17 июля
14:15

Сейсмичность вызвана не физическими полями как таковыми, а реальной физико-геологической средой, в частности, крупными плотностными неоднородностями, генерирующими эти поля. Эти неоднородности характеризуются, в основном, вещественным составом и геометрическими особенностями слагающих их литологических комплексов, поэтому и искомые связи необходимо выявлять между сейсмичностью и отдельными параметрами физико-геологической модели среды.

Для уточнения сейсмических условий какого-либо конкретного района требуется как минимум общее представление о глубинном строении земной коры последнего, при этом гравиметрия может дать часть такой информации. Следовательно, общие морфологические и петрофизические особенности физико-геологической модели можно задать с помощью 3D-мерного ее моделирования на основе инверсии потенциальных полей, например, поля аномалий силы тяжести.

Иными словами, есть все основания предполагать, что одним из возможных вариантов надежной оценки параметров долговременной средней сейсмичности Монголо-Сибирского региона может содержаться в установлении связи сейсмической активности с подземной морфологией крупных плотностных неоднородностей верхней части земной коры этого региона.

С целью определения морфологии Горихинского массива была выполнена площадная гравиметрическая съемка. Построена карта аномалий силы тяжести в редукции Буге, интерпретация которой позволила получить трехмерную модель Горихинского гранитного массива. Мощность его доходит до 3.5 км, площадь проекции на земную поверхность в полтора раза превосходит площадь выходов. Сведения о форме и размерах массива могут быть использованы для уточнения сейсмической опасности Уланбаатарского района и при заключении о перспективах его металлогенической специализации, признаки которой в отношении отдельных минералов установлены ранее геолого-геофизическими и геохимическими исследованиями.

Curie point depth, heat flow and seismicity at the north-eastern flank of the Baikal rift and adjacent areas

A.I. Seredkina^{1,2}, S.V. Filippov²⊙, V.A. Golubev¹

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

²Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Moscow, Troitsk, Russia

⊙sfilip@izmiran.ru

17 июля
14:30

We consider the results of the determination of the Curie point depth (CPD) for the north-eastern flank of the Baikal rift and adjacent regions (50°–63° N, 110°–123° E). Azimuthally averaged Fourier power spectra of magnetic anomalies are calculated from the data of the global lithospheric field model WDMAM, version 2.0. The characteristic depths of the magnetic sources are inverted from the obtained spectra using the centroid method. The obtained estimates show that the basal depth of the magnetic sources, which can be regarded as

the CPD, reduces southward from about 40 km under the Siberian Platform to 25 km in Transbaikalia. Under the north-eastern flank of the Baikal rift, the CPD varies from 32 to 38 km and does not demonstrate any obvious correlations with the rift structures. Our results are confirmed by the heat flow measurements: average heat flow values are 41, 43 and 57 mW/m² within the considered parts of the Siberian Platform, Baikal rift and Transbaikalia, respectively. Comparison of the calculated values with available information on the lithospheric structure and earthquake hypocentral depth distribution demonstrates that the magnetic layer has approximately the same thickness as the seismogenic layer in the north-eastern flank of the Baikal rift. The CPD is located in the crust within the whole study area indicating that the upper mantle is not magnetic. The thickness of the magnetic layer is proportional to the lithospheric thickness and inversely proportional to the temperature in the uppermost mantle. The obtained results evidence the ‘passive’ hypothesis of the Baikal rift formation and contradict the existence of the mantle plume or the asthenospheric upwelling, reaching the base of the crust, which require the significant swallowing of the CPD, thinning of the seismogenic layer and increased heat flow values.

**Предварительные результаты обработки исторических
сейсмограмм подземных ядерных взрывов,
зарегистрированных региональными сетями сейсмических
станций России и Монголии**

А.А. Добрынина^{1,2}⊙, Ц. Батсайхан³, В.А. Саньков^{1,4}, В.В. Чечельницкий⁵

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

³Институт астрономии и геофизики МАН, Улан-Батор, Монголия

⁴Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

⁵Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск, Россия

⊙dobrynina@crust.irk.ru

В течение 1976–1987 гг. в бывшем Советском Союзе на территории Иркутской области и Забайкальского края (Восточная Сибирь) и республики Саха (Якутия) было произведено десять мирных подземных ядерных взрывов на глубинах до 1500 м [1, ссылки в работе]. Взрывы на территории Иркутской области и Забайкальского края были произведены с научной целью, они вошли в состав сверхдлинных профилей глубинного сейсмического зондирования «Рифт» и «Метеорит» (3 взрыва) [1]. Остальные 7 взрывов, локализованные на юго-западе республики Саха, имели коммерческое применение (увеличение добычи нефти, строительство нефтехранилища и пр.) [1]. Мощность взрывов варьировала от 3.2 до 15.0 кт (1 килотонна (кт) ТНТ = 4.184·10¹² Дж) [1]. Взрывы были записаны аналоговыми сетями сейсмических станций, локализованной в пределах Байкальского рифта и прилегающих к нему районах на расстояниях от 250 до 1400 км (34 станции), а также сетью станций Монголии (18 станций). В настоящей работе данные о временах прихода основных региональных сейсмических фаз (Pg, Pn, Sg и Sn) были использованы для построения региональных годографов и определения скоростей сейсмических волн в коре и верхней мантии региона. Полученные скорости хорошо согласуются с известными данными о скоростном строении Байкальского рифта [1, ссылки в работе].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Иркутской области (код проекта 17-45-388049).

Список литературы

1. Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Саньков В.А. Предварительные результаты анализа сейсмограмм мирных ядерных взрывов в Восточной Сибири и республике Саха на основе данных Байкальской сети сейсмических станций // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Выпуск 2. 2017 г. / Отв. ред. И.В. Бычков, А.Л. Казаков. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. – С. 98–102.

Напряженно-деформированное состояние земной коры Монголии в кайнозое: пространственные и временные аспекты

17 июля
15:00

В.А. Саньков^{1,2☉}, А.В. Парфеев¹

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

☉sankov@crust.irk.ru

Обобщены данные реконструкций напряженно-деформированного состояния земной коры территории Монголии по тектонической трещиноватости и смещениям по разрывам в зонах активных в кайнозое разломов. Созданная база данных реконструированных стресс-тензоров насчитывает более 750 решений. Проведено районирование территории по типу палеонапряженного состояния. Ориентация осей максимального горизонтального сжатия SH_{max} позднекайнозойского и современного этапов варьирует от субмеридиональной на западе Монголии до СВ и ВСВ на востоке с некоторыми отклонениями. Роль сжатия увеличивается с севера территории, где реконструированы условия сдвига и транстенсии, на юг, где преобладают условия транспрессии и сжатия. Вдоль зон крупнейших широтных сдвигов – Северо-Хангайского и Долиноозерского – наблюдается закономерное изменение напряженного состояния и парагенезов разрывных и складчатых структур, что связано с их левосторонней кинематикой.

