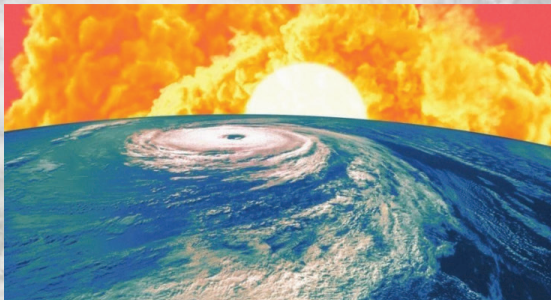




географический
факультет



Мэп Мейкер



КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Тезисы Международной конференции
и Школы молодых ученых, посвященных
памяти Нины Константиновны Кононовой

Иркутск, 14–17 июня 2021 г.

ISBN 978-5-9624-1924-4

УДК 551.5
ББК 26.234.7
К49

Ответственный редактор
канд. геогр. наук И. В. Латышева

Климатические риски и космическая погода : тезисы докладов Международной конференции и Школы молодых ученых, посвященных памяти Нины Константиновны Кононовой. Иркутск, 14–17 июня 2021 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; отв. ред. И. В. Латышева. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

ISBN 978-5-9624-1924-4

Рассматриваются современные подходы к исследованиям глобальных и региональных изменений климата, оценке и решению актуальных задач по снижению климатических рисков в различных регионах Евразии. Обсуждаются методические аспекты подготовки гидрометеорологов в вузах России, актуальные проблемы солнечно-земных связей и космической погоды, развитие методов прогнозирования, а также результаты фундаментальных исследований сложных процессов взаимодействия и динамики нижней, средней и верхней атмосферы.

Сборник представляет интерес для специалистов в области физики атмосферы и околоземного космического пространства, климатологии и экологии. Предназначено учёным, аспирантам и студентам для использования в научной работе и учебной деятельности.

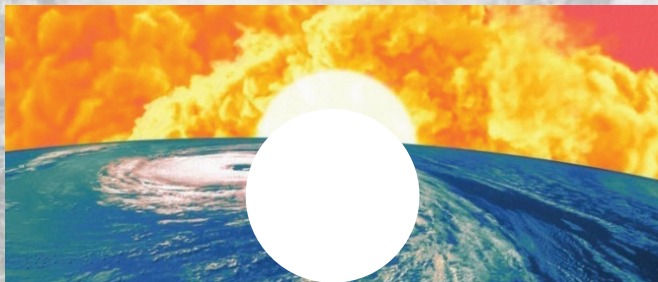
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет»

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. +7 (3952) 51-19-00
Издательство ИГУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124
тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru

Подписано к использованию 12.05.2021. Тираж 30 экз. Объем 1,92 Мб.

Тип компьютера, процессор, частота:	32-разрядный процессор, 1 ГГц или выше
Оперативная память (RAM):	256 МБ
Необходимо на винчестере:	320 МБ
Операционные системы:	ОС Microsoft® Windows® XP, 7, 8 или 8.1. ОС Mac OS X
Видеосистема:	Разрешение экрана 1024x768
Акустическая система:	Не требуется
Дополнительное оборудование:	Не требуется
Дополнительные программные средства:	Adobe Reader 6 или выше

© ФГБОУ ВО «ИГУ», 2021



КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

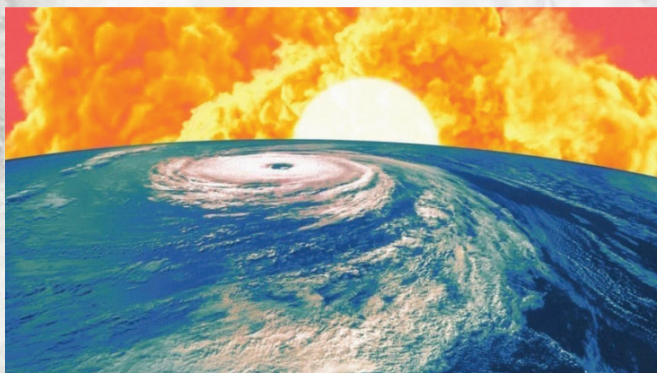
Тезисы Международной конференции
и Школы молодых ученых, посвященных
памяти Нины Константиновны Кононовой

Иркутск, 14–17 июня 2021 г.

ISBN 978-5-9624-1924-4



Иркутский государственный университет
Географический факультет
Институт солнечно-земной физики СО РАН
Российский государственный гидрометеорологический университет
Монгольский национальный университет
НПЦ «Мэп Мейкер»
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)



КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Тезисы Международной конференции
и Школы молодых ученых, посвященных
памяти Нины Константиновны Кононовой

Иркутск, 14–17 июня 2021 г.

ISBN 978-5-9624-1924-4

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Актуальные проблемы подготовки специалистов
в области гидрометеорологии и физики атмосферы

Section 1. Advanced Problems of Training Specialists in the Field
of Hydrometeorology and Atmospheric Physics

Вологжина С. Ж.

Основные моменты в совместной подготовке гидрологов
и метеорологов 12

Алдошкина Е. С., Восканян К. Л., Саенко А. Г., Симакина Т. Е.

Дистанционное обучение средствам метеорологических измерений 13

Бархатова О. А.

Дистанционное обучение средствам метеорологических наблюдений 14

Найденов П. А.

Использование игровых форм обучения в дисциплине «Методы и средства
гидрометеорологических измерений» 14

Найденов П. А.

Проведение полного цикла научных исследований со школьниками 15

Раздел 2. Проявление геоэффективных солнечных процессов
в атмосфере и околоземном космическом пространстве

Section 2. Manifestation of Geoeffective Solar Processes
in the Atmosphere and Near-Earth Space

Luo Y., Черногор Л. Ф., Гармаш К. П., Guo Q., Zheng Yu.

Мониторинг космической погоды: особенности геокосмической бури
5–6 августа 2019 г. 17

Абунина М. А., Абунин А. А., Белов А. В., Ерошенко Е. А., Шлык Н. С.

Эффективность корональных выбросов с различной структурой магнитного поля 18

Балабин Ю. В., Гвоздевский Б. Б., Германенко А. В.,

Михалко Е. А., Маурчев Е. А.

Использование мюонного телескопа в Апатитах для исследования атмосферных
вариаций космических лучей 18

Балабин Ю. В., Гвоздевский Б. Б., Германенко А. В., Михалко Е. А. Наблюдение возрастания гамма-излучения при осадках во время морской экспедиции	19
Балабин Ю. В., Гвоздевский Б. Б., Германенко А. В., Михалко Е. А. Влияние солнечной активности на частоту и амплитуду событий возрастания гамма-излучения при осадках.....	19
Гамза Е. И., Петров В. Г. Оценка планетарных индексов геомагнитной активности по данным отдельных магнитных обсерваторий российского сектора	20
Демьянов В. В., Ясюкевич Ю. В. Воздействие космической погоды на функционирование глобальных навигационных спутниковых систем	22
Латышев С. В., Олемской С. В. Результаты статистического анализа временных рядов солнечной активности и численного моделирования неустойчивости в тахоклине.....	22
Маурчев Е. А., Балабин Ю. В., Германенко А. В., Гвоздевский Б. Б. Моделирование влияния протонов солнечных космических лучей на атмосферу Земли в широком диапазоне высот.....	23
Маурчев Е. А., Балабин Ю. В., Германенко А. Измерение интенсивности потока вторичных космических лучей малогобаритным детектором заряженных частиц.....	24
Маурчев Е. А., Балабин Ю. В., Германенко А. В. Перевод результатов моделирования прохождения протонов космических через атмосферу Земли в дозы излучения.....	25
Парников С. Г., Иевенко И. Б., Колтовской И. И. Динамические характеристики STEVE. Исследование события	25
Перцев Н. Н., Далин П. А., Перминов В. И., Ромейко В. А. Проявление солнечной активности и многолетние тренды в характеристиках области мезопаузы	26
Размыслова В. В., Волобуева О. В. Радиационная обстановка на авиационных трассах гражданской авиации	27
Цепакина И. Л., Сейфуллина Б. Б. Казахстанский центр диагностики и прогноза космической погоды.....	28
Шлык Н. С., Белов А. В., Абунина М. А., Абунин А. А., Ерошенко Е. А., Оленева В. А., Янке В. Г. Форбуш-эффекты, вызванные взаимодействующими возмущениями солнечного ветра	28

Раздел 3 Современные климатические и экологические риски
Section 3. Current Climate and Environmental Risks

Batbold Badamdorj

Flood Risk Mapping Using Gis-Based Multi-Criteria Analysis: Songinokhairkhan District Case Study 31

Belgtei Bold

Study of the Ostracods in the Vicinity of High Bogdo Mountain 31

Kh. Selenge

Challenges and Opportunities of Mongolia's Response to Mitigate Climate Change under the Paris Agreement: Taking the Energy Sector as an Example 32

Bilguun Soyolbaatar

Validating Drought Indices Using in Situ Data 32

Авдеев С. М.

Чрезвычайные ситуации природного характера на территории Московского региона 33

Астафьева Н. В.

Погодные аномалии на территории Иркутской области: условия возникновения опасных явлений и их разрушительные воздействия 33

Батуева Т. Ч.

Пространственно-временные особенности полей облачности на территории Республики Бурятия в начале XXI века 34

Бутко М. А.

Оценка мощности колебаний климата различной периодичности 35

Васильев Р. В., Ойнац А. В., Калашников Ю. В.

Анализ грозовой активности в приполярной области по ОНЧ сигналам атмосфера с приемников PWING 36

Васильев Р. В., Вологжина С. Ж., Латышева И. В., Лукьянова Е. В.

Метеорологические и климатические факторы формирования высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха г. Саянска 36

Вышкваркова Е. В, Рыбалко Е. А, Баранова Н. В.

Влияние изменения климата на виноградарство в Севастопольском регионе: текущие тенденции и прогностические оценки 37

Гершевич Д. Г.

Метеорологические условия пилотирования воздушных судов в районе аэродрома Улан-Удэ в современный период 38

Дементьева А. Л, Жамсуева Г. С., Заяханов А. С., Цыдыпов В. В.

Межгодовая и сезонная изменчивость аэрозольной оптической толщи атмосферы в Байкальском регионе и южной части пустыни Гоби 39

Злыгостева М. В., Латышева И. В. Снежная гроза на территории Забайкалья в марте 2021 года	39
Котова Н. А. Развитие неблагоприятных и опасных гидрологических явлений на водных объектах Иркутской области.	40
Курбонов Н. Б., Боев Б. Б., Восидов Ф. К., Халимов А. М., Кабутов Х. К. Изучение состояния и негативные последствия ледниковых озер высокогорные районы Таджикистана	41
Курбонов Н. Б., Амирзода О. Х., Абдуллаев С. Ф., Байдуллоева Дж. А., Мирзохонова С. О. Экстремальные температуры воздуха в условиях Таджикистана в теплый период года и связанные с ними опасные явления.....	42
Курдюков В. Н., Лощенко К. А., Степанова О. П. Климатические риски развития территорий проживания коренных малочисленных народов Иркутской области.....	43
Латышева И. В., Белоусова Е. П., Олемской С. В. Циркуляционные факторы изменений климата на территории Сибири.....	44
Литвинцева З. О. Геоэкологические риски в пределах Байкальской природной территории	45
Лобанов В. А., Самсоненкова П. И., Григорьева А. А. Оценка современного потепления Арктики как возможного климатического риска	45
Лощенко К. А., Антипина А. А., Бурков Е. С., Георгиева А. В., Мельников Б. И. Исследование региональных циркуляционных и климатических аномалий Иркутской области в холодные и теплые эпизоды ЭНЮК.....	46
Макухин В. Л., Вологжина С. Ж., Латышева И. В. Влияние южных циклонов на процессы загрязнения в регионе озера Байкал	47
Потапова Е. В. Природные катастрофы и жизнеспособность городов	48
Родина К. В., Падохин А. М. Изучение влияния неблагоприятных метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха Московского мегаполиса.	48
Седачева Е., Рудная М. (Машару), Немчинова А. Диалог земли и моря.....	49
Сверкунова Т. А., Лощенко К. А. Сезонные особенности ветрового режима вблизи уровня тропопаузы на территории Иркутской области	50
Синюкович В. Н., Латышева И. В., Макухин В. Л. Климатические риски дождевых паводков на притоках Южного Байкала	51

Смышляев С. П. Численное моделирование одновременных изменений климата и газового состава атмосферы.....	52
Стефанович А. А., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С. Влияние событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья на изменчивость биоклиматических показателей на черноморских курортах.....	53
Сутырина Е. Н. Оценка степени загрязнения снежного покрова на территории Иркутской области по данным спектрорадиометра MODIS.....	54
Сухонос О. Ю., Воскресенская Е. Н. Антициклоны и экстремальная температура воздуха как индикаторы риска изменения водных ресурсов в Севастопольском регионе.....	54
Сухонос П. А. Особенности эволюции аномалий характеристик верхнего слоя северо-восточной части Северной Атлантики в зимний период 2009–2012 гг.	55
Фролов Д. М. Современные климатические риски.....	56
Цыдыпов В. В., Жамсуева Г. С., Заяханов А. С., Дементьева А. Л., Бальжанов Т. С., Сунграпова И. П. Результаты маршрутных измерений газовых и аэрозольных примесей в атмосфере юго-восточной части экологической зоны Байкальской природной территории.....	57
<hr/>	
Раздел 4. Современные технологии исследования и прогнозирования атмосферы и климата	
Section 4. Modern Technologies of Atmospheric and Climate Research and Forecasting	
<hr/>	
Jambajamts Lkhamjav, Латышева И. В Анализ атмосферной динамики в периоды сильных землетрясений на территории Иркутской области.....	59
Андреев А. И., Кучма М. О., Перерва Н. И. Разработка нейросетевого метода краткосрочного прогнозирования осадков в Дальневосточном регионе.....	60
Ариунсолонго Г., Жамбажамц Л., Мөнхцэцэг З. Сравнения данных реанализа ERA5 по атмосферным осадкам с данными метеорологических станции на территории Монголии.....	61
Добрынин В. А. О программном комплексе инфразвуковой станции ИСЗФ СО РАН.....	61
Дудина О. Н. Геоинформационная система «ГИС-Климат» для целей инженерно-строительных изысканий.....	62

Корольков В. А., Кобзев А. А., Тихомиров А. А. Новая модификация автономной метеостанции арктикметео	63
Костарев С. В., Русин И. Н. Условная верификация краткосрочных прогнозов температуры воздуха в Пермском крае.....	64
Крючков А. Д. Сравнительный анализ высоты снежного покрова по данным станционных и ландшафтно-маршрутных наблюдений в Пермском крае.....	65
Линникова С. А., Олемской С. В. Сравнительный анализ опасных явлений погоды на аэродромах Иркутск и Иркутск-2.....	66
Лобанов В. А., Мамаи Магбини Токпа, Григорьева А. А. Применение статистических моделей нестационарного среднего для выявления изменений климата	67
Лопуха В. О. Спутниковый анализ активности полярных мезовихрей в Баренцевом море за 2010–2020 гг.	67
Найденов П. А. Изучение мезомасштабной структуры приземного слоя атмосферы побережья оз. Байкал.....	68
Обухова М. Н., Латышева И. В. Термодинамический анализ характеристик тропосферы при возникновении продолжительной метели в районе аэродрома Иркутск.....	69
Ткачев И. Д., Васильев Р. В., Белоусова Е. П. Характеристики грозových кластеров для Байкальской природной территории за 2012–2018 гг.	70
Федосеева Н. В. Применение спутниковой съемки в каналах водяного пара при анализе условий формирования невидимых орографических волн	71
Швецова Е. А., Латышева И. В. Вертикальная структура северной периферии монгольских циклонов над южными районами Прибайкалья	72

Раздел 5. Физика и динамика атмосферы. Процессы и взаимодействие
верхней, средней и нижней атмосферы

Section 5. Physics and Dynamics of the Atmosphere. Processes
and Interaction of the Upper, Middle and Lower Atmospheres

Ganbold Boldbaatar Numerical simulation for thunderstorm cases over the Ulaanbaatar area	74
--	----

Badamkhand Tserennadmid, Jambajamts Lkhamjav Statistical analysis of fog near the buyant-ukhaa airdrome	74
Алексеева Е. Г., Анискина О. Г. Влияние циркуляции атмосферы на экстремальную температуру воздуха на Северо-Западе России	75
Васильев М. С. Динамика высоты тропопаузы над Центральной Якутией по данным радиозондирования атмосферы в 2020 г.	75
Винокурова Е. В., Анискина О. Г. Изменчивость вертикальных профилей температуры над некоторыми регионами Якутии	76
Вольвач А. Е., Курбасова Г. С. Анализ наземных и спутниковых измерений среднегодовой приземной температуры воздуха	76
Данильчук Е. И., Демьянов В. В. Оценка частоты девиации в спектре мерцаний фазы с помощью аналитической модели	77
Домбровская Н. С., Мордвинов В. И., Зоркальцева О. С. Вертикальная структура низкочастотных колебаний стратомезосферы	77
Жукова В. А, Пустовалов К. Н., Красненко Н. П. Модификация состояния нижнего слоя атмосферы во время прохождения мезомасштабного конвективного комплекса	78
Зотов Л. В., Марчукова О. В., Бизуар К., Сидоренков Н. С. Отчего Земля ускоряет свое вращение	78
Кириллов А. С., Белаховский В. Б., Маурчев Е. А., Балабин Ю. В., Германенко А. В., Гвоздевский Б. Б. Влияние высокоэнергичных протонов на кинетику молекулярных азота и кислорода в средней атмосфере Земли.....	79
Коваль А. В., Гаврилов Н. М., Погорельцев А. И., Ермакова Т. С. Моделирование воздействия солнечной активности на глобальные волны и общую циркуляцию атмосферы	80
Николашкин С. В., Колтовской И. И., Парников С. Г., Титов С. В. Регистрация усиления красной эмиссии атомарного кислорода в свечении ночного неба во время запуска тяжелой ракеты с космодрома «Восточный»	81
Кошикова Т. С., Пустовалов К. Н., Жукова В. А. Оценка мезомасштабных конвективных комплексов над югом Западной Сибири	82
Курдяева Ю. А., Кшевецкий С. П. Исследование распространения атмосферных волн от локальных тропосферных источников в верхнюю атмосферу с учетом фонового ветра	82
Лощенко К. А., Жуков И. О., Мандарханов И. Л., Шобогоева Е. В. Исследование температурных аномалий над высокогорными районами Восточного Саяна в периоды внезапных стратосферных потеплений	83

Молчанова Н. О., Полетаев А. С., Васильев Р. В., Ченский А. Г. Разработка аппаратного комплекса для мониторинга опасных явлений погоды на территории Байкальского региона	84
Николаев А. А., Исмагилов Н. В., Тиглева А. И. Сезонные перестройки циркуляции в стратосфере Северного полушария	84
Переведенцев Ю. П., Шанталинский К. М., Гурьянов В. В., Исмагилов Н. В., Николаев А. А. Термодинамические процессы в атмосфере до 80 км высоты	85
Переведенцев Ю. П., Шерстюков Б. Г., Шанталинский К. М., Аухадеев Т. Р., Мягков М. А., Парубова Е. М. Изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России в XX–XXI веках	86
Подлесный С. В., Девятова Е. В. Сравнение данных об относительной влажности по данным ERA5 с данными о прозрачности ночной атмосферы фотокамеры ФИЛИН-1Ц в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (пос. Торы)	87
Подлесный С. В., Зоркальцева О. С., Васильев Р. В. Сопоставление интенсивности свечения атомарного кислорода на длине волны 557,7 нм и зеленого канала цветной ПЗС камеры.	87
Поднебесных Н. В. Особенности атмосферной циркуляции над Сибирью по данным синоптических карт и реанализа	88
Саункин А. В., Васильев Р. В., Зоркальцева О. С. Сравнение интенсивностей свечения атомарного кислорода 557,7 нм полученных спутниковым и наземным методами над Восточной Сибирью	89
Сивцева В. И., Аммосов П. П., Гаврильева Г. А., Колтовской И. И. Средненочная вращательная температура OH (3–1) в сравнении с измерениями температуры Aura (MLS) на уровне 0,002 гПа	89

Раздел 1

**Актуальные проблемы
подготовки специалистов
в области гидрометеорологии
и физики атмосферы**

Section 1

**Advanced Problems of Training
Specialists in the Field
of Hydrometeorology and
Atmospheric Physics**

Актуальные задачи подготовки метеорологов и гидрологов на географическом факультете ИГУ

С. Ж. Вологжина (*svologzhina@gmail.com*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Современные тенденции в подготовке специалистов – метеорологов и гидрологов на географическом факультете Иркутского государственного университета обусловлены практической направленностью для последующей профессиональной деятельности выпускников в подразделениях Росгидромета и проектно-изыскательских учреждениях, а также подготовкой научных кадров, в том числе для исследования физики и динамики атмосферных процессов, гидрологического режима водных объектов и т. п. Подготовкой метеорологов и гидрологов занимаются кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства и кафедра гидрологии и природопользования. Для решения поставленных задач в области метеорологии на географическом факультете создана базовая кафедра совместно с Институтом солнечно-земной физики СО РАН, который имеет огромный опыт научно-исследовательской работы и высокий уровень технического оснащения.

Основные направления научной деятельности студентов-метеорологов ориентированы на решение актуальных задач регионального характера, обусловленных высокой повторяемостью на территории Сибири опасных погодных явлений и возросшей нестационарностью атмосферных процессов. Для диагностики региональных проблем изменений климата внедряются интерактивные технологии визуализации текущей и прогностической информации, геоинформационные системы ГИС «Метео» и ГИС «Океан», используется широкий арсенал выходных данных Росгидромета. Студенты-гидрологи ориентированы на исследования динамических явлений на поверхности озер Байкал и Хубсугул с применением спутниковых данных, а также оценку влияния трансформации бассейновых и климатических факторов на параметры стока рек в пределах Байкальской природной территории. Кроме того, студенты проходят учебные практики в уникальных районах, таких как высокогорные районы Восточного Саяна и побережье оз. Байкал.

Однако, несмотря на прилагаемые усилия, существует кадровая проблема в области гидрометеорологии. Особенно остро она ощущается в последние годы на сети Росгидромета, когда при отсутствии бюджетной заочной формы обучения специалисты сети Росгидромета не могут пройти обучение без отрыва от производства.

Но есть и положительные тенденции в развитии образования, в том числе гидрометеорологического, например, появилась возможность дистанционного участия студентов и преподавателей в курсах повышения

квалификации, обмене опытом при чтении лекционного материала, проведении научных конференций, участия студентов в творческих конкурсах и олимпиадах. Активно развивается программное обеспечение, позволяющее решать гидрометеорологические задачи в более короткие сроки и т. д.

В этой связи хотелось бы сохранить возможность подготовки специалистов редких, но востребованных специальностей – метеорологов и гидрологов, и в условиях развития цифровых технологий, сохранив накопленный опыт педагогической деятельности, успешно развивать его с учетом новых возможностей и перспектив подготовки профессиональных кадров на территории России.

Дистанционное обучение средствам метеорологических измерений

**Е. С. Алдошкина, К. Л. Восканян, А. Г. Саенко
Т. Е. Симакина (*tatiana.simakina@gmail.com*)**

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Россия

Отмечены факторы реалий современного технического образования, требующие создания учебных программно-аппаратных информационно-измерительных лабораторий, описан опыт формирования такой лаборатории на кафедре экспериментальной физики атмосферы РГГМУ. Виртуальные средства измерений температуры, высоты облаков, установки для исследования тепловой инерции термометров и другие позволяют реализовывать различные виды образовательной деятельности – от самостоятельного обучения студентов-заочников, реализующих индивидуальный график, выполнения дистанционных лабораторных работ до метеорологических и метеорологических исследований в рамках курсовых и выпускных квалификационных работ.

Программные средства, позволяющие имитировать лицевые панели измерительных приборов, задавать значения влияющих внешних факторов, подбирать различные по точности и другим метеорологическим характеристикам измерительные средства способны обеспечить получение студентами практических навыков работы с оборудованием в отсутствие доступа в реальные лаборатории. Уже созданные программные измерительные установки являются частью обучения по таким дисциплинам, как «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Методы наблюдения и анализа в гидрометеорологии» и «Метрология, стандартизация и сертификация».

Основные моменты в совместной подготовке гидрологов и метеорологов

О. А. Бархатова (*barhat2006@mail.ru*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Современная наука и образование для решения исследовательских задач все чаще включаются в процесс интеграции. Интеграция в высшем образовании должна определяться не только традиционным объединением учебных дисциплин в общие блоки, комплексы или модули, но и учитывать новую сущность междисциплинарной интеграции.

В нашей стране гидрологи и метеорологи работают в тесном контакте. Однако подготовка гидрологов и метеорологов в высших учебных заведениях чаще всего проводится без развития межпредметных связей. На основе полученных данных и результатов планирования учебного процесса актуально введение вертикальной интеграции для развития у студентов способности к решению, не только узкопредметных профессиональных задач, но и вопросов, связанных с глубокими междисциплинарными знаниями, качественного развития их профессиональных компетенций.

Использование игровых форм обучения в дисциплине «Методы и средства гидрометеорологических наблюдений»

П. А. Найденов (*pavel_one@rambler.ru*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Опыт показывает, что студенты лучше понимают и быстрее усваивают учебный материал, который преподносится преподавателем в нестандартной форме. Один из вариантов проведения лекционных и практических занятий – это игровая форма. При этом желательно предусмотреть зрелищность процесса, чтобы проведённые опыты надолго остались в памяти студентов. В ходе обновления рабочей программы дисциплины «Методы и средства гидрометеорологических наблюдений» было запланировано несколько практических занятий, на которых студентам предлагается несколько игр, позволяющих глубоко и всесторонне изучить закон Ома. Студенты получили возможность проводить необходимые расчеты, а затем проверить их на испытательных стендах. Благодаря наличию необходимой аппаратуры и материалов удаётся достигать запоминающихся эффектов. В ходе занятий соблюдается вся необходимая техника безопасности.

Проведение полного цикла научного исследования со школьниками

П. А. Найденов (*pavel_one@rambler.ru*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Привлечение новых абитуриентов – один из важных аспектов работы преподавателя вуза. Одним из наиболее действенных методов является непосредственная научная работа с учащимися старших классов средней школы. В рамках мероприятия «XI Байкальская международная школа» была сформирована группа из шести старшеклассников, проявивших интерес к заявленной предстоящей работе. В течение двух недель под руководством преподавателя ребята получили возможность самостоятельно разработать, собрать и запрограммировать современные метеорологические приборы для дальнейшего исследования. Затем ребята занимались сбором и обработкой данных метеорологических наблюдений, проводили анализ собранных данных и в заключение ученики защищали свой коллективный отчет перед квалифицированным жюри. Таким образом, старшеклассники получили достаточно полное представление о профессии метеоролога и специфике научно-исследовательской деятельности. В дальнейшем они смогут принять мотивированное решение о поступлении в вуз, что является залогом успешного обучения.