Установлены основные закономерности эволюции напряженно-деформированного состояния во времени. В раннем кайнозое (палеоген) были активизированы структуры СВ-простираения на юго-востоке Монголии в условиях субмеридионального и СЗ-сжатия. В позднем кайнозое активность этого района существенно снизилась. В Монгольском и Гобийском Алтае активизация структур начиналась в миоцене-плиоцене в условиях СВ-сжатия. В дальнейшем в плиоцене-плейстоцене деформации сжатия и транспрессии постепенно продвигались с юга на север к окраинам Сибирской платформы. Условия транстенсии и растяжения существовали на севере Монголии, а также локально в восточном Хангае с плиоцен-четвертичного времени. В позднем плейстоцене-голоцене и на современном этапе в пределах юга Хэнтэйского поднятия они сменились на условия сдвига.

Работа выполняется при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №17-05-00826).

Сейсмогеологические исследования дислокаций Могодского (1967 г.) землетрясения

17 июля
15:15

О.П. Смекалин[○], А.В. Чипизубов, В.С. Имаев

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[○]smekalin@crust.irk.ru

Проведенные в 2017 г. исследования дислокаций Могодского землетрясения (5 января 1967 г., $M = 7.8$, $I_0 = 9-10$ баллов) с использованием горных выработок дают основание полагать, что их образование и развитие происходило в течение позднего плейстоцена–голоцена. В разрезах канав установлены следы как минимум трех разрывообразующих событий, включая землетрясение 1967 г. Предшествовавшие событию 1967 года вскрытия разломов на меридиональной и диагональной ветвях дислокаций происходили в разное время.

Возраст последнего палеособытия определен радиоуглеродным методом для деформаций, вскрытых канавами в Тулэтской (диагональной) ветви дислокаций, и заключен в интервале времени 596–994 года назад.

Предпоследнее, более древнее событие, произошло в интервале 11379–6235 лет тому назад. Радиоуглеродными датировками этот интервал установлен для сейсмореформации в канаве, пройденной через дислокации Хулжингольского (меридионального) разлома. Возможно это событие совпадает по времени с палеособытием в Тулэтском разломе, предшествующим событию 596–994 года назад, и не имеющего определения абсолютного возраста.

Кинематика палеоземлетрясений та же, что и при землетрясении 1967 г. Для Тулэтской ветви дислокаций суммарная амплитуда взброса за два последних палеособытия составила 3.5 м, в том числе за палеособытие, предшествующее событию 596–994 г., – не менее 1.2 м.

В стенках канавы, вскрывшей Хулжингольский разлом, деформации представлены неглубокими (до 1.5 м) раскрытыми трещинами (шириной до 0.5 м) в слое твердого суглинка. В нижележащей рыхлой щебнисто-песчаной массе следы трещин теряются. Отсутствие вертикальных перемещений по трещинам свидетельствует о преимущественно сдвиговом механизме дислокации.

О дислокациях Мондинского землетрясения 4 апреля 1950 г.

17 июля
15:30

А.В. Чипизубов[○], О.П. Смекалин, В.С. Имаев

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[○]chipizub@crust.irk.ru

Сбросовые трещины, зафиксированные в конце апреля 1950 г. (Тресков, Флоренсов, 1952) в эпицентральной зоне Мондинского землетрясения, были приурочены к бровке и склону высокой (6-й) террасы Иркутска и находились в 1–2 км от сместителя активного разлома. Часть из них образовалась за счет отседания склонов (Солоненко и др., 1977). В 1972 г. В.М. Жилкиным (Хромовских, Жилкин, 1981) были выделены неизвестные ранее дислокации и отмечены листовенницы, разорванные в основании стволов на ширину 5–10 см и уже залеченные смолой, но без сдвига. Единичный случай выбитого из своего гнезда валуна, смещенного на 10–15 см к западу, стал неоднозначным признаком левого сдвига и характеристикой его амплитуды (Солоненко и др., 1977; Хромовских, Жилкин, 1981).

В дальнейшем (1991, 1993 и 2001–2003 гг.) при тщательном обследовании (А.В. Чипизубов, С.Г. Аржанников, Р.М. Семенов, О.П. Смекалин) эпицентральной зоны не было

обнаружено сейсмотектонических дислокаций, в том числе пней, смещенных сдвигом. Однако постоянно выявлялись многочисленные свежие просадочные трещины, которых в предыдущие годы еще не было. Все это определенно указывало на сейсмогравитационный характер трещин 1950 г. В связи с этим была отмечена сомнительность сейсмотектонической природы дислокаций Мондинского землетрясения (Чипизубов, 1998) и они обоснованно стали считаться вторичными образованиями (Arjannikova et al., 2004).

В статье О.В. Луниной и др. (Lunina et al., 2015) за сейсмотектонические дислокации землетрясения 1950 г. приняты многочисленные современные просадочные явления, связанные с деградацией мерзлоты. Сдвиги установлены на основании кажущихся смещений на двух пнях деревьев, определенно моложе 1950 г. Один из них, где сдвига нет, сгорел, а другой, трухлявый пенёк в настоящее время представлен четырьмя отдельными фрагментами. На приведенной в статье фотографии это воспринимается как сдвиговое смещение, причем с различной амплитудой на противоположных краях. Более того, сам пенёк расположен в 1.2 м от трещины отседания, возникшей в 1950 г. О подобном генезисе этой трещины свидетельствует уменьшение амплитуды сбросового смещения с 20–25 см вблизи поверхности до 10–15 см на глубине 1 м в приводимом авторами разрезе траншеи. К тому же сдвиговое смещение в действительности имеет поперечное к трещине простирание.

Таким образом, при Мондинском событии очаговый разрыв не выходил на поверхность.

Earthquake depth distribution in the Baikal Rift System deduced from routine and relocation processing

17 июля
16:00

N.A. Radziminovich^{1,2}

¹Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

²Buryat Division of the Geophysical Survey of the Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia
nradzim@crust.irk.ru

Earthquake depth–frequency distribution (EDFD) may be under some assumptions considered as an indicator of the mechanical strength of the crust/lithosphere that requires a thorough analysis of regional data used for this purpose. In this study we gathered the available data on EDFD for the Baikal rift system. First, the gathered data were analyzed on their quality. Only three study cases may be presented as earthquake–frequency distributions on 2 km depth intervals, whereas other 9 cases should be considered for 5 km intervals and even more.