Раздел 2

**Проявление геоэффективных
солнечных процессов
в атмосфере и околоземном
космическом пространстве**

Section 2

**Manifestation of Geoeffective
Solar Processes in the Atmosphere
and Near-Earth Space**

**Мониторинг космической погоды:
особенности геокосмической бури
5–6 августа 2019 г.**

Y. Luo¹ (yiyangluo@163.com)

Л. Ф. Черногор¹, **К. П. Гармаш**¹, **Q. Guo**², **Yu. Zheng**³

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина,
Харьков, Украина

²Harbin Engineering University, Harbin, China

³Qingdao University, Qingdao, China

Целью работы является изложение сведений о геокосмической буре, особенностях ионосферной и магнитной бурь 5–6 августа 2019 г. Как известно, геокосмическая буря – совокупность синергетически взаимодействующих магнитной, ионосферной, атмосферной и электрической бурь. Нет двух одинаковых геокосмических бурь. Поэтому исследование каждой новой бури является актуальной задачей.

Основные результаты наблюдений космической погоды следующие. Главная фаза магнитной бури имела место 5 августа 2019 г. с 06:00 до 08:30. Фаза восстановления продолжалась не менее 4 суток. Магнитная буря проявлялась в существенных вариациях всех компонент геомагнитного поля, увеличении на порядок уровня колебаний геомагнитного поля в диапазоне 400–950 с. В течение ионосферной бури имели место значительные возмущения F-области ионосферы. E-область ионосферы оставалась практически невозмущенной. Ионосферная буря существенно повлияла на доплеровские спектры радиоволн в диапазоне частот 5–10 МГц.

Имели место значительное уширение доплеровских спектров, вариации доплеровского смещения частоты и его квазипериодические изменения с периодом 20–40 мин и длительностью 120–240 мин. Квазипериодические вариации доплеровского смещения частоты обусловлены квазипериодическими вариациями концентрации электронов, амплитуда δN_a их относительных возмущений изменялась от 3 до 16 %. На одной из трасс амплитуда доплеровского смещения частоты достигала 0,7 Гц. При этом δN_a могла достигать 80–90 %. Ионосферная буря незначительно повлияла на амплитуду сигнала.

Эффективность корональных выбросов с различной структурой магнитного поля

М. А. Абунина (*abunina@izmiran.ru*), **А. А. Абунин**,
А. В. Белов, **Е. А. Ерошенко**, **Н. С. Шлык**

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н. В. Пушкова РАН, Москва, Россия

Исследуются межпланетные возмущения, связанные с регистрацией ударной волны на Земле, и идентифицированные с солнечным источником. Используется параметр tH , который представляет собой временную задержку (в часах) максимальной индукции межпланетного магнитного поля от начала возмущения, и рассматриваются три группы событий с различным положением максимума ММП. Для каждой из них рассчитываются и анализируются средние значения основных параметров солнечного ветра, геомагнитной активности и космических лучей. Кроме того, приводятся результаты метода наложения эпох для указанных групп. Установлено, что наиболее эффективны межпланетные возмущения с положением максимума поля через 6–15 ч после начала события.

Использование мюонного телескопа в Апатитах для исследования атмосферных вариаций космических лучей

Ю. В. Балабин (*balabin@pgia.ru*), **Б. Б. Гвоздевский**,
А. В. Германенко, **Е. А. Михалко**, **Е. А. Маурчев**

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

В Апатитах на станции космических лучей ПГИ установлен компактный мюонный телескоп. Современное электронное оборудование позволяет использовать его для измерения как потоков мюонов, так и мягких заряженных частиц (электронов и позитронов), образующихся в приземном слое атмосферы от вторичных космических лучей (в том числе и от мюонов). Проведение измерений в течение года показало, что потоки мягких заряженных частиц подвергаются воздействию локальных процессов, происходящих в приземном слое воздуха и подстилающей поверхности. Тем не менее, с высокой точностью подтвержден ранее полученный предварительный результат: возрастания гамма-излучения при осадках, наблюдаемые на сети станций, не сопровождаются возрастаниями потоков каких-либо заряженных частиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 18-77-10018.

Наблюдение возрастания гамма-излучения при осадках во время морской экспедиции

Ю. В. Балабин (*balabin@pgia.ru*),
Б. Б. Гвоздевский, А. В. Германенко, Е. А. Михалко

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

События возрастания гамма-излучения при осадках наблюдаются на всей сети станций, включающей, в том числе, архипелаг Шпицберген и высокогорные пункты. Эти возрастания имеют длительность 2–20 ч, амплитуда доходит до 100 % от уровня ясной погоды. Спектр этого излучения, как показали измерения дифференциального спектра в Апатитах, непрерывный, без характеристических линий и соответствует спектру тормозного излучения. Хотя были проведены дополнительные эксперименты, показавшие, что эффект возрастания присутствует только в электромагнитной компоненте и не связан с радиоактивным загрязнением осадков, требовался ключевой эксперимент, который бы наглядно и убедительно показал это. В 2020 г. на экспедиционном судне, выполнявшем плавание в Баренцевом и Гренландском морях, был установлен портативный детектор гамма-излучения. Во время непогоды вдали от суши наблюдались типичные события возрастания, как ранее отмеченные на станциях.

Влияние солнечной активности на частоту и амплитуду событий возрастания гамма-излучения при осадках

Ю. В. Балабин (*balabin@pgia.ru*),
Б. Б. Гвоздевский, А. В. Германенко, Е. А. Михалко

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Эффект возрастания гамма-излучения при осадках был открыт в ПГИ более десяти лет назад. С тех пор образована сеть станций, где проводится мониторинг фонового гамма-излучения, приходящего из атмосферы. Возрастания могут достигать амплитуды 100 % от уровня ясной погоды. Число событий составляет десятки в год – по числу выпадения осадков. К настоящему моменту имеются данные о возрастаниях на протяжении полного цикла солнечной активности, что позволило провести анализ на выявления корреляции характеристик возрастаний с уровнем солнечной активности. Такая корреляция обнаружена. Особенно она заметна для событий с большой амплитудой.

Оценка планетарных индексов геомагнитной активности по данным отдельных магнитных обсерваторий российского сектора

Е. И. Гамза (*gamza@izmiran.ru*), В. Г. Петров

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН, Москва, Троицк, Россия

Влияние геомагнитной активности (ГА) на практическую деятельность было обнаружено более 200 лет назад с повсеместным распространением телеграфной связи. Во время магнитных бурь наблюдались сбои в работе телеграфных линий. В настоящее время с ГА связывают множество природных, технологических и биологических процессов. Однако для изучения и использования какого-либо явления необходимо иметь его определение и способы оценки интенсивности, т. е. научный подход невозможен без определения понятия геомагнитной возмущённости и количественной оценки её интенсивности – индексов геомагнитной активности. В. И. Афанасьевой (1954 г.) дано следующее определение ГА: магнитная активность или возмущённость – это совокупность изменений магнитного поля Земли, вызываемых корпускулярным излучением Солнца. При расширенном толковании термина корпускулярного излучения с учётом переносимого солнечным ветром магнитного поля это определение справедливо и с современной точки зрения. Одним из первых индексов для оценки ГА был К-индекс, предложенный Дж. Бартельсом в 1939 г. и утверждённый резолюцией Международной ассоциации геомагнетизма и аэронавтики (МАГА) в том же 1939 г.

Проявление ГА зависит от местоположения точки наблюдения, поэтому, для оценки планетарной ГА, Бартельсом был предложен глобальный индекс – К_p, вычисляемый как среднее взвешенное значение К-индексов ряда фиксированных обсерваторий. В настоящее время планетарный К_p-индекс вычисляется по данным тринадцати обсерваторий, расположенных в Европе, Северной Америке, Австралии и Новой Зеландии.

В силу своей наглядности, длинного непрерывного ряда наблюдений с 1932 г. и понятного физического смысла К_p-индекс стал широко использоваться для изучения, а затем и прогнозирования различных явлений в магнитосфере, ионосфере и на поверхности Земли. Например, в ионосферных исследованиях принято использовать К_p для параметризации ионосферных движений и высыпаний энергичных. В магнитосферной физике установлена хорошая корреляция К_p с плотностью холодной плазмы в плазмосфере, плотностью горячей плазмы, положением плазмопаузы, интенсивностью магнитосферной конвекции. Многие модели магнитного поля в магнитосфере используют К_p в качестве входного параметра модели. К_p также используется в моделях VLF-пульсаций и ULF-пульсаций. Авро-

ральная зона, где наблюдаются полярные сияния и текут сильные авроральные электроструи, расширяется до более низких широт по мере роста интенсивности геомагнитных возмущений и увеличения значения К_p. Существуют и другие примеры использования К_p.

Таким образом, К_p является очень важным индексом для диагностики и прогнозирования состояния многих параметров ионосферы и магнитосферы, и доступ к его значениям с минимальной задержкой существенен для многих прикладных задач.

Предварительный К_p доступен при наличии интернета с задержкой от 3 до 6 ч, окончательное уточненное значение – с задержкой до месяца. При отсутствии Интернета и доступа к сайтам К_p-индекса он становится недоступным совсем. В некоторых приложениях такая ситуация недопустима, и возникает задача оценить значения К_p-индекса локально, по данным отдельной ближайшей обсерватории.

Знание текущего значения К_p-индекса необходимо для оценки текущих потоков электронов МэВ-энергий в геосинхронных условиях, оценки состояния космических аппаратов и процессов накопления статического потенциала спутника, а также для определения интервалов времени, когда могут быть выполнены точные геомагнитные измерения.

Для каждой магнитной обсерватории, на основе накопленных наблюдений поля в данной точке и сравнения с полем глобальным, индивидуально рассчитывается шкала перевода измеренной вариации в К-индекс. Определяющим моментом при этом является выбор порогового значения вариации магнитного поля, при превышении которого К-индексу назначается максимальное значение, равное 9 (встречаются обозначения L9 или лимит K9). Остальная шкала однозначно градуируется по лимиту K9.

Процедура выбора индивидуального лимита K9 для каждой обсерватории делает распределения значения К-индекса независимым от положения точки измерения, т. е. за достаточно большой интервал времени вероятность наблюдения конкретного значения К-индекса должна быть одинаковой для любой станции. Если это не так, то требуется изменение лимита K9 для данной станции.

Воздействие космической погоды на функционирование глобальных навигационных спутниковых систем

В. В. Демьянов^{1,2}, Ю. В. Ясюкевич¹

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

² Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

Устойчивость и качество работы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) второго поколения, таких как GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou/Compass подвержены воздействию экстремальных факторов космической погоды. В настоящем докладе представлены ключевые экспериментальные результаты и механизмы воздействия геомагнитных бурь, ионосферных неоднородностей и мощных вспышек радиоизлучения Солнца на сегмент пользователей ГНСС. Особое внимание уделено интенсивности сбоев измерений радионавигационных параметров, снижению точности позиционирования пользователей ГНСС в режиме двухчастотных измерений и в режиме дифференциальной навигации (RTK), в том числе при решении задач высокоточного позиционирования (PPP).

Результаты статистического анализа временных рядов солнечной активности и численного моделирования неустойчивости в тахоклине

С. В. Латышев (*srg.87@bk.ru*), С. В. Олемской

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Солнечная активность является основным фактором в изучении и понимании солнечно-земных связей, а также определяет состояние и физические условия в околоземном космическом пространстве. Одной из проблем изучения вековых циклов является выделение его четких границ. Еще большую сложность и неопределенность имеют прогнозы долгопериодных вариаций солнечной активности, в частности, определение границ смены вековых циклов, причины продолжительных минимумов солнечной активности, которые, возможно, вносят существенный вклад в поведение климатической системы *Земля – атмосфера*.

В работе использовались современные методы статистического анализа временных рядов солнечной активности и численного моделирования неустойчивости в тахоклине на основе баротропной квазигеострофической модели. На основе комплексного анализа статистических параметров солнечной активности предложена методика определения границ векового цикла, которая хорошо согласуется с наблюдаемыми и прогностическими данными. Предложена оценочная прогностическая модель длительности

векового цикла, которая учитывает минимумы солнечной активности и может быть использована для развития модели солнечного динамо. В особенности высокую достоверность показал прогноз минимумов 11-летних циклов, а также практически 100 % достоверность выявлена в прогнозах длительности ветвей роста и спада солнечной активности. Прогностические максимумы также подтверждают импульсивный и плохо предсказуемый характер пиков 11-летних циклов. Полученные результаты численного моделирования позволяют предположить существование долговременной составляющей, близкой к недипольной конфигурации магнитного поля вблизи минимумов вековых циклов, что выражается в отклонении крупномасштабного магнитного поля Солнца от экваториально-антисимметричной моды в работе солнечного динамо и приводит к снижению солнечной активности.