Data from routine processing (*“Earthquakes in the Northern Eurasia”, n.d.*) selected with the vertical error less than 5 km show that most earthquakes (more than 70 %) occurred at a depth of 10–25 km. Increasing in the number of earthquakes occurs to a depth of 20 km, and then decaying begins. A sample of relocated background earthquakes with epicenters in the Selenga delta and to the north-east of it (*Suvorov and Tubanov, 2008*) is characterized by the absence of earthquakes from the surface to 8 km, and by two peaks at 10–12 km and 14–18 km below which a fast decay of earthquake number occurs to a depth of 26 km. Relocated background earthquake samples taken nearby seismic stations (*Gileva et al., 2000, Deverchere et al., 2001*) show a decrease in earthquake abundance from 20–25 km depth to 35–40 km. Distribution within the entire depth range differs for different stations, but a sample in the vicinity of the Kumora station also has two peaks, at 10–12 and 16–18 km. Other relocated cases are aftershock sequences and earthquake swarms. As a rule, swarms are rather compact clouds of hypocenters, and the 1979–1983 Angarakan swarm has confirmed that (*Angarakan swarm..., 1987*). As to aftershocks, it should be taken into account that

their EDFD is representative not only of long-term crust strength but also of an individual rupturing process. However, for some sequences there are still two peaks in the distribution; although the small peak in the earthquake abundance differs from neighboring values by only a few percent. In all studied cases, mainshock hypocenters are within the depth range with the most concentration of aftershocks, or a little bit below it as was for the 2008 Mw6.3 Kultuk earthquake.

In general, our analysis shows that for the Baikal rift system there are not enough relevant data except for a few cases to constrain yield strength envelopes.

17 июля
16:15

Relocation of Khuvsugul region's earthquakes using HypoDD

G. Ariunaa[⊙], B. Munkhbayar

Seismological Department of the Institute of Geophysics and Astronomy, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

[⊙]ariunaa@iag.ac.mn

Location of hypocenters around active region of Khuvsugul area was determined precisely using double difference algorithm. In this study, we used dataset of 6200 seismic events which are registered in 32 mobile seismic stations in this area, during 2014–2016 years. The double difference earthquake location algorithm was used to relocate this data set, using a recently developed 1D velocity model. Relocated events show that epicenters are more concentrated between 10 and 23 km, and there are clear distributions of epicenters along active faults in this region. Moreover, 1D seismic velocity model in this region was improved.

17 июля
16:30

О генерации инфразвуковых колебаний при землетрясении 29 марта 2019 г. в Хойтогольской впадине (юго-западный фланг Байкальской рифтовой зоны)

А.Г. Сорокин^{1⊙}, А.В. Ключевский^{2⊙}, В.М. Демьянович²

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]sor@iszf.irk.ru; akluchev@crust.irk.ru

29 марта 2019 г. в 23:22:03 UT (7-22 утра по местному времени) на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) в пределах Хойтогольской впадины произошло довольно сильное землетрясение с энергетическим классом $K_P = 13.3$: почти в этом же месте 17.09.2003 г. было зарегистрировано землетрясение с $K_P = 13.7$ [http://www.seisbykl.ru]. Интенсивность сотрясений в ближайшем населенном пункте Туран достигала 6–7 баллов, в пос. Монды, Кырен и Аршан составила 4–5 баллов (Рис. 1 слева). За последние пять лет это второе достаточно сильное землетрясение на юго-западном фланге БРЗ: предыдущее произошло 5 декабря 2014 г. в акватории озера Хубсугул и имело $K_P = 13.9$. При этих двух толчках в пункте Торы (Геофизическая обсерватория ИСЗФ СО РАН, пос. Торы) выделены инфразвуковые сигналы, близко соответствующие времени в очаге землетрясения. Обработка материалов землетрясения 05.12.2014 г. показала, что инфразвуковой сигнал формируется от источников трех типов генерации: локального, вторичного и эпицентрального. Предложена модель генерации эпицентрального инфразвукового сигнала изгибными волнами в упругой ледовой мембране на поверхности оз. Хубсугул, возникающими при прохождении пакетов продольных P –, поперечных S – и поверхностных L –волн [Сорокин и др., 2018; Sorokin A.G. et.al. 2019].

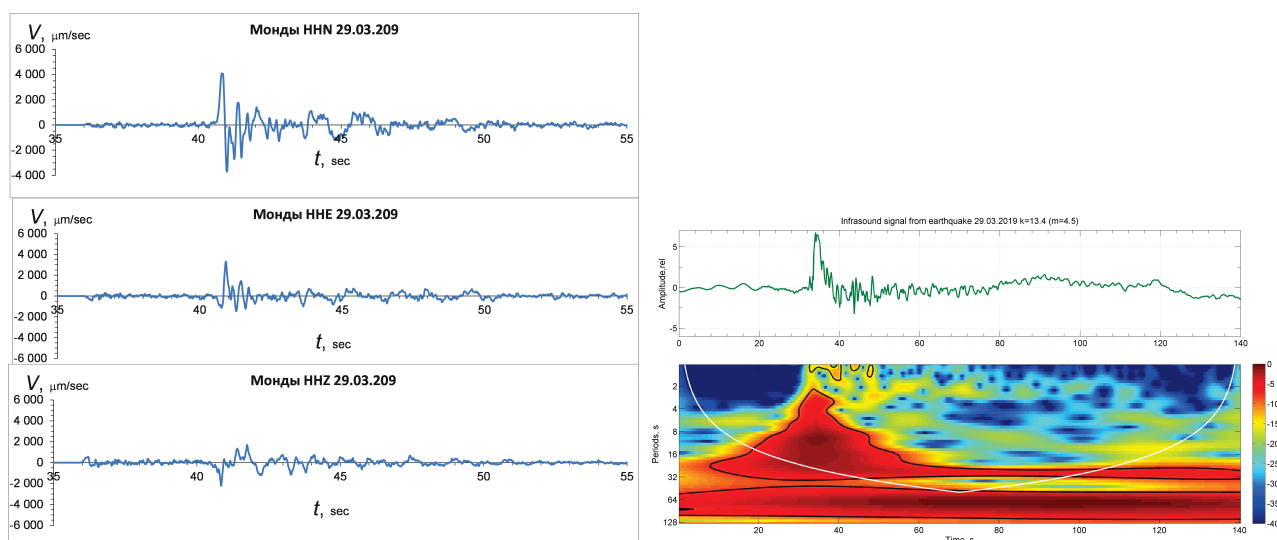


Рис. 1: Сейсмический сигнал от землетрясения 29.03.2019. сейсмостанция Монды, время относительное (слева); Инфразвуковой сигнал от землетрясения 29.03.2019. п. Торы, Бурятия) и его вейвлет, время относительное (справа)