Измерение интенсивности потока вторичных космических лучей малогабаритным детектором заряженных частиц

Е. А. Маурчев (*maurchev1987@gmail.com*)

Ю. В. Балабин, А. В. Германенко

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Нами был разработан программный комплекс RUSCOSMICS, который позволяет рассчитывать взаимодействие первичных частиц космических лучей с атмосферой Земли и получать характеристики потоков вторичных частиц. Во время моделирования очень важно проводить верификацию полученных результатов, где наиболее эффективным методом является сравнение с данными, полученными с детекторов заряженных частиц. Одним из главных источников таких данных является балонный эксперимент, который проводится группой ученых ФИАН. Но несмотря на то что измерения носят долговременный характер, а также покрывают диапазон высот вплоть до 30 км, они также являются локальными. Поэтому в дополнение к ним нами решено было разработать и создать собственный детектор, позволяющий вести запись скорости счета заряженных частиц и сохранять эти данные для дальнейшей обработки, при этом имеющий компактные размеры. Как основные особенности устройства, отличающие его от аналогичного оборудования, можно выделить использование в нем собственного сконструированного модуля высокого напряжения с крайне низким энергопотреблением, модуля формирования импульсов при совместном использовании отечественного счетчика Гейгера СТС-5. В качестве системы сбора и обработки сигнала используется микроконтроллер ESP-32. Все это позволяет в значительной мере снизить стоимость детектора, сохраняя при

этом его характеристики на уровне специализированного научного оборудования. В работе представлена реализация разработки как на программном, так и на аппаратном уровне и показан пример записанных данных.

Моделирование влияния протонов солнечных космических лучей на атмосферу Земли в широком диапазоне высот

Е. А. Маурчев (*maurchev1987@gmail.com*)
Ю. В. Балабин, А. В. Германенко, Б. Б. Гвоздевский

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Важной прикладной задачей физики космических лучей является оценка радиационной безопасности во время вспышек на Солнце, особенно когда наблюдаются события возрастания скорости счета на нейтронных мониторах – GLE (Ground level enhancement). Этот эффект объясняется тем, что увеличивается поток первичных протонов с энергией от 1 до 10 ГэВ, которые способны терять свою энергию как в процессах ионизации, так и через ядерные взаимодействия. В Полярном геофизическом институте был разработан программный комплекс RUSCOSMICS, одной из возможностей которого является способность получать высотные профили ионизации для заданного участка атмосферы, используя в качестве входных данных спектры первичных протонов солнечных космических лучей. Следует заметить, что методика расчета спектров, а также конусов приема и питч-угловых распределений также разработана в Полярном геофизическом институте. Важной особенностью работы можно назвать использование параллельных вычислений, что позволило расширить применимость модели с локального участка на глобальную геометрию всей атмосферы Земли. В работе представлены результаты, полученные для солнечных космических лучей на высотах от 1 км до 80 км с шагом 1 км для всех значений широты и долготы с шагом 5 градусов. Верификация модели проводилась в более ранних работах с использованием данных, полученных во время запуска шаров-зондов.

Перевод результатов моделирования прохождения протонов космических лучей через атмосферу Земли в дозы излучения

Е. А. Маурчев (*maurchev1987@gmail.com*)

Ю. В. Балабин, А. В. Германенко

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

В результате моделирования прохождения частиц космических лучей через атмосферу Земли получают высотные профили, которые представлены как потоки в зависимости от энергии и скорость ионизации или суммарные потоки в зависимости от высоты. В задаче оценки радиационной безопасности во время возрастания уровня естественного фонового излучения важно получать значения эффективной и эквивалентной дозы. Представленная работа посвящена освещению проблемы перехода к этим показателям как от экспериментальных данных, так и от результатов моделирования. Показаны примеры расчета доз на высотах от 0 км до 15 км, вследствие воздействия на объект вторичным излучением, наведенным в атмосфере как галактическими, так и солнечными космическими лучами.

Динамические характеристики STEVE. Исследование события

С. Г. Парников (*parnikov@ikfia.ysn.ru*)

И. Б. Иевенко, И. И. Колтовской

Институт космофизических исследований и аэронауки
им. Ю. Г. Шафера СО РАН, Якутский научный центр, Якутск, Россия

Прежде не известный вид субаврорального свечения, открытый благодаря фотографам-любителям, буквально взбудоражил мир специалистов в области полярных сияний. Узкая, вытянутая вдоль широты лента свечения, часто сопровождаемая зелеными образованиями в виде штакетника (Picket fence), имеющая лиловый оттенок получила название STEVE. Свечение вызвано сильным повышением скорости теплового излучения и ассоциируется с чрезвычайно интенсивными ионными дрейфами (SAID). По всей вероятности, STEVE тесно связано с ионосферно-магнитосферным взаимодействием и его полное понимание, безусловно, дополнит картину этого взаимодействия.

В этой работе проведено сопоставление яркостных и пространственных характеристик SAR-дуги, STEVE и зеленого штакетника одновременно зарегистрированных на субавроральной станции Маймага 1 марта 2017 г. STEVE возник через ~40 мин после начала фазы развития суббури.

Формирование STEVE началось с возникновения неоднородностей, регистрируемых по всем каналам камеры, двигавшихся вдоль широты с востока на запад. Скорость западного движения неоднородностей составляла ~ 950 м/с. Неоднородности возникли полярнее существовавшей SAR-дуги и смещались параллельно с ней в экваториальном направлении. Скорость экваториального смещения составляла ~ 67 м/с. В момент затухания, красная дуга находилась экваториальнее STEVE. По мере приближения к зениту станции, неоднородности слились в полосу, а затем и в узкую ленту свечения шириной ~ 9 км. В общей сложности, начиная с возникновения неоднородностей, заканчивая затуханием узкой полосы, STEVE просуществовал ~ 1 часа, сместившись при этом к экватору на ~ 220 км. Интенсивность свечения STEVE в эмиссиях 486,1; 470,9; 480,0; 557,7 и 620,0 нм составляла ~ 5 Рэлей. В эмиссии 630,0 интенсивность достигала значений ~ 30 Рэлей. Интенсивность зеленого штакетника достигала значений ~ 170 Рэлей. По схождению STEVE и зеленого штакетника в магнитном зените станции, показано, что эти два явления протекают на одних силовых линиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации № АААА-А21-121011990007-1) и при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-45-140063 p_a и № 21-55-50013 ЯФ_a

Проявление солнечной активности и многолетние тренды в характеристиках области мезопаузы

Н. Н. Перцев (*n. pertsev@bk.ru*)

П. А. Далин, В. И. Перминов, В. А. Ромейко

Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Москва, Россия

Для обнаружения эффектов солнечной активности (11-летний цикл) и долгосрочных трендов проанализированы ряды температуры и интенсивности эмиссий мезопаузы и характеристик серебристых облаков (NLC) на основе наземных оптических наблюдений для двух временных интервалов: 2000–2018 гг. (для характеристик инфракрасных эмиссий) и 1968–2018 гг. (для NLC). Результаты анализа по интенсивностям эмиссий и температуре мезопаузы получены отдельно для зимы и лета. Статистически значимые отрицательные тренды интенсивности эмиссий обнаружены для обоих сезонов года. Коэффициенты регрессий для зависимости интенсивностей эмиссий от солнечной активности оказались значимыми и положительными, причем их зимние значения в 1,5–2 раза больше летних. Наблюдается сильное и статистически значимое похолодание летней мезопаузы ($-2,4 \pm 2,3$ °K/10 лет), в то время как зимняя мезопауза демонстрирует не-

большое и статистически незначимое похолодание ($-0,4 \pm 2,2$ °K/10 лет). Температурный отклик мезопаузы на солнечную активность положительный и зимой примерно в два раза выше, чем летом. Многолетние тренды в параметрах NLC являются небольшими и статистически незначимыми, несмотря на динамику летней температуры. Отсутствие значимых трендов в NLC противоречит их модельным исследованиям, широко обсуждаемым в литературе. Анализ данных по NLC показал статистически значимый отрицательный отклик на изменения солнечной активности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-05-00358а.

Радиационная обстановка на авиационных трассах гражданской авиации

В. В. Размыслова (*razmyslova98@gmail.com*)

О. В. Волобуева (*ovvolobueva@rshu.ru*)

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

Данная статья содержит анализ расчетов доз радиации при авиAPERелетах по полярным и трансполярным воздушным трассам за 2020 г. Данные для расчетов были взяты при разной высоте полетов и скорости, а также с учетом различной солнечной активности. Актуальность данной темы состоит в том, что при полетах в полярных широтах экипаж и пассажиры подвергаются воздействию радиации. Трансполярные маршруты становятся все более востребованными, так как помогают сократить протяженность и время полета по некоторым маршрутам. Полярные и околополярные маршруты являются все более актуальными для северных воздушных трасс, поэтому важно исследовать дозы радиации, приходящие на пассажиров, а особенно на экипаж, выполняющий данные полеты в регулярном режиме.

Казахстанский центр диагностики и прогноза космической погоды

И. Л. Цепаккина, Б. Б. Сейфуллина (*botanaika.93@gmail.com*)

Институт ионосферы, Алматы, Казахстан

В Казахстане работает многоуровневая система мониторинга с высоким временным разрешением, включающая в себя минутные данные ключевых параметров космической погоды, в которую входят измерения космических лучей на нейтронном супермониторе 18НМ-64 на высокогорной станции космических лучей (3340 м), измерения плотности потока радиоизлучения Солнца на частотах 1,08 ГГц, 2,8 ГГц и спектров радиоизлучения на спектрометре CALLISTO в диапазоне 45–870 МГц (2750 м), а также измерения полного вектора и компонент геомагнитного поля (1300 м). Проводится анализ состояния околоземного космического пространства, с выявлением возмущенных периодов космической погоды и их солнечных источников. Разработана информационная система с представлением в режиме реального времени данных с наземных установок института с высоким временным разрешением. Центр прогнозов космической погоды работает в ежедневном режиме, представляя прогнозы геомагнитной обстановки на 6 и 55 дней (Ар-индекс геомагнитной активности), прогноз радиоизлучения Солнца (F10.7) на 55 дней, прогноз вероятности больших протонных возрастаний на 28 дней, а также прогноз флюенса высокоэнергичных магнитосферных электронов с энергией > 2 МэВ на 28 дней. Созданная информационная система предназначена для оперативного контроля состояния космической погоды с учетом региональных особенностей Казахстанского региона.

Форбуш-эффекты, вызванные взаимодействующими возмущениями солнечного ветра

Н. С. Шлык (*nshlyk@izmiran.ru*)

А. В. Белов, М. А. Абунина, А. А. Абунин,

Е. А.Ерошенко, В. А. Оленева, В. Г. Янке

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н. В. Пушкова РАН, Москва, Троицк, Россия

На основе базы данных Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений (FEID) представлен анализ вариаций галактических космических лучей и изменения различных характеристик межпланетной среды, связанных с влиянием на Землю взаимодействующих возмущений солнечного ветра. Рассмотрены случаи парного взаимодействия высокоскоростных по-

токов из корональных дыр и корональных выбросов массы за период времени с 1995 по 2019 г. Приведен анализ поведения основных параметров солнечного ветра, межпланетного магнитного поля, космических лучей и геомагнитной активности для двух типов взаимодействующих возмущений солнечного ветра и произведено сравнение с контрольными группами изолированных событий. Установлено, что взаимодействующие возмущения солнечного ветра усиливают эффект от наложения для второго события из пары, а первое событие оказывается менее эффективным.

Раздел 3

Современные климатические и экологические риски

Section 3

Current Climate and Environmental Risks

Flood Risk Mapping Using Gis-based Multi-Criteria Analysis: Songinokhairkhan District Case Study

Batbold Badamdorj (*batbold9909@gmail.com*)

National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

Accurate flood risk assessment is an important component of flood mitigation in urban areas. The aim of this study is to develop accurate flood risk maps in Songinokhairkhan district, Ulaanbaatar, Mongolia. The potential flood risk areas in the Songinokhairkhan district were identified using geographical information systems (GIS)-based multi-criteria analysis along with the application of Analytical Hierarchy Process methods to define and quantify the optimal selection of weights for the criteria that contribute to flood risk. And the flood models were created by using Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) software in the catchment areas of flood risk areas to determine the total flooded area, the flooded residential area, and the number of flooded unit areas at certain times and with a certain amount of rain.

Study of the Ostracods in the Vicinity of High Bogdo Mountain

Belgutei Bold (*belguteib@mas.ac.mn*)

National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

Study of Ostracods of Cretaceous period started since the mid of 1950s with the geological work of burning minerals in Mongolia (Galeeva, 1955; Lyubimova, 1956). Since that time study of Ostracods became most important endeavor to investigate structure, width comparison, sediment age of continental Cretaceous sediments on the basis of biostratigraphic grounds. It is equally important to investigate taxonomy of Ostracods to determine stratification of Cretaceous-Paleogenic sediments. New period of the study of continental Cretaceous-Paleogenic Ostracods started with the work of Soviet-Mongolian, Polish-Mongolian joint geological, paleontological expeditions since the mid of 1960s. Wide scale investigation was carried out to study structure, taxonomy, and structure components of Ostracods, to determine their biogeography and biostratigraphy, general patterns of development of Ostracods during each period of their evolution, mutual connectivity of families and species of Ostracods (Khand, 1970).

Challenges and Opportunities of Mongolia's Response to Mitigate Climate Change under the Paris Agreement: Taking the Energy Sector as an Example

Kh. Selenge (*selengee_kh@mas.ac.mn*)

Institute of International Affairs of Mongolian Academy of Sciences
Ulaanbaatar, Mongolia

The Paris Climate Agreement, ratified by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), aims to limit global warming to 2 degrees Celsius and, if possible, to no more than 1.5 degrees Celsius. Although Mongolia's greenhouse gas emissions (GHG) account for only a small part (0.09%) of the world's total GHG emissions, the per capita greenhouse gas emissions are 2.7 times higher than the world average. In accordance with the commitments of the Paris Agreement, Mongolia has set a target of reducing GHG emissions by 14% by 2030 compared with 2010, and intends to mitigate 4.9 million tons of carbon dioxide (CO₂) in the energy sector. Although to achieve this goal, the country faces challenges of policy and legal planning, over-reliance on solid fuels, lack of infrastructure and technological development, but it still needs to further increase renewable energy, promote the green investment and upgrade the energy infrastructure as well as actively participate in energy integration through regional cooperation mechanisms. If all the targets are met, it will be possible to mitigate GHG emissions by 28% by 2030 thereby accomplishing the United Nations (UN) Sustainable development goals.