Инфразвуковой сигнал от землетрясения 29.03.2019 г. (Рис. 1 справа) был зарегистрирован в пос. Торы через несколько минут после землетрясения. Временные задержки инфразвукового сигнала, определенные с помощью трехпозиционной станции, указывают на азимут прихода, совпадающий с направлением на эпицентр землетрясения. Как и в случае землетрясения 2014 г. инфразвуковой сигнал начинается высокочастотными колебаниями малой амплитуды, возбуждаемыми локальными и вторичными источниками при распространении сейсмических волн в окрестностях п. Торы. Затем наблюдается мощный одиночный продолжительный сигнал отрицательной полярности, отражающий разряжение атмосферы в эпицентральной зоне землетрясения. Отметим, что форма этого сигнала принципиально отличается от сложных знакопеременных колебаний, наблюдаемых в эпицентральной инфразвуке при землетрясении 05.12.2014 г., однако уровень амплитуд примерно одинаков. Мы полагаем, что начало эпицентрального сигнала отражает подход объемной продольной P -волны небольшой амплитуды, а примерно через 1.5 сек вступает мощная поперечная S -волна. В максимальной фазе S -волны в инфразвуке начинает проявляться динамическое смещение D очагового блока литосферы (разрыв), а затем имеет место экспоненциальное ослабление уровня сигнала, указывающее на замедление движения блока. Появление 3–4 колебаний средней амплитуды после основного сигнала может быть связано с L -волнами, возникшими в осадочном слое Хойтогорьской впадины. Разность между вступлениями P - и S -волн в записях инфразвука позволяет оценить глубину гипоцентра землетрясения величиной примерно 12 км. Среднее значение сейсмического момента землетрясения равно $M_0 = 1.09 \times 10^{17}$ Н·м, что соответствует сдвиговому типу подвижки в источнике. Сдвиговый тип подвижки в очаге землетрясений, простая форма эпицентрального инфразвукового сигнала и разряжение атмосферы в эпицентре дают основание предполагать, что при землетрясении произошло горизонтальное смещение горной перемычки между Хойтогорьской и Туранской впадинами, вероятно с западной компонентой. Горизонтальное перемещение уединенной возвышенности рельефа (горной перемычки) сформировало в приземной атмосфере разряжение, зарегистрированное в пункте Торы на расстоянии около 100 км в виде низкочастотного инфразвукового колебания простой формы, указывающей на локальность атмосферной неоднородности, возникшей в эпицентральной зоне землетрясения.

Литература

1. Сорокин А.Г., Ключевский А.В., Демьянович В.М. Солнечно-земная физика. 2018. Т. 4. № 4, 95-105.
2. Sorokin A.G., Kluchevskii A. V. 2019, Doklady Akademii Nauk, 2019, Vol. 484, No. 5.
3. URL: <http://www.seis-bykl.ru> Байкальский филиал Геофизической службы РАН (март 2019).

Пространственно-временная эволюция расплавных аномалий позднего кайнозоя и гидроизотопные сигналы современной подготовки и реализации сейсмогенных деформаций: обоснование сейсмопрогностических мониторинговых трансектов Арвайхэр–Могод–Култук и Чулутын–Мурэн–Монды

17 июля
16:45

С.В. Рассказов^{1,2☉}, Е.П. Чебыкин^{1,3}, А.М. Ильясова¹, С.А. Борняков¹, И.С. Чувашова^{1,2}

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

☉rassk@crust.irk.ru

Развитие тектонических и магматических процессов в Центральной и Восточной Азии определялось динамикой Японско-Байкальского коридора – ограниченной по латерали подвижной полосы литосферы и подлитосферной мантии, подверженной воздействию сил затягивания материала от ее периферии к оси. Ось коридора протягивается от спредингового сегмента океанической коры Японского моря к центральной части Байкальской рифтовой системы. Влияние другого геодинамического фактора – конвергентного взаимодействия Азии с Индостаном – не распространялось на расплавные аномалии северо-северо-восточного фланга геодинамического коридора, но вносило вклад в развитие расплавных аномалий его юго-юго-западного фланга.

Авторами разработан метод регистрации сейсмогенных деформаций коры в активном разломе по вариациям отношения активностей $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ОА4/8) в подземных водах. В результате 5-летнего мониторинга выявлен разный характер подготовки и реализации землетрясений на структурных окончаниях Тункинской долины. На западном окончании значения ОА4/8 ступенчато снижались вследствие закрытия трещин, препятствовавшего циркуляции глубинных вод с подготовкой и реализацией землетрясения энергетического класса $K = 13.9$ под Северным Хубсугулом. На восточном окончании значения ОА4/8 снижались с переходом к резкому возрастанию и малоамплитудным вариациям вследствие закрытия трещин, сменявшегося их открытием и циркуляцией глубинных вод с подготовкой и реализацией землетрясения энергетического класса $K = 12.4$ под Южным Байкалом. Различия сейсмического процесса обусловлены развитием зон транстенсии, отразившимся в пространственно-временной эволюции позднекайнозойского вулканизма Центральной Монголии и Юго-Западного Прибайкалья.

Исходя из полученных результатов планируется организация гидроизотопного мониторинга вдоль трансектов Арвайхэр–Могод–Култук и Чулутын–Мурэн–Монды.

Изучение вулканизма зон транстенсии в этих трансектах проводится с финансированием грантом РНФ18-77-10027.

Особенности распределения цепочек землетрясений в литосфере центральной части Байкальской рифтовой зоны

17 июля
17:00

А.А. Какоурова[⊙], А.В. Ключевский

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[⊙]anna2015@crust.irk.ru

Определение и выделение цепочек землетрясений в литосфере центральной части Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) ($\varphi = 51\text{--}54^\circ\text{с.ш.}$, $\lambda = 104\text{--}113^\circ\text{в.д.}$) выполнено по методике статистического азимутального анализа толчков [1]. Под цепочкой землетрясений понимается совокупность трёх и более последовательных во времени толчков при условии их нахождения в заданном секторе допустимой нелинейности $\geq q/2^\circ$ от среднего азимута на эпицентр. Использовано $N = 10003$ землетрясения с энергетическим классом $K_P \sim 8$, произошедших на этой территории с 1964 по 2013 г. В секторах $q = 10^\circ$ и $q = 20^\circ$ определено и выделено $M = 476$ и $M = 928$ цепочек соответственно. Анализ пространственно-временного и энергетического распределений цепочек показал, что они формируются согласно с распределением землетрясений. Этот результат, а также факт выделения большого числа цепочек в модельном поле случайно распределённых событий [2], позволили считать, что в литосфере центральной части БРЗ формируются случайные цепочки землетрясений и цепочки, связанные с геодинамическими процессами – “сейсмомиграции”. Для оценки уровня “сейсмомиграций” использован индекс сейсмомиграционной активности *ИСМА*, равный отношению числа M выделенных цепочек землетрясений в выборке размера N к среднему числу цепочек $\bar{M}$ выделенных при многократной генерации такого же размера N имитационных событий со случайным распределением: $ИСМА = M/\bar{M}$. Исходя из этого определения, при $ИСМА > 1$ в исследуемой области присутствуют “сейсмомиграции”. Для центральной части БРЗ $ИСМА = 476/335 = 1.4$, что указывает на высокий уровень “сейсмомиграций”. Картирование индекса в квадратных площадках размером $100 \div 100 \text{ км}^2$ с перекрытием в половину площадки по широте и долготе показало на приуроченность зон $ИСМА > 1$ к структуре-аттрактору рифтогенеза (САР) центральной части БРЗ [3]. На разных уровнях значимости выделены две зоны $ИСМА > 1$, расположенные юго-западнее и северо-восточнее САР. На графиках годовых значений периоды максимумов *ИСМА* на трех уровнях значимости выделяются в конце 1960-х, конце 1970-х и конце 1990-х – начале 2000-х годов при активизации САР. Особенности распределения *ИСМА* указывают, что САР является геодинамической деформационной структурой, формирующей и контролирующей основные сейсмомиграции в литосфере центральной части БРЗ.

Литература

1. Ключевский А.В., Какоурова А.А., Демьянович В.М., Ключевская А.А., Черных Е.Н. Способ определения цепочек землетрясений в эпицентральной зоне сейсмичности. Патент №2017131805RU.
2. Ключевский А.В., Какоурова А.А. Основные критерии выделения цепочек землетрясений в литосфере Байкальского региона // Известия ИГУ. Сер. “Науки о Земле”. 2018. Т. 23. С.64–73.
3. Klyuchevskii A.V. Rifting Attractor Structures in the Baikal Rift System: Location and Effects // Journal of Asian Earth Sciences. 2014. V. 88. P. 246–256.

Исследование зон разломов Удоканского участка Кадаро-Удоканского блока геофизическими методами

А.Ю. Ескин[©], В.И. Джурик, В.А. Саньков, Е.В. Брыжак, А.А.Добрынина, А.В. Саньков

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия
[©]eskin@crust.irk.ru

Проведены комплексные исследования локальных разломов на участке, расположенном на северо-западном склоне Удоканского поднятия, примыкающем к юго-восточному борту Чарской впадины северо-восточного фланга Байкальской рифтовой системы. Невысокий уровень активности разломов Удоканского участка, обусловивший малые амплитуды смещений по ним, наличие покрывки из крупноглыбовых склоновых и ледниковых отложений создают трудности для выявления и картирования разломов. Кроме того, в регионе распространена многолетняя мерзлота, которая также усложняет интерпретацию геофизических полей. Зоны разломов, сопровождаемые повышенной трещиноватостью, в естественном залегании чаще всего отличаются от вмещающих пород пониженными значениями удельных электрических сопротивлений, более низкими скоростями продольных и поперечных волн, а также увеличенными спектральными амплитудами микросейсмических колебаний. Эти признаки были использованы для обнаружения разрывных нарушений, перекрытых элювиально-делювиальными и ледниковыми отложениями на территории исследования. Использовался комплекс геофизических методов – электроразведка методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ), сейсморазведка методом преломленных волн и микросейсмическое профилирование. В рамках проведения комплекса геофизических исследований были поставлены следующие задачи:

- определение удельного электрического сопротивления пород в естественном залегании;
- определение скоростей распространения продольных и поперечных волн в геологической среде;
- определение параметров микросейсмического поля;
- сопоставление полученных данных с результатами геолого-структурных, геоморфологических и сейсмологических исследований.

В результате исследований выявленные зоны разломов разделены на структуры с признаками активизации в плиоцен-раннечетвертичное время, в позднечетвертичное время и голоцене. Определены параметры отдельных разломов по геолого-структурным и геофизическим данным. Показано, что сегменты разломов с признаками активизации в позднем плейстоцене и голоцене относятся либо к сейсмогравитационным структурам, либо к структурам, возникшим из-за разгрузки поверхности в результате таяния ледника сартанского оледенения.

Работа выполняется при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №17-05-00826_а).

Инструментальная регистрация медленных деформационных волн на Южно-Байкальском и Улан-Баторском геодинамических полигонах

17 июля
18:15

С.А. Борняков^{1,2}⊙, С. Дэмбэрэл³, К.Ж. Семинский¹, Ц. Батсайхан³, А.А. Добрынина¹,
Б. Баттулга³, Д.В. Салко¹, С. Тогтохбаяр³, А.Н. Шагун¹, Л.А. Усынин¹

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

⊙bornyak@crust.irk.ru

Объяснение миграции очагов землетрясений вдоль зон крупных сейсмоактивных разломов триггерным влиянием однонаправленного пространственного перемещения медленных неупругих деформаций, предложенное Ч.Рихтером и К Моги, положило начало проблеме медленных деформационных волн (МДВ) в литосфере. Имеющиеся на сегодняшний день расчетные оценки скоростей МДВ, полученные по модели В.Ельзассера или её модификациям, варьируют от 0,1 до 3650 км/год. Скорости МДВ, оцененные по результатам инструментальных наклономерных и деформометрических наблюдений в разных геодинамических обстановках, составляют десятки километров в год и в целом укладываются в интервал 10-100 км/год. Выделяются два основных типа МДВ, – внутриплитные или межразломные и внутриразломные. Последние порождаются самим разломом при реализации движений по нему при активизации. Долгое время считалось, что смещения по крупным разломам реализуются двумя деформационными режимами, – быстрым смещением их крыльев относительно друг друга с проявлением сейсмического эффекта и продолжительным, медленным, асейсмичным крипом. С развитием прецизионных геофизических и геодезических приборов было установлено, что кроме крипа существуют и другие медленные смещения по разломам, отличающиеся между собой по длительности проявления и амплитудно-частотному спектру генерируемых волн. Первоначально полагали, что медленные смещения имеют триггерную природу и порождаются сильными землетрясениями, однако позже было установлено, что они проявляются и в асейсмичные периоды, а также в преддверии землетрясений. Имеющиеся примеры инструментального обнаружения медленных смещений на разломах связаны главным образом с их регистрацией широкополосными сейсмостанциями или плотными сетями GPS. Авторами проводится инструментальный мониторинг деформаций горных пород на Южно-Байкальском и Улан-Баторском геодинамических полигонах. По результатам мониторинга выделены два основных типа МДВ. К первому типу относятся волны, имеющие случайный характер и проявляющиеся в виде одиночных импульсов, генетически связанных с резкими перепадами атмосферного давления, перераспределением напряжений в разломно-блоковой структуре верхней части земной коры в пределах геодинамического полигона и за его пределами, а также с медленными смещениями по разломам. Волны этого типа не имеют выделенного направления пространственной миграции, а скорость этой миграции колеблется от 0,05 до 1,3 м/с (или от 1500 до 40000 км/год). Ко второму типу относятся волны, имеющие постоянный характер. Выделенный вектор их пространственной миграции в пределах Южно-Байкальского геодинамического полигона позволяет связывать их природу с Индостанской коллизией. Скорость миграции варьирует во времени в пределах 0,05–0,5 м/с (или 1500–15000 км/год). Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 19-55-44005-Монг_т).