Validating drought indices using in situ data

Bilguun Soyolbaatar (*17b1num1859@stud.num.edu.mn*)

National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

The average temperature for Mongolia in 2020 was 1.1°C, making the year one of the 6th warmest years recorded since 1940, reported the National Agency of Meteorology and Environment. Drought is a natural and recurrent phenomenon. It is considered a natural disaster' whenever it occurs in an intensive manner in highly populated regions, resulting in significant damage (material and human) and loss (socioeconomic). Comparing the deviation of the average monthly air temperature from the multi-year average, January to May 2020 is 1°C to 5°C warmer than the multi-year average, and April is the warmest month compared to the last 5 years. As a result, severe drought has happened in the western and central parts of Mongolia. Mongolia has the 17th largest territory in the world. For drought monitoring "Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)" had been used since 1999 in Mongolia. Therefore, using a

medium resolution remote sensing sensor such as Landsat OLI is more precise to calculate the correlation between the in situ data and vegetation indices. This research tried to examine the capability of Landsat OLI surface reflectance bands, vegetation indices, and drought indices for drought monitoring in the semi-arid lands of Tuw and Selenge province areas from 2015 to 2020. Also, above-ground biomass (ABG) and soil moisture has been derived by in situ research during the period. Calculating 4 types of correlation, the regression between in situ data, and remote sensing derived vegetation, drought indices validating which index is suitable for Mongolian semi-arid region.

Чрезвычайные ситуации природного характера на территории Московского региона

С. М. Авдеев (*avdeev@rgau-msha.ru*)

Российский государственный аграрный университет МСХА
имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

В настоящее время человечество тесно связано с окружающей средой. Все чаще наблюдаются повторения чрезвычайных ситуаций различного характера, которые несут с собой экономический ущерб и человеческие жертвы. Для предупреждения ЧС необходимо заблаговременное предупреждение чрезвычайной ситуации путем наблюдения, прогнозирования и выполнения превентивных мероприятий. В данной работе уделяется внимание особенностям чрезвычайных ситуаций в Московском регионе.

Погодные аномалии на территории Иркутской области: условия возникновения опасных явлений и их разрушительные воздействия

Н. В. Астафьева¹ (*NadezhdaAstafeva@yandex.ru*), **Ю. С. Янькова**^{1,2}

¹ Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, Иркутск, Россия

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Изменение климата – одна из наиболее актуальных проблем современности, которая затрагивает различные сферы жизнедеятельности человека. Изменения климата многообразны и проявляются, в том числе, в изменении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений. Это определяет необходимость учета опасных и неблагоприятных метеорологических явлений, и изменений их количества. Опасное метеорологическое явление (ОЯ): природный процесс (явление), возникающий в атмосфере и/или у поверхности Земли, который по своей интенсивности (силе), мас-

шабу распространения и продолжительности оказывает или может оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую среду и привести к значительному материальному ущербу. К ОЯ также относится комплекс метеорологических явлений, каждое из которых по интенсивности (силе) и/или продолжительности не достигает критерия отдельного ОЯ, но близко к нему. Цель работы заключается в изучении причин аномальных явлений на территории Иркутской области. Проведён анализ опасных явлений, в том числе ураганного ветра 2004 г. и аномальных осадков, которые привели к катастрофическому наводнению летом 2019 г. Исходным материалом для выполнения исследования послужили синоптические карты, данные ежемесячных и ежедневных наблюдений за 2000–2020 гг.

Пространственно-временные особенности полей облачности на территории Республики Бурятия в начале XXI века

Т. Ч. Батуева (*tabatcho@mail.ru*)

Бурятское ЦГМС, филиал ФГБУ «Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Улан-Удэ, Россия

Облачность является важным метеорологическим параметром, который определяет не только выпадение атмосферных осадков и режим увлажнения территорий, но, и нередко целый комплекс опасных явлений погоды. Развитие облачности на территории Республики Бурятия определяется совокупным влиянием основных климатообразующих факторов и крайне неоднородного рельефа. В западных и юго-западных районах на ее формирование большую роль оказывает термическое влияние оз. Байкал и связанных с ним процессов локального цикло- и антициклогенеза. Восточные районы нередко попадают под влияние глубоких ложбин тихоокеанских циклонов с адвекцией дополнительной влаги на высотах, а северные районы под влияние атмосферных фронтов атлантических циклонов и полярных антициклонов. Кроме того, в последние годы наблюдатели на метеорологических станциях чаще фиксируют видоизменения форм облаков, в том числе, при развитии фронтальной облачности и интенсивной конвекции. Для понимания современных тенденций изменений климата и его проявлений в региональных атмосферных процессах необходимо проводить исследование сезонных и пространственных особенностей полей облачности. В этой связи выполнен статистический анализ повторяемости наблюдаемых видов облаков на метеорологических станциях Республики Бурятия в начале XXI в. Для более достоверной оценки проводилось сопоставление данных метеорологических наблюдений со спутниковыми снимками и синоптическими картами погоды.

Оценка мощности колебаний климата различной периодичности

М. А. Бутко (*michbutko@gmail.com*)

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета,
Туапсе, Россия

В климатологии пока не имеется консолидированного представления о причинах изменений климата. Установлено, что все изменения климата носят колебательный характер. Этот факт, согласно работам С. Я. Сергина (2010 г.) и ряда других авторов, отражает собственную динамику глобальной климатической системы (ГКС); колебательный характер естественных воздействий на ГКС; сочетание первой и второй причин.

Многие специалисты не согласны с выводами Межправительственной группы экспертов по изменению климата о том, что современное потепление климата связано с антропогенной эмиссией парниковых газов. По их мнению, решающее значение имеют естественные колебания климата.

Климатические циклы каждого частотного диапазона обуславливаются своим автоколебательным механизмом. Стало быть, задача изучения причин современных изменений климата конкретизируется: необходимо построить модель ГКС, адекватно отображающую автоколебательные свойства этой системы на протяжении послеледниковой эпохи. Ключевую роль приобретает исследование механизмов колебаний климата с периодами от нескольких лет до нескольких тысячелетий и их объединение в рамках общей модели ГКС. В сущности, необходимо совершенствовать имеющиеся модели климата, основанные на описании термодинамических процессов.

Здесь возникает вопрос о мощности естественных процессов, протекающих в ГКС. Её можно определить как отношение затрат энергии в ходе климатического цикла к продолжительности его периода. В соответствии с нашей работой, мощность механизма, возбуждающего климатические циклы, прямо пропорциональна амплитуде колебаний температуры земной поверхности и обратно пропорциональна корню квадратному от периода колебаний.

Анализ грозовой активности в приполярной области по ОНЧ сигналам атмосферика с приемников PWING

Р. В. Васильев (*roman_vasilyev@iszf.irk.ru*)

А. В. Ойнац, Ю. В. Калашников

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Атмосферика и свисты – импульсные электромагнитные сигналы ОНЧ-НЧ частотного диапазона от молниевых разрядов, являются достаточно удобным средством анализа распространения длинных радиоволн в волноводе земля-ионосфера и магнитосфере Земли. Сетью ОНЧ приемников PWING возможна организация грозопеленгационной сети для регистрации гроз в приполярной области. Атмосферик определяется подгонкой модельной функции сигнала атмосферика к зарегистрированному радиоимпульсу методом МНК. С помощью обработанных данных с нескольких приемников находится атмосферик и решается уравнение для поиска координат сигнала от молнии.

Метеорологические и климатические факторы формирования высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха г. Саянска

Р. В. Васильев^{1,2} (*roman_vasilyev@iszf.irk.ru*)

С. Ж. Вологжина¹, **И. В. Латышева**¹, **Е. В. Лукьянова**¹

¹Иркутский государственный университет, Иркутск Россия;

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

Экологическое состояние Иркутской области характеризуется тем, что большинство городов входят в список городов с «высоким» или «очень высоким» уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Объектом исследования выбран самый молодой город – Саянск, который расположен в западной части Иркутской области и является одним из главных отечественных центров химической промышленности. Основными загрязнителями атмосферы Саянска являются предприятия АО «Саянскхимпласт» и ПАО «Иркутскэнерго», расположенные в направлении к юго-востоку от города. Среди загрязняющих атмосферу веществ следует выделить концентрации бенз(а)пирена, формальдегида, хлорида водорода, диоксида азота и оксида углерода.

Для исследования сезонных особенностей загрязнения атмосферного воздуха г. Саянск были использованы ежедневные данные отбора проб Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, которые сопоставлялись с результатами численных моделей и глобального мониторинга (GEOS-5, GMAO/NASA, CAMS, Copernicus/

European Commission, ECMWF). Для оценки вклада метеорологических факторов и крупномасштабного переноса в формирование повышенных уровней загрязнения атмосферного воздуха проанализированы характеристики ветра у поверхности Земли и на высоте ведущего потока (АТ-500 гПа). Для периодов формирования высоких уровней загрязнения атмосферы проводилась типизация синоптических процессов и оценивались траектории воздушных масс, которые позволяют определить вклад адвекции и дальнего переноса примесей с промышленных районов Сибири, Монголии, Китая и Казахстана. Эффект очищения атмосферы от примесей определялся по характеру вихревой активности, интенсивности вертикальных токов, термической и барической составляющих ветра у поверхности Земли и на высотах.

Влияние изменения климата на виноградарство в Севастопольском регионе: текущие тенденции и прогностические оценки

Е. В. Вышкваркова¹ (*aveiro_7@mail.ru*)
Е. А. Рыбалко², **Н. В. Баранова**²

¹Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия
²Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Ялта, Россия

Повышение средней приземной температуры воздуха во многих регионах земного шара со второй половины XX в., вероятно, повлияло на производство вина, учитывая чувствительность виноградных лоз к климату. Прогнозируемое изменение климата в будущем может изменить условия, благоприятные для роста винограда в нынешних винодельческих регионах, и привести к появлению новых потенциальных регионов для производства вина. Виноградарство является одной из перспективных отраслей сельского хозяйства Севастопольского региона. В работе проанализированы природно-климатические условия Севастопольского региона с использованием агроклиматических индексов за исторический период и для двух будущих периодов (2021–2045 гг. и 2046–2070 гг.) с целью оценки благоприятности климатических условий региона для рационального размещения виноградных насаждений и подбора оптимальных сортов. Анализ будущих изменений агроклиматических условий Севастопольского региона выполнен на основе данных моделирования консорциума EURO-CORDEX. Проведено микроклиматическое районирование региона на основе данных о теплообеспеченности и морозоопасности за исторический период и построены карты изменения районов с благоприятными условиями произрастания винограда на фоне изменяющегося климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Севастополя в рамках проекта № 20-45-920008.

Метеорологические условия пилотирования воздушных судов в районе аэродрома Улан-Удэ в современный период

Д. Г. Гершевич (*amsg_ulanude@mail.ru*)

Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета, Иркутск, Россия

Аэродром Улан-Удэ расположен в горной местности со сложным рельефом, в 9 км юго-западнее г. Улан-Удэ в долине р. Иволги. С севера и востока через центр района аэродрома проходят долины рек Селенги и Уды. Все вышеуказанные факторы сказываются в погодных и климатических условиях, в частности, высокой вероятности усиления ветра и видоизменениях форм облаков. В работе исследованы современные особенности погодных условий по данным непрерывных наблюдений за период 2008–2017 гг. Высокую степень континентальности климата по данным АМСГ Улан-Удэ подтверждают большие значения годовой амплитуды температуры воздуха (44,9 °С), экстремальных значений температуры воздуха (~ 80,0 °С) и атмосферного давления (65 гПа).

Для взлета и посадки воздушных судов важно учитывать режим преобладающих градаций направления и скорости ветра. В течение года как преобладающие на взлетно-посадочной полосе можно выделить градации западного и северо-западного направлений ветра: [260–280°], [290–310°] и [320–340°], реже всего (<2 %) отмечаются направления ветра [140–160°], [020–040°] и [200–220°]. На долю слабого ветра в течение года приходится 48 % случаев наблюдений за ветром, сильный ветер [>15 м/с] составляет всего <1 % случаев. Среди атмосферных явлений, представляющих опасность для авиации, в исследуемый период чаще всего отмечалось ухудшение видимости в дымке и туманах с наибольшей повторяемостью в период господствующего влияния Азиатского антициклона (октябрь – февраль), в летние месяцы это грозы с максимумом числа дней в июне. В целом отмечается увеличение средних температур воздуха и на этом фоне более благоприятных условий для развития локального фронтотенеза.