П.А. Предеин¹⊙, А.А. Добрынина^{1,2}, Ц.А. Тубанов¹

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

⊙crmpeter@ginst.ru

Известно, что высокочастотные составляющие сейсмического сигнала быстрее затухают при прохождении в среде по сравнению с гармониками, имеющими более низкие частоты. Очаговые параметры и механизм землетрясения также оказывают влияние на спектральные характеристики сейсмограмм. Так, для северной части Байкальского рифта в работе [3] показано, на примере локальных землетрясений, что сейсмические события со сдвиговыми механизмами имеют более низкочастотный состав, чем сбросовые.

Ранее нами в работе [2] были получены оценки затухания S-волн и коды для центральной части Байкальской рифтовой зоны. При этом предполагалось, что параметр сейсмической добротности среды Q является частотно-зависимым, и производились вычисления Q в частотных диапазонах от $0.75 \geq 0.25$ до $12 \geq 6$ Гц. В то же время для области низких частот (0.75–1 Гц) из-за низкого соотношения сигнал-шум для части станций не было получено статистически значимого количества сейсмограмм для определения параметров затухания. Преобладание высоких частот на сейсмограмме объясняется, с одной стороны, использованием для обработки записей локальных землетрясений, зарегистрированных на эпицентральных расстояниях до 100 км. С другой стороны, в диапазоне частот до 0.5–0.7 Гц АЧХ короткопериодных датчиков, записи которых использовались в обработке, имеет спад порядка 5 дБ на октаву.

Для расширения нижней границы рабочей полосы частотной характеристики сейсμοприемников до 0.1 Гц в данной работе использовался метод низкочастотной деконволюции [1]. Для реализации данного алгоритма в частотной области необходимо знать два параметра сейсмометра: собственный период датчика и коэффициент демпфирования. Расширение частотного диапазона позволило увеличить соотношение сигнал-шум для фильтрации исходного сигнала с области низких частот и более устойчиво определить значение параметра добротности Q .

Работа выполнена в рамках темы НИР ПФНИ ГАН IX.136.1.2 Исследование факторов, определяющих закономерности развития сейсмического процесса и сейсмическую опасность Прибайкалья (Гос номер АААА-А16-116121550016-3).

Список литературы:

1. Дергач П. А., Тубанов Ц. А., Юшин В. И., Дучков А. А. Особенности программной реализации алгоритмов низкочастотной деконволюции // Сейсмические приборы. – 2018. – Т. 54. – №. 3. – С. 22–34.
2. Добрынина А.А., Предеин П.А., Саньков В.А., Тубанов Ц.А., Санжиева Д.П., Горбунова Е.А. Пространственные вариации затухания сейсмических волн в Южнобайкальской впадине и прилегающих областях (Байкальский рифт). Геодинамика и тектонофизика. 2019;10(1):147-166. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-1-0408>
3. Папкова А. А., Мельникова В. И., Гилева Н. А. Спектральный состав записей группирующихся землетрясений Северного Прибайкалья и особенности напряжено-деформированного состояния земной коры // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы VI международной сейсмологической школы. – 2011.
4. Jones T. D. Frequency-dependent seismic attenuation: Effect on wave propagation // SEG Technical Program Expanded Abstracts 1985. – Society of Exploration Geophysicists, 1985. – С. 359–361.

5 Опасные экзогенные процессы

Определение параметров вращения астероидов

17 июля
17:15

Н. Тунгалаг¹⊙, Р. Буянхишиг^{1,2}

¹Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия

²Национальный исследовательский университет “МЭИ”, Москва, Россия

⊙ntungalag@iag.ac.mn; namkhai_tungalag@yahoo.com

Среди существующих методов определения координат полюса астероида главными считаются два метода, основанные на анализе их кривых блеска – АМ-метод (амплитудазвездная величина) [1] и Е-метод (эпох) [2,3]. В АМ-методе используется зависимость амплитуды кривой блеска и звездной величины в максимуме кривой блеска от угла аспекта. Решение дает координаты полюса и соотношения полуосей астероида. Метод эпох основан на том, что при изменении относительного расположения Солнца, Земли и астероида в процессе их движения происходит изменение синодического периода вращения астероида. Характер этих изменений (величина и знак) зависит от ориентации оси вращения астероида в пространстве. Таким образом, анализируя изменение величины P_{syn} астероида, можно определить его сидерический период, ориентацию оси вращения и направления вращения по наблюдениям эпох экстремумов.

Очень часто применяется комбинированный метод (ЕАМ), соединивший эти два метода который позволяет определить одновременно параметры вращения и форму астероида. Решая систему нелинейных уравнений с пятью неизвестными, объединивших основные уравнения АМ- и Е- методов методом последовательных приближений можно получать координаты полюса, сидерический период вращения и соотношения полуосей астероида. Компьютерная программа, позволяющая определять параметры вращения и форму астероида комбинированным методом, разработана на языке МатЛаб. Четыре астероида 93 Minerva, 158 Koronis, 338 Budrosa и 674 Rachele для которых искомые параметры определялись ранее другими исследователями с некоторой точностью [4], использовались как “тестовые объекты” для проверки программы. Полученные нами координаты полюса, направления вращения и формы этих четырех астероидов хотя не сильно отличаются от определений других авторов, нуждаются в дальнейшем уточнении и, следовательно, усовершенствовании методики.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-51-44018.

Список литературы

1. Magnusson P., Barucci M.A., Drummond J.D. et al. (1989) Asteroids II, Arizona Univer. Press, Tucson, 66–97.
2. Magnusson P. (1989) Asteroids II, Arizona Univer. Press, Tucson, 1180–1190.
3. Taylor R.C. (1979) Asteroids, Arizona Univer. Press, Tucson, 480–493.
4. Kryszczyńska A., La Spina A., Paolicchi P., et al. (2007) Icarus 192, 223–237.