Межгодовая и сезонная изменчивость аэрозольной оптической толщи атмосферы в Байкальском регионе и южной части пустыни Гоби

А. Л. Дементьева (*ayunadem@gmail.com*)
Г. С. Жамсуева, А. С. Заяханов, В. В. Цыдыпов

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Проведены исследования радиационных характеристик атмосферного аэрозоля за 2012–2020 гг. на ст. Торы и ст. Даланзадгад (AERONET, <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>), измеренных солнечным фотометром CE-318 в интервале длин волн 0,35–1,02 мкм. Результаты анализа показали, что годовой ход спектральной прозрачности атмосферы в Байкальском регионе (ст. Торы) и в пустыне Гоби (ст. Даланзадгад) в основном формируется под влиянием естественных источников аэрозолей. Общей закономерностью для пустыни Гоби является увеличение аэрозольной оптической толщи (АОТ) весной, в период наибольшей повторяемости пыльных бурь в регионе. В спектре распределения частиц по размерам преобладают грубодисперсные частицы, основным источником которых является терригенная пыль. Но в период крупномасштабных лесных пожаров в Восточной Сибири и Республике Саха в 2019 г. наиболее высокие значения АОТ в Южной Гоби отмечены в летние месяцы.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках госзадания № 0270-2021-0005, при частичной поддержке РФФИ № 19-05-50005 Микромир, в части обработки данных АОТ.

Снежная гроза на территории Забайкалья в марте 2021 года

М. В. Злыгостева¹, **И. В. Латышева**^{1,2} (*ababab1967@mail.ru*)

¹Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет», Иркутск, Россия

Грозы – комплексное атмосферное явление, которое возникает преимущественно в условиях хорошо развитой неустойчивости в теплое время года и представляет серьезную опасность, в том числе, для пилотирования воздушных судов. Во многом это обусловлено сочетанием возможной электризации и болтанки воздушного судна, ухудшением видимости на этапах взлета и посадки при выпадении ливневых осадков, нередко шквальным усилением ветра, особенно с боковой составляющей. На территории Забайкалья по климатическим данным аэродрома Чита в среднем грозы отмечаются 10–14 дней в году, в период с апреля по сентябрь и мак-

симумом числа случаев в июне и июле, в суточном ходе в 15:00–16:00 часов местного времени. Средняя продолжительность гроз не превышает 1,5 ч, в отдельных случаях, в июле, непрерывная продолжительность гроз достигала 6 ч.

Аэросиноптический анализ позволил выделить преобладающие типы внутримассовых и фронтальных гроз в теплый период года, где в качестве благоприятных факторов для развития свободной или вынужденной конвекции в районе аэродрома Чита рассматриваются мезоциклоны и мезоструи средней тропосферы. Снежные грозы – явление очень редкой повторяемости, представляющее особый интерес для синоптического анализа, который позволяет выделить основные предикторы, которые можно учитывать при прогнозировании ранних гроз в регионе. В этой связи выполнен анализ данных вертикального зондирования атмосферы, спутникового мониторинга и динамики фронтального цикло- и фронтогенеза на основе выходных данных прогностических моделей и фактических карт погоды для случая ранней грозы в г. Чита в марте 2021 г.

Развитие неблагоприятных и опасных гидрологических явлений на водных объектах Иркутской области

Н. А. Котова (natalyakotova9292@mail.ru)

Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Иркутск, Россия

Реки являются продуктом климата, так как основным источником их питания выступают атмосферные осадки, а распределение температуры воздуха в течение года влияет на условия, при которых осадки аккумулируется на водосборных бассейнах рек. Аномальные значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков в определенные периоды года могут приводить к возникновению опасных и неблагоприятных гидрологических явлений. При высоких температурах воздуха и дефиците осадков происходит снижение водности рек, что приводит к снижению водности озер и водохранилищ, притоками которых они являются. Так, низкая водность в бассейне р. Ангары и оз. Байкал в 2017 г. привела к снижению притока в водохранилища Ангарского каскада. Приток в период наполнения водохранилищ был близок к минимальному за весь период наблюдений. Избыток атмосферных осадков может привести к катастрофическим наводнениям. В 2019 г. в результате выпадения очень сильных продолжительных дождей в бассейнах левобережных притоков р. Ангары наблюдалось прохождение паводков редкой повторяемости. Наводнение охватило несколько районов и сопровождалось масштабным затоплением и разру-

шением населенных пунктов. В 2020 г. на реках Забайкалья в результате сильных, продолжительных дождей наблюдались паводки редкой повторяемости, что привело к значительному увеличению полезного притока в оз. Байкал и превышению отметки НПУ, что также повлекло за собой негативные экологические и экономические последствия.

Изучение состояния и негативные последствия ледниковых озер в высокогорных районах Таджикистана

Н. Б. Курбонов^{1,2} (*knomvarb.0502@gmail.com*)

Б. Б. Боев², **Ф. К. Восидов**³, **А. М. Халимов**³, **Х. К. Кабутов**³

¹ Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

² Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана
Душанбе, Таджикистан

³ Центр изучения ледников НАН Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Наряду с воздействием климатических изменений, одним из факторов, оказывающих значительное влияние на отступление ледников и сокращение площади оледенения, является интенсивность солнечной радиации. Известно, что в высокогорных районах прямые солнечные лучи вызывают повышение температуры воздуха и ускоряют процесс таяния ледников. Поскольку солнечная радиация достигает поверхности ледника неравномерно, поэтому во всех частях ледника скорость снижения не одинаковая, на поверхности ледника образуются взлеты и падения (возвышенности и гребни). Отсюда, это приводит к образованию нестабильных ледниковых озер, которые часто образуются в конце морены и могут нанести значительный ущерб ниже по течению реки. Хотя процесс образования и разрушения ледниковых озер происходит на всех оледенениях территории Таджикистана, большинство этих случаев можно наблюдать в оледенённой площади верховья бассейна р. Зерафшан. Поэтому в данной статье анализируется и рассматривается с помощью космического мониторинга процесс образования и разрушения некоторых ледниковых озер высокогорных районов Таджикистана, таких как Зерафшан, Рашт и Западный Памир, а также их негативные последствия и связанный с ними социально-экономический ущерб в низовьях и верховьях рек.

Экстремальные температуры воздуха в условиях Таджикистана в теплый период года и связанные с ними опасные явления

Н. Б. Курбонов^{1,2} (*knomvarb.0502@gmail.com*)
О. Х. Амирзода², **С. Ф. Абдуллаев**³, **Дж. А. Байдуллоева**⁴
С. О. Мирзохонова^{1,2}

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана
Душанбе, Таджикистан

³Физико-технический институт имени С. У. Умарова НАН Таджикистана
Душанбе, Таджикистан;

⁴Агентство по гидрометеорологии Республики Таджикистан
Душанбе, Таджикистан

Известно, что территория Таджикистана на 93 % состоит из гор и поэтому считается «горячим регионом» в вопросах изменений климата: таяние ледников, повышение температур, изменение количества осадков, изменение экосистем, которые влияют на население страны. Так как большинство территории Таджикистана расположено в предгорных, горных и высокогорных районах, социально-экономическая структура страны оказывается очень чувствительной к воздействию климатических изменений. Наряду с этим в районах со сложным горным рельефом, таких как Таджикистан, основными климатообразующими факторами, кроме географической широты и атмосферной циркуляции, являются высота места над уровнем моря и орография. Воздействие рельефа на климатические изменения велико и чрезвычайно разнообразно, и такое влияние может привести к резким изменениям метеорологических условий и чрезвычайным ситуациям. Поэтому в данной статье выполнено исследование и анализ экстремальных температур воздуха в Таджикистане в теплый период года за 1940–2020 гг. и связанных с ними рисков, а также их влияние на социально-экономическое развитие Республики Таджикистан.

Климатические риски развития территорий проживания коренных малочисленных народов Иркутской области

В. Н. Курдюков (*vit.kurdyukov@list.ru*)

К. А. Лощенко, О. П. Степанова

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Экономический потенциал развития территорий проживания коренных малочисленных народов Иркутской области (тофалары, сойоты и эвенки) во многом определяется количественными показателями ведения охотничьего промысла и рыболовства, которые в значительной степени подвержены негативному влиянию неблагоприятных погодных факторов. Среди последних важно учитывать продолжительные засушливые периоды в теплый период года, определяющие высокую вероятность возникновения засух и лесных пожаров, а также аномально низкие температуры воздуха в холодный период. Для оценки климатических рисков возникновения лесных пожаров был проведен анализ температурно-влажностного режима территорий проживания коренных малочисленных народов Иркутской области во взаимосвязи с динамикой барических полей и показателями пожароопасности. По данным спутникового мониторинга выполнен пространственный анализ количества очагов возгорания и площади гарей, согласно которому в последние годы в Иркутской области при некотором уменьшении количества лесных пожаров увеличивается их площадь распространения. Анализ аномалий температуры воздуха в летние месяцы показал, что за последние двадцать лет повторяемость средних температур воздуха выше климатической нормы составила в регионе исследования порядка 60 %, причем последние годы – это достаточно устойчивая тенденция. Повторяемость аномально сухих периодов оказалась меньшей и за двадцатилетний период составила 25 %. По критерию засух (стандартизированный индекс осадков SPI) в период 2016–2020 гг. засуха летом отмечалась в течение 4 лет, в том числе 2 года – в июле и 1 год – в августе, что следует учитывать в оценке причин возникновения лесных пожаров и их возможного влияния на экономический потенциал развития коренных малочисленных народов Иркутской области.

Циркуляционные факторы изменений климата на территории Сибири

И. В. Латышева ¹ (*ababab1967@mail.ru*)
Е. П. Белоусова ^{1,2}, **С. В. Олемской** ^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

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

Исключительно важную роль в процессах формирования современных особенностей климатического режима тропосферы наряду с антропогенной составляющей играет циркуляция атмосферы. Долговременные изменения температурно-влажностного режима на территории Сибири тесно согласуются с вариациями преобладающих типов атмосферных процессов в различные циркуляционные эпохи. Особый интерес для исследований представляют меридиональные эпохи циркуляции. Так, в период увеличения продолжительности меридиональных южных процессов с начала 1980-х по 1998 г. происходил быстрый рост средних температур воздуха в Сибири, а в начавшуюся эпоху увеличения повторяемости меридиональных северных процессов прослеживается статистическая связь экстремумов температур с повторяемостью антициклонической квазистационарной циркуляции, в том числе в приполярных районах. В последние годы развитие блокирующего гребня над Уралом нередко сопровождалось усилением конвергенции холодных арктических воздушных масс на высотах, способствовало усилению Азиатского антициклона и, как следствие, понижению зимних температур. Как в зимние, так и в летние месяцы наряду с увеличением меридиональности процессов возрастает вклад радиационных факторов, который летом выражен в увеличении повторяемости жарких и сухих периодов. Для оценки существующих тенденций изменений климата рассчитывались среднегодовые, среднемесячные и сезонные значения индексов аномальности температуры, удельной и относительной влажности воздуха Национального управления по исследованию океана и атмосферы США (NOAA) за период с 1948 по 2019 г. на территории Сибирского сектора (60–119° в. д.). Для оценки пространственного масштаба выявленных аномалий выполнено сравнение по соседним секторам: Европейскому (0–59° в. д.) и Дальневосточному (120–169° в. д.).

Геоэкологические риски в пределах Байкальской природной территории

З. О. Литвинцева (*zoebuhun@mail.ru*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Вопросы выявления и прогнозирования геоэкологических рисков на различных территориях являются одной из актуальных проблем современных географических исследований. Байкальская природная территория – это уникальный регион, в пределах которого распространены как молодые, так и древние компоненты геосистем, образуя специфические сочетания, определяющие особенности его пространственной организации. Негативное воздействие на геосистемы района исследований приводит к нарушениям взаимосвязей, что становится причиной их динамических преобразований, при этом они утрачивают свою уникальность. В настоящее время одним из наиболее губительных факторов, влияющих на геосистемы, является пирогенный. За последние 10 лет резко увеличилось количество очагов возгораний, а также их интенсивность и площади воздействия, особенно остро проблема стоит для особо охраняемых природных территорий, где располагаются наиболее уязвимые геосистемы и их компоненты.

Оценка современного потепления Арктики как возможного климатического риска

В. А. Лобанов¹ (*lobanov@EL6309.spb.edu*)

П. И. Самсоенкова¹, **А. А. Григорьева**²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

²Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, Якутск, Россия

Методология современного антропогенного потепления предполагает наибольший рост температуры именно в Арктике, что существенно уменьшит градиент экватор-полюс и приведет к перестройке атмосферной циркуляции, т. е. к климатическому риску. Оценка эффективности моделей нестационарного среднего осуществлена для многолетних рядов наблюдений среднемесячных температур воздуха на 71 метеостанции Арктики восточного полушария от Исландии до Чукотки. Выявлено как современное потепление, так и потепление 1920–1940-х гг. Установлено, что начало современного потепления неодинаково и варьирует от конца 1980-х гг. на западе до 2005 г. для внутренней Арктики. Современное потепление проявилось в основном зимой и в большей степени во внутренней и в центральной береговой частях, и оно в 2 раза больше, чем предыдущее. Осенью и

весной современное потепление проявилось в восточной части, а летнее потепление практически отсутствует. Разность между двумя потеплениями позволяет в первом приближении оценить антропогенную составляющую.

Исследование региональных циркуляционных и климатических аномалий Иркутской области в холодные и теплые эпизоды ЭНЮК

К. А. Лощенко (*loshchenko@bk.ru*), **А. А. Антипина,**
Е. С. Бурков, А. В. Георгиева, Б. И. Мельников
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Явление Эль-Ниньо – Южное Колебание (ЭНЮК) – наиболее интенсивная мода межгодовой изменчивости в тропиках, которая за счет механизма дальних связей может оказывать влияние на погодный и климатический режим различных регионов земного шара. Серьезной проблемой для изучения таких процессов является неперiodичность и нерегулярность ЭНЮК, модификации режима и не до конца изученный механизм процессов взаимодействия атмосферы и океана в тропической зоне Тихого океана.