Увод астероида с помощью малой тяги

Б. Нямсүрэн

Институт астрономии и геофизики Монгольской академии наук, Улан-Батор, Монголия
nyamsuren@iag.ac.mn

Рассмотрена задача увода опасного астероида с орбиты столкновения с Землей с помощью малой тяги. Последняя может быть смонтирована на астероиде, или на “гравитационном тягаче”. Целью является установление принципиальной возможности (или невозможности) увода астероида на безопасное расстояние за время порядка месяца и года. Это приемлемо, поскольку падение астероида диаметром 100 м и более сразу после его открытия маловероятно. Ограничились модельной постановкой задачи: двигатель обеспечивает постоянное ускорение астероида по трансверсали к орбите. Соответствующие уравнения типа Эйлера были нами преобразованы методом осреднения ранее. Здесь мы решили их методом рядов по степеням “медленного времени” и показали адекватность решения на временах в десятки лет. Оказалось, что астероиды до 55 м в диаметре можно увести за год при тяге двигателя в 1 Н. При тяге в 20 Н астероиды до 50 м в диаметре можно увести за месяц, а с диаметром до 150 м – за год. Увод более крупных астероидов требует больше времени или более мощных двигателей.

Морфометрический анализ водосборных бассейнов Улаанбаторской агломерации

Е.А. Козырева, А.А. Рыбченко, О.А. Мазаева[©]

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия
[©]moks@crust.irk.ru

Комплексная оценка геологической среды водосборных бассейнов Улаанбаторской городской агломерации выявила разную степень природного потенциала к развитию опасных экзогенных геологических процессов, формирование которых определяется сочетанием параметров морфометрии рельефа, геологическими и климатическими особенностями территории.

В зависимости от различных геоморфологических условий водосборных бассейнов деятельность временных водотоков способна приводить к формированию опасных экзогенных геологических процессов:

- паводка – быстрого подъема уровня воды в живом сечении русла, вызванного добеганием вод паводка (Таланов, 2007);
- затопления территории долины, русла водосбора – образования свободной поверхности воды в период паводка;
- селей – потоков, состоящих из смеси воды и рыхлообломочной породы, одного из самых опасных экзогенных геологических процессов в горных странах.

Количественные морфометрические параметры бассейнов и водотоков получены в результате обработки топографических карт 1:50 000 масштаба и цифровых моделей рельефа в ГИС-программах. Выделенные 304 бассейна с 1 по 6 порядок (по Хортону) были объединены в группы «малых», «средних» и «крупных» бассейнов. Были рассчитаны и отражены на слоях карты следующие морфометрические параметры:

1. Параметры дренажной сети бассейнов (протяженность водотоков, густота речной сети, частота водных потоков в бассейне);
2. Показатели энергии рельефа (коэффициент рельефа по Schumn (1956), коэффициент Мелтона (1957)).

3. Показатели геометрии бассейна (коэффициент формы водосбора по Horton, (1932), коэффициент вытянутости по Schumm, (1956), коэффициент округлости по Strahler (1964)).

Результатирующими стали карты морфометрической предрасположенности к формированию паводковой опасности при осадках различной интенсивности: при коротких интенсивных ливнях и при затяжных дождях.

Результаты наблюдений метеорного потока Геминиды в 2015 г.

17 июля
18:15

Е.С. Комарова[☉], К.И. Иванов[☉]

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

[☉]eskomarik@gmail.com; ivorypalace@gmail.com

События последних лет показывают, что в атмосферу Земли периодически врываются астероиды, размеры которых достаточно крупные, чтобы нанести ущерб человеческой деятельности, следовательно, необходим постоянный контроль космического пространства. В 2014 г. в рамках мониторинга притока космического вещества на поверхность Земли был разработан и успешно апробирован аппаратно-программный комплекс, позволяющий вести непрерывные видеонаблюдения и получать сведения о поведении метеорных частиц в земной атмосфере. Наблюдательный комплекс располагается в Тункинской долине (республика Бурятия) и представляет собой две установки на базе оптических ПСЗ-камер, разнесенные на 58 км.

С 9 по 17 декабря 2015 г. проведены исследования метеорного потока Геминиды, представляющего особый научный интерес по причине вероятного астероидного происхождения родительского тела. В период с 13 по 14 декабря (максимум потока) получено порядка 150 регистраций метеорных следов, по результатам анализа которых измерены и рассчитаны скорости метеорных частиц ($36 \geq 1.4$ км/с), их оценочные массы (0.008–0.5 г), средняя масса (0.13 г), плотность ($2.9 \geq 0.6$ г/см³), а также фотометрический блеск метеоров, относительная равномерность которого свидетельствует о высоких прочностных характеристиках метеороидов. Орбитальные параметры потока обуславливают «догоняющий» характер метеорных частиц, вследствие чего их геоцентрическая скорость относительно невелика, что вкупе с высокой плотностью способствует более глубокому проникновению в атмосферу.

Анализ фотометрической яркости дает возможность определить плотность земной атмосферы вдоль метеорного трека. Максимум блеска большинства метеоров, расположенный на высоте 88–90 км, позволяет предположить наличие атмосферного слоя повышенной плотности, исчерпывающие факты о наличии либо отсутствии которого на сегодняшний день отсутствуют. Кроме того, результаты исследования трёх метеорных треков протяженностью от 70 до 100 км, зафиксированных с временным интервалом около трех часов, позволяют также предположить наличие атмосферного слоя пониженной плотности, демонстрирующего признаки вертикального дрейфа.

Первые результаты дистанционного зондирования обвально-оползневых структур горного обрамления Тункинской впадины

17 июля
18:15

А.А. Чеботарев[©], С.Г. Аржанников, А.В. Аржанникова

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

[©]Bubda1973@gmail.com

Данная работа является частью исследований по изучению условий и динамики четвертичного осадконакопления в горном обрамлении Тункинской системы впадин в условиях кардинального изменения климата и активизации тектонических движений в позднем плейстоцене и голоцене. Областью изучения является верхний ярус Тункинских и Китойских гольцов и северный склон хребта Хамар-Дабан. В задачи исследования входило выделение областей концентрации деструктивно-гравитационных форм рельефа, определение площади их распространения и установление генетической связи с постледниковыми процессами.

Для выполнения поставленной задачи нами был использован метод анализа данных дистанционного зондирования с привлечением широкого спектра данных, таких как топографические, геологические карты, космоснимки высокого разрешения и цифровые модели рельефа. Для основы мы использовали данные SRTM (разрешение 90 м) и TandemX-Dem (разрешение 12 м).