Изучение причин катастрофического наводнения в Иркутской области в июне 2019 г., все более частое влияние крупномасштабных потоков тепла и влаги в ложбинах тихоокеанских циклонов, а также усиление тропического циклогенеза в последние годы определяет актуальность исследований аномалий метеорологических полей и циркуляционных процессов при различных фазах ЭНЮК. С учетом поставленной цели в работе решались следующие задачи: анализ многолетней динамики индекса ЭНЮК во взаимосвязи с многолетней динамикой климатических индексов Северного полушария, интенсивностью приземного цикло- и антициклогенеза над территорией юга Восточной Сибири, изменением количества тропических циклонов и наблюдаемыми аномалиями климатического режима в Иркутской области в холодный период года. Представляет интерес не только сопоставление циркуляционного режима в периоды теплого и холодного эпизодов ЭНЮК, но и в годы проявления Эль-Ниньо по каноническому типу и по типу Модоки. Исследование климатического режима Иркутской области включало анализ повторяемости аномально теплых и холодных периодов в различные сезоны года, суточных аномалий температур воздуха, аномалий приземного давления и ветрового режима.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-380032; гранта Иркутского государственного университета молодых ученых № 091-20-331

Влияние южных циклонов на процессы загрязнения в регионе озера Байкал

В. Л. Макухин¹ (*aerosol@lin.irk.ru*)
С. Ж. Вологжина², **И. В. Латышева**²

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

В Прибайкалье химический состав атмосферной влаги оказывает влияние на качество воды Байкала и сохранение видового разнообразия флоры и фауны. Наибольшее количество осадков, как правило, связано с выпадением летних дождей при прохождении холодных атмосферных фронтов монгольских циклонов. Однако неоднородный характер рельефа юга Восточной Сибири может оказывать как задерживающее, так и усиливающее влияние на южный циклогенез.

Для оценки вклада синоптических процессов и метеорологических факторов в процессы очищения атмосферы от примесей на основе нелинейной нестационарной пространственной эйлеровой модели выполнены расчеты составляющих распространения твёрдых взвесей в регионе озера Байкал в зависимости от направленности траекторий господствующих ветровых потоков на высотах. Метеорологические характеристики первой группы численных экспериментов соответствовали прохождению через исследуемую область южного циклона по меридиональному типу, при проведении второй серии рассматривался выход южного циклона по широтному типу траекторий. Установлено, что при меридиональном типе циклонов, когда циклоническая циркуляция распространяется на северные районы Прибайкалья, наибольший вклад в загрязнение котловины Южного Байкала твёрдыми взвесями вносят котельные Слюдянки и Байкальска (84 %), вклад предприятий Иркутско-Черемховского промышленного узла по сравнению с выбросами Слюдянки и Байкальска мал (13 %), а влияние Селенгинска, Каменска и Улан-Удэ незначительно (3 %). При широтном типе, когда циклоничностью охвачена лишь южная часть озера, вклад предприятий Иркутско-Черемховского промышленного комплекса (52 %) в загрязнение Южного Байкала взвешенными веществами несколько превышает вклад выбросов котельных и автотранспорта Слюдянки и Байкальска (48 %).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта №20-45-380032.

Природные катастрофы и жизнеспособность городов

Е. В. Потапова (*e.v.potapova.isu@mail.ru*), **М. С. Красавцева**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

От природных катастроф ежегодно страдают порядка 200 млн человек, а экономический ущерб исчисляется миллиардами долларов. В условиях, когда более 50 % мирового населения проживает в городах, закономерно встает проблема о применении новых методов и средств, направленных на повышение возможностей органов власти по обеспечению защищенности человеческого капитала, хозяйственных ценностей и природных ресурсов. Жизнеспособность городов как возможность продолжать эффективное функционирование даже во время и после стихийных бедствий определяется многими критериями. Важнейший из них – правильная организационно-планировочная структура поселения, соответствующая целям устойчивого развития. Наличие полноценной научно обоснованной и рациональной системы озеленения населённого пункта позволит обеспечить его основным спектром экосистемных услуг – от глобальных, санитарно-гигиенических и медико-социальных до научно-познавательных и культурно-эстетических.

Изучение влияния неблагоприятных метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха Московского мегаполиса

К. В. Родина (*kris1405.ru@yandex.ru*), **А. М. Падохин**

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Москва, Россия

В работе рассматривается влияние метеорологических и иных факторов, определяющих уровень загрязнения воздуха в московском мегаполисе. На основе статистической регрессионной модели, построенной с использованием методов машинного обучения, осуществлялось разделение влияния метеорологических факторов и изменений параметров антропогенных выбросов на наблюдаемые концентрации загрязняющих веществ: CO, NO, NO₂, PM₁₀ и PM_{2,5}. Рассмотрен ряд событий, оказавших существенное влияние на уровень загрязнения воздуха в московском мегаполисе, включая пожары, карантин, неблагоприятные метеорологические условия. Показано, что в ряде случаев неблагоприятные метеорологические условия значительно увеличивают концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, могут маскировать тренд на сокращение концентраций загрязняющих веществ, связанный с сокращением антропогенных выбросов. Все расчеты произведены по данным ГПБУ «Мосэкомониторинг».

Диалог земли и моря

Е. Седачева, М. Рудная, А. Немчинова

Музей съедобной земли, Россия, Нидерланды

Жители Пертоминска на побережье Унской губы Онежского полуострова бьют тревогу – море наступает на посёлок. Со слов жительницы Пертоминска Екатерины Седачевой, за последние 50 лет море поглотило берег не менее, чем на 10 м. В один из штормов ледяные массы обрушились на старые деревянные укрепления берега и срезали их вместе с частью песчаного берега. Хозяин дома, у которого море отобрало уже значительную часть участка и приближается к дому, усиленно строит укрепления берега в виде срубов и заваливает их. Море подбирается и к кирпичным стенам древнего Пертоминского монастыря. Южнее области размыва море, наоборот, откладывает на мелководье вымываемый песок, наступая на обширное болотце.

Изменение линии берега на побережье Белого моря позволяет говорить и о глобальных циклических процессах, и о том, как активность людей в последние сто лет влияет на её трансформацию. В работе о пограничности сред «Диалог земли и моря» художники Машару и Екатерина Седачева фокусируются не только на маркерах изменений, но и пытаются своеобразно каталогизировать ускользящее.

«Почему отступает берег в Пертоминске? Кто виновен – климат, море, изменения в земной коре, деятельность человека?» – на данные вопросы отвечает текст статьи Анны Немчиновой, рассматривающий климатические, тектонические, геоморфологические причины колебания уровня моря на беломорском побережье Онежского полуострова.

Проект «Климат – образование – молодежь» (<https://we-art-lab.org/exhibition2020>).

Сезонные особенности ветрового режима вблизи уровня тропопаузы на территории Иркутской области

Т. А. Сверкунова¹ (*talsver@mail.ru*), К. А. Лощенко^{1,2}

¹Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Струйные течения являются важным объектом циркуляции атмосферы и могут оказывать влияние на динамику погодных процессов у поверхности Земли. На этапах горизонтального полета воздушных судов в зоне струйных течений возможно возникновение сдвигов ветра и турбулентности, поэтому важно изучать сезонные и пространственные особенности ветрового режима вблизи уровня тропопаузы, особенно в условиях возросших темпов изменений климата в различных регионах земного шара. Объектом данного исследования выбраны южные районы Иркутской области, где наличие высокогорных массивов Восточного Саяна и Прибайкальских хребтов может оказывать влияние на деформацию волновых процессов в средней и верхней тропосфере, и, как следствие, характеристики ветрового режима и динамику верхнетропосферных струйных течений.

Анализ сезонных аномалий метеорологических полей на уровне тропопаузы в южных районах Иркутской области в период 2010–2021 гг. показал увеличение вклада меридиональных потоков северо-западного и северо-восточного направлений в январе и феврале на фоне усиления адвекции холода, юго-западных потоков в марте и апреле при увеличении вклада адвекции тепла. В летние месяцы на ветровой режим верхней тропосферы существенное влияние в исследуемом регионе оказывает рост повторяемости блокирующих процессов, в начале осени усиление зональности, а в октябре и ноябре высотного циклогенеза. В изменениях скорости ветра вблизи уровня тропопаузы отмечается усиление ветра весной и в середине лета, что следует учитывать при планировании полетов воздушных судов. В многолетней динамике выявлены тенденции смещения оси высотной фронтальной зоны и осей струйных течений к северу, что обуславливает их более частое влияние на условия пилотирования воздушных судов над территорией Иркутской области.

Климатические риски дождевых паводков на притоках Южного Байкала

В. Н. Синокович¹ (*sin@lin.irk.ru*)
И. В. Латышева², **В. Л. Макухин**¹

¹ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия;

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Байкальский регион представляет собой уникальную площадку для оценки влияния региональных и глобальных изменений климата на гидрологический режим оз. Байкал и его притоков. Особый интерес представляет исследование климатических рисков возникновения дождевых паводков на притоках Южного Байкала, стекающих с северного склона хребта Хамар-Дабан, где из-за сравнительно короткого периода формирования высоких уровней дождевых вод и нередко активного весеннего снеготаяния паводки могут приобретать прорывной характер и нередко сопровождаются сходом селей. Если ранее основной максимум атмосферных осадков в этом регионе приходился на вторую половину лета и был связан с активизацией циклогенеза над Монголией, то в последние годы он нередко смещен на начало лета, а в 2020 г. сильные и продолжительные осадки пришлись на середину сентября. В период с 11 по 15 сентября на южной оконечности оз. Байкал (ст. Байкальск) было зарегистрировано 1,9 нормы осадков, а на высокогорной станции Хамар-Дабан 1,4 нормы. Увеличение сумм сентябрьских осадков во многом способствовало наполнению оз. Байкал выше допустимого предельного уровня и увеличению сбросов через Иркутскую ГЭС, вызвавших подтопление отдельных хозяйственных объектов на островах в нижнем бьефе гидроузла. Синоптический анализ крупно- и мезомасштабных форм атмосферной циркуляции показал, что причиной положительных аномалий выпавших осадков явилось не только значительное углубление южного циклона, но и его стационарирование при развитии блокирующих процессов на западе и востоке. Среди метеорологических факторов следует отметить увеличение запасов влаги в почве во вторую половину лета при превышении сумм осадков климатической нормы и предшествующее их выпадению в сентябре аномальное тепло.

Численное моделирование одновременных изменений климата и газового состава атмосферы

С. П.Смышляев (*smyshl@rshu.ru*)

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

Наблюдающиеся в последние десятилетия изменения климата приводят не только к прямым эффектам, таким как глобальное потепление в приземном слое атмосферы, таяние льдов и повышение уровня мирового океана, но и сопутствующим косвенным эффектам, таким как охлаждение стратосферы, изменение зависящих от температуры скоростей химических реакций, определяющих газовый состав нижней и средней атмосферы, изменение атмосферного переноса тепла и массы. Непрямые эффекты изменения климата могут оказать нелинейное влияние на изменение качества воздуха в нижней атмосфере, газовый состав средней атмосферы, формирование и эволюцию атмосферных волн, влияющие на качество жизни населения, социальные условия и перспективы развития общества. В настоящей работе приводятся результаты теоретического исследования не-прямых эффектов изменения климата на основе численного моделирования и анализа результатов измерений с учетом нелинейных взаимодействий физических и химических процессов в атмосфере, возникающих в результате изменений климата и антропогенного влияния на окружающую среду.

Происходящее одновременно с изменением климата изменение содержания озона и других газов в стратосфере, влияет не только на уровень доходящей до земной поверхности ультрафиолетовой солнечной радиации, определяющей степень опасности облучения биосферы, но и на нагрев стратосферы, который определяет ее температуру и циркуляцию, а, следовательно, за счет взаимодействия стратосферы и тропосферы может оказать влияние и на динамику тропосферы и ее температурный режим. Для анализа прошлых, настоящих и будущих одновременных изменений температуры и газового состава нижней и средней атмосферы, с учетом их взаимодействия, в настоящей работе анализируются результаты расчетов с использованием химико-климатической модели (ХКМ) ИВМ РАН – РГГМУ, учитывающей обратные связи между изменениями климата и газового состава атмосферы.

По результатам выполненных численных экспериментов с ХКМ ИВМ РАН – РГГМУ приводятся количественные оценки особенностей влияния изменений климата на газовый состав и температуру тропосферы, стратосферы и мезосферы в тропических, средних и полярных широтах в прошлом (1979–2010 гг.), настоящем (2011–2020 гг.) и будущем (2021–2050 гг.) по сценариям изменения выбросов парниковых и химически активных газов IPCC и WMO/UNEP.

Влияние событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья на изменчивость биоклиматических показателей на черноморских курортах

А. А. Стефанович (*amazurenko@mail.ru*)

Е. Н. Воскресенская, А. С. Лубков

Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

Для Черноморского региона Южное Колебание (Эль-Ниньо и Ла-Нинья) вносит заметный вклад в изменчивость гидрометеорологических условий. Для обеспечения полноценного процесса оздоровления рекреантов важно иметь комплексную оценку типичной изменчивости климатических характеристик от года к году в конкретной географической местности, а также оценку вероятности наступления аномальных курортных условий. В работе проанализированы типичные для каждого месяца года биоклиматические показатели (эквивалентно-эффективная температура, весовое содержание кислорода в воздухе, индекс ветрового охлаждения) для курортных городов Крыма, а также закономерности изменения их аномальных (экстремальных) величин. Для выделения экстремальных величин был использован метод относительных порогов (5-й и 95-й процентиля). В качестве индикаторов глобальных климатических откликов использовались климатические индексы событий Эль-Ниньо (ЭН) и Ла-Нинья (ЛН) межгодового процесса Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК). Получены количественные оценки связи аномалий биоклиматических показателей для курортных местностей Крыма с процессами в системе океан-атмосфера. Было выявлено, что для разных типов событий присущ свой характер региональных откликов, вплоть до различия не только величин, но и знаков аномалий. Так при восточном типе ЛН в летние месяцы отмечаются более прохладные и комфортные по ощущениям погодные условия. Характер изменения аномалий при весенне-летнем восточном типе ЭН свидетельствует о более раннем начале курортного сезона, а также об увеличении его продолжительности.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-45-920063.

Оценка степени загрязнения снежного покрова на территории Иркутской области по данным спектрорадиометра MODIS

Е. Н. Сутырина (*ensut78@gmail.com*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия.

Состояние снежного покрова является индикатором уровня загрязнения атмосферного воздуха в зимний период года и позволяет определять распространение загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников. Динамика схода снежного покрова на спутниковых снимках несёт в себе полезную информацию о степени загрязнения снежного покрова. В рамках данной работы для выявления ареалов загрязнения снега на территории Иркутской области были использованы данные спектрорадиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) за 2000–2019 гг. В результате исследования были получены разновременные карты с отображением ареалов загрязнения снега вокруг населенных пунктов и транспортных магистралей на территории Иркутской области. Ареалы были зонированы по степени загрязнения снежного покрова. Дана оценка размеров ареалов загрязнения снега и изучена их динамика на территории Иркутской области за многолетний период.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ, проекты № 17-29-05045, № 20-45-380032.

Антициклоны и экстремальная температура воздуха как индикаторы риска изменения водных ресурсов в Севастопольском регионе

О. Ю. Сухонос (*okyu89@gmail.com*), **Е. Н. Воскресенская**

Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

Одним из факторов, определяющих уровень климатического риска изменения водных ресурсов, являются гидрометеорологические условия. Качественными индикаторами такого риска могут выступать антициклоническая активность и экстремальные температуры воздуха. Эти климатические характеристики способствуют установлению засушливых условий и, как следствие, низкой водности рек. Для территории Севастопольского региона характерны ограниченные запасы пресных водных ресурсов, которые формируются за счет трех основных рек: р. Черная, заключительные части рек Кача и Бельбек. В маловодный период на устьевых участках этих рек наблюдается пересыхание. В связи с этим проведен анализ параметров

антициклонов и экстремальных температур воздуха на территории Севастопольского региона по данным наблюдений и реанализов NCEP/NCAR, E-OBS за период 1951–2017 гг. Установлены основные закономерности климатических изменений рассматриваемых характеристик. Выявлены связи параметров антициклонов и экстремальных температур воздуха в регионе с крупномасштабными процессами в системе «океан-атмосфера». Показана определяющая роль последних в формировании межгодовых аномалий рассматриваемых климатических характеристик.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и в рамках научного проекта № 20-45-920015 и госзадания ИПТС (№ госрегистрации АААА-А19-119031490078-9).

Особенности эволюции аномалий характеристик верхнего слоя северо-восточной части Северной Атлантики в зимний период 2009–2012 гг.

П. А. Сухонос (*pasukhonis@mail.ru*)

Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

В зимние месяцы 2009–2012 гг. в Атлантико-Европейском регионе наблюдались суровые погодные условия. В частности, зима 2009–2010 гг. была одной из самых холодных зим в Западной Европе. Одной из причин сохранения условий с аномально низкими температурами воздуха зимой 2010–2011 гг. является повторное появление зимних аномалий температуры верхнего перемешанного слоя (ВПС) в северо-восточной части Северной Атлантики, сформировавшихся зимой 2009–2010 гг. Эволюция этих аномалий проанализирована в настоящей работе с использованием данных ре-анализов ORA-S3, GFDL, GODAS, GLORYS2V4 и объективных анализов Ishii, EN4.1.1. Контроль качества воспроизводимости межгодовых аномалий толщины ВПС в северо-восточной части Северной Атлантики показал согласованность данных ре-анализов ORA-S3 и GODAS в период с марта 2009 г. по ноябрь 2011 г. Наилучшее описание эволюции аномалий температуры в слое 10–550 м в 2010 г. получено для толщины ВПС из указанных массивов данных. На статистически значимом уровне установлено, что возникновение аномалии толщины ВПС зимой 2010–2011 гг. обусловлено условиями, сформированными в прошлый осенне-зимний период.

Данные получены и обработаны в рамках государственного задания (№ госрегистрации АААА-А19-119040490047-7); исследование региональных особенностей повторного появления аномалий толщины ВПС выполнено при поддержке гранта РНФ № 17-17-01295.

Современные климатические риски

Д. М. Фролов (*denisfrolov@mail.ru*)

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
Москва, Россия

В связи с происходящими в последние годы изменениями климата и согласно данным спутниковых наблюдений за площадью распространения морского льда в Арктике и Антарктике летний минимум площади морского льда в Арктике сокращается. В связи с увеличивающейся площадью открытой воды и испарением по данным некоторых исследований увеличиваются зимние температурные аномалии в Евразии и учащаются случаи сверх обильных снегопадов. Так, 2020 г., по данным метеорологических наблюдений, был одним из самых тёплых в Северном полушарии и по территории России. Летний минимум площади распространения морского льда в Российской Арктике был соответственно одним из самых минимальных и соответственно средние температуры января по России последующего 2021 г. были тоже одними из самых минимальных. Это сопровождалось необыкновенно обильными снегопадами. Подобные явления несут вред, опасности и социальные и экономические риски народному хозяйству тем, что хотя общий тепляющий фон в каких-то регионах сказывается положительно, но обильные снегопады и также возможное отепление и таяние многолетнемерзлых грунтов может вести, в том числе к потере устойчивости сооружений в регионах с многолетней мерзлотой. По разработанной расчётной схеме производится расчёт изменения глубины промерзания и протаивания грунта и толщины сезонно-талого слоя и влияния возможного отепления на устойчивость зданий и линейных сооружений в этих регионах.

**Результаты маршрутных измерений
газовых и аэрозольных примесей в атмосфере
юго-восточной части экологической зоны
Байкальской природной территории**

В. В. Цыдыпов (*tsydygov@inbox.ru*), **Г. С. Жамсуева**
А. С. Заяханов, **А. Л. Дементьева**, **Т. С. Бальжанов**
И. П. Сунграпова

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Загрязнение воздуха является одним из основных факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой. В работе представлены результаты маршрутных измерений газовых и аэрозольных примесей в атмосфере юго-восточной части экологической зоны Байкальской природной территории (БПТ) в летний период 2018–2019 гг. Измерения проводились в атмосфере береговой зоны с априорно разной степенью и характером антропогенной нагрузки: в 2018 г. по маршруту Култук – Турка; в 2019 г. по маршруту Турка – Монахово. Выявлен определенный контраст вариаций концентраций диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода в зависимости от направления и скорости ветра, а также от влияния местных локальных источников выброса. Анализ полученных данных измерений малых газовых примесей по всему маршруту показывает, что содержание диоксида серы в Баргузинском заливе в 3 раза выше по сравнению с данными, полученными в 2018 г. по маршруту Култук – Турка. Повышенное содержание аэрозолей и газовых примесей в местах массового отдыха свидетельствует о серьезности проблемы «дикого» туризма на Байкале, т. к. их содержание превышает содержание вредных веществ вблизи промышленных центров (Байкальск, Култук, Слюдянка, Бабушкин) от 3 и более раз. Высокое содержание SO_2 объясняется сложившейся погодной ситуацией, связанной с пожарами на больших лесных территориях. По данным спутниковых наблюдений MODIS и (<http://fires.kosmosnimki.ru>) летом 2019 г. наблюдались крупномасштабные лесные пожары в Иркутской области, Красноярском крае и Якутии, в результате смогом от лесных пожаров с конца июля была затянута вся акватория и побережье оз. Байкал.

Раздел 4

**Современные технологии
исследования
и прогнозирования атмосферы
и климата**

Section 4

**Modern Technologies
of Atmospheric and Climate
Research and Forecasting**

Анализ атмосферной динамики в периоды сильных землетрясений на территории Иркутской области

Jambajamts Lkhamjav ¹ (*jambajamts@num.edu.mn*)
И. В. Латышева ²

¹ National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Иркутская область – регион повышенной сейсмической активности, которая наглядно проявилась серией крупных землетрясений в сентябре 2020 г. и январе 2021 г. Согласно ранее выполненным исследованиям А. Д. Сытинским, В. Н. Боковым и другими авторами в качестве предвестников сильных землетрясений рассматриваются резкие изменения вихревой активности, связанные с прохождением глубоких циклонов или усилением антициклонов. Предложенная В. Н. Боковым гипотеза об усилении сейсмической активности в периоды увеличения повторяемости меридиональных форм атмосферной циркуляции вызывает интерес, поскольку описанные выше сейсмические события в Иркутской области и происходящие в 2021 г. на территории Монголии (оз. Хубсугул) действительно совпадают с усилением меридиональных процессов.

Для проверки достоверности данных гипотез начаты совместные исследования вариаций термобарических полей и динамики региональных атмосферных процессов на территории юга Иркутской области и Монголии по данным ежечасных наблюдений автоматических метеорологических станций, ежедневным синоптическим картам, выходным данным прогностических моделей и спутникового мониторинга за период с 1 сентября 2020 г. по настоящее время. Предварительный анализ показал, что сильные землетрясения в сентябре 2020 г. и январе 2021 г. характеризовались общими закономерностями в изменениях полей атмосферного давления, развитием локальных циклонических вихрей на фоне крупномасштабного антициклона, занимающего значительную площадь юга Восточной Сибири и Монголии. Кроме того, они неплохо согласуются с вариациями барического поля в периоды более ранних эпизодов повышенной сейсмической активности в Байкальском регионе.

Разработка нейросетевого метода краткосрочного прогнозирования осадков в Дальневосточном регионе

А. И. Андреев (*a.andreev@e-mail.com*)

М. О. Кучма, Н. И. Перерва

Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета», Хабаровск, Россия

Точный и своевременный прогноз опасных метеорологических явлений является одной из ключевых задач синоптической метеорологии. Одним из наиболее активно исследуемых направлений в этой области является разработка методов наукастинга, чему способствует усовершенствование измерительных приборов, развитие программно-вычислительных комплексов и алгоритмов. Наукастинг позволяет осуществлять краткосрочное прогнозирование с высоким пространственным (порядка 1 км) и временным (5–15 мин) разрешением. Большинство представленных в настоящее время алгоритмов наукастинга позволяют осуществлять прогноз заблаговременностью до 1–2 ч, однако используют при этом преимущественно данные наземных радиолокационных наблюдений, зона покрытия которыми неоднородна. В условиях отсутствия развитой сети подобных наблюдений на Дальнем Востоке России значительно возрастает роль информации, получаемой по данным геостационарных метеорологических космических аппаратов (КА).

В настоящей работе исследуется метод, позволяющий детектировать потенциально осадкообразующую облачность, производить оценку интенсивности осадков и осуществлять ее краткосрочное прогнозирование по данным КА Himawari-8. Метод основан на применении нейросетевого подхода в комбинации с алгоритмом оптического потока. Исходной информацией для разрабатываемой модели краткосрочного прогноза являются данные видимых (в дневное время суток) и инфракрасных каналов, цифровой модели рельефа, а также данные численных моделей прогноза. В настоящее время алгоритм находится в стадии разработки, в частности, рассматривается возможность комбинирования данных наземных и спутниковых наблюдений, а также исследуется влияние различной априорной информации на точность получаемых результатов.

Сравнения данных реанализа ERA5 по атмосферным осадкам с данными метеорологических станции на территории Монголии

Г. Ариунсолонго (*ariunsolongo19@gmail.com*)

Л. Жамбажамц, З. Мөнхцэцэг

Монгольский государственный университет, Улан-Батор, Монголия

Продукты глобального реанализа имеют широкое применение в гидрологии при недостаточности исходных данных. Формирование исходной информации для гидрологического моделирования на основе такого глобального реанализа требует предварительной проверки и анализа. Представлены результаты многолетнего сопоставления данных реанализа ERA-5 по атмосферным осадкам, полученным по натурным измерениям 12 метеорологических станций и скважин на территории Монголии в бассейне р. Туул. Полученные результаты показывает тесную корреляционную связь между среднегодовым количеством осадков и значениями уровней грунтовых вод данных реанализа с данными метеорологических станций.

О программном комплексе инфразвуковой станции ИСЗФ СО РАН

В. А. Добрынин (*dobrynin@iszf.irk.ru*)

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

В последнее несколько лет на инфразвуковой станции ИСЗФ СО РАН, расположенной на территории ГФО «Торы» в Тункинской долине (Республика Бурятия) активно реализуется концепция инфраструктуры «без проводов»: передача данных между удаленными пунктами станции производится по беспроводной радиосвязи (стандарт Wi-Fi), каждый выносной пункт оснащается автономным питанием (в идеале – собственной солнечной электростанцией), в каждом пункте устанавливается отдельное малопотребляющее устройство обработки и хранения данных, в качестве которого выбран микрокомпьютер Raspberry Pi с подключенной к нему по цифровой шине платой АЦП на базе микросхемы Texas Instruments ADS1256. Применение данного, не будем лукавить, бюджетного решения потребовало разработки собственного программного обеспечения, к настоящему моменту на языке Python написаны программа, реализующая аналого-цифровое преобразование («драйвер» для платы АЦП) и программ-визуализатор готовых данных. Однако сейчас