Как правило, гравитационные образования хорошо дешифрируются по ряду признаков. Оползень или обвал, расположенные на склоне или на дне долины, при их анализе на трехмерной модели рельефа выражены объемным телом. Оползень обычно имеет изометричную форму и представляет собой сброшенный, но не разрушенный блок. Обвал имеет более строгую форму течения и выглядит в виде ползучих языков или протяженного шлейфа у основания склона. На поверхности обвалов широко распространены структуры течения в виде волн и бугров. Значительная часть обвалов «подвешена» над русловой частью долин или находится в зоне глубинной или боковой эрозии. Некоторые из обвалов сосредоточены в области значительного перегиба тальвега долины и создают угрозу обрушения и схода в Тункинскую долину в виде селей, как это произошло в 2014 г. в районе пос. Аршан. Широкое распространение обвально-оползневых форм связано с разрушением крутых и неустойчивых склонов, формирование которых произошло в процессе ледниковой экзарации во время позднеплейстоценового оледенения. На данном этапе исследований приводятся данные только по верхней (гольцовой) части долин, относящихся к бассейну р. Иркут. Общая площадь исследованного участка Тункинских Гольцов составила 1016 км². В ее пределах было выявлено 326 обвально-оползневых тела. На северном склоне хребта Хамар-Дабан на площади 3330 км² были выделены 93 объекта соответственно. Обвально-оползневые структуры Тункинских гольцов формируют скопления и выстраиваются вдоль линии Тункинского разлома с постепенным уменьшением концентрации в сторону долины р. Китой. По нашему мнению это фиксирует большую парагенетическую связь их формирования с сильными палеоземлетрясениями, чем с релаксацией постледниковых напряжений в гольцовой части горного обрамления Тункинской впадины. Таким образом, наличие областей повышенной концентрации обвальных масс может быть показателем активности разломов региона.

Индекс авторов

Amarjargal Bat-Erdene, 11

Amarjargal Ch., 23

Amarjargal Sh., 19

Ariunaa G., 42

Baatarkhuu D., 19

Batbayar P., 35

Diimaa B., 35

Erdenebaatar D., 23

FilippovS.V., 37

Golubev V.A., 37

Mungunkhuu Ch., 35

Munkhbayar B., 42

Otgonsuren B., 24

Radziminovich N.A., 41

Seredkina A.I., 37

Undrakh D., 24

Xiuhong Han, 11

Zagdsuren S., 35

Адвокатов В.Р., 15

Антохин П.Н., 25

Антохина О.Ю., 25

Аржанников С.Г., 54

Аржанникова А.В., 54

Батмунх Д., 2, 27

Батсайхан Т., 47

Батсайхан Ц., 33, 38

Баттулга Б., 47

Башкирцев В.С., 4

Башкуев Ю.Б., 11, 15

Белецкий А.Б., 13

Борняков С.А., 44, 47

Боровик А.В., 4, 9

Брыжак Е.В., 33, 46

Буднев Н.М., 26

Буянова Д.Г., 15

Буянтогтох Б., 37

Буянхишиг Р., 51

Ведерникова Т.И., 13

Голубева Е.М., 9

Горбовской Е.С., 26, 28

Горяшин В.Е., 14

Григорьев В.М., 1, 2

Григорьева С.А., 6

Даваахуу Г., 27

Девятова Е.В., 25

Дембелов М.Г., 11, 15

Демьянович В.М., 42

Джурик В.И., 33, 46

Дмитриев А.В., 13

Добрынина А.А., 38, 46–48

Дэмбэрэл С., 47

Ермакова Л.В., 2

Ершова О.А., 26

Еселевич В.Г., 13

Еселевич М.В., 13, 14

Ескин А.Ю., 34, 46

Жданов А.А., 4, 9

Жеребцов Г.А., 20

Жижерин В.С., 20

Иванов К.И., 53

Ильясова А.М., 44

Имаев В.С., 40

Исаева Е.С., 10

Ишмухаметова Ю.В., 28

Какоурова А.А., 45

Капустин В.А., 12

Караваев Ю.А., 12

Кашапова Л.К., 8

Ким А.Г., 25

Киселев А.В., 24

Клибанова Ю.Ю., 12

Ключевский А.В., 42, 45

Кобанов Н.И., 5

Кобелев М.М., 36
Кобелева Е.А., 36
Ковадло П.Г., 22, 24
Козырева Е.А., 52
Комарова Е.С., 53
Коробцев И.В., 14
Курикалова М.А., 12, 16
Ларюнин О.А., 23
Латышева И.В., 25
Левина Е.А., 31, 32
Липунов В.М., 26, 28
Лунюшкин С.Б., 12
Лухнев А.В., 11
Лухнева О.Ф., 11
Лхагважав Ч., 27
Мазаева О.А., 52
Марчук Р.А., 13
Машнич Г.П., 5
Медведев А.В., 21, 25
Медведева И.В., 21
Михалев А.В., 12, 20
Мишин В.В., 12, 16
Мишина М.Н., 14
Мордвинов А.В., 9
Мордвинов В.И., 25
Мордвинова В.В., 36
Мунхманлай Д., 2
Муратов А.А., 8
Муратова Н.О., 8
Нишитани Н., 21
Нямсурэн Б., 52
Ожогина О.А., 7
Ойнац А.В., 21
Парфеевец А.В., 39
Пархомов В.А., 13
Папинин А.Ю., 13
Пенских Ю.В., 12, 16
Перевалова Н.П., 20
Поляков В.И., 8

Предеин П.А., 48
Рассказов С.В., 44
Ратовский К.Г., 21, 25
Рахматулин Р.А., 13
Ружич В.В., 31
Рыбченко А.А., 52
Салко Д.В., 47
Саньков А.В., 46
Саньков В.А., 11, 38, 39, 46
Семинский К.Ж., 47
Серебренников С.П., 34
Серов М.А., 20
Смекалин О.П., 40
Смольков Г.Я., 28, 31
Сорокин А.Г., 42
Тогтохбаяр С., 47
Толстиков М.В., 21, 25
Томозов В.М., 10
Тубанов Ц.А., 48
Тувшинжаргал Б., 2, 27
Тунгалаг Н., 51
Турова И.П., 6
Турутанов Е.Х., 37
Тюрина Н.В., 26, 28
Усынин Л.А., 47
Хритова М.А., 36
Цуккер Т.Г., 14
Цыдыпова Л.Р., 36
Цэгмэд Б., 12
Чеботарев А.А., 54
Чебыкин Е.П., 44
Челпанов А.А., 5
Черных Е.Н., 34
Чечельницкий В.В., 34, 38
Чипизубов А.В., 40
Чувашова И.С., 44
Шагун А.Н., 47
Шиховцев А.Ю., 22, 24
Язев С.А., 3, 10, 22, 26

**ХIII РОССИЙСКО-МОНГОЛЬСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО АСТРОНОМИИ И ГЕОФИЗИКЕ
«СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ГЕОДИНАМИКА
БАЙКАЛО-МОНГОЛЬСКОГО РЕГИОНА»**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Отв. редактор ***Е.В. Девятова***
Редактор ***М.В. Никонова***

Формат 60×90 1/8. Гарнитура *Times New Roman*.
Усл. печ. л. 8.25. Уч.-изд. л. 9.9. Тираж 150. Заказ № 189 от 1 июля 2019 г.

***Отпечатано в издательском отделе ИСЗФ СО РАН,
664033, Иркутск, а/я 291,
и в БМБШ ГОУ ВПО «ИГУ»,
664001, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1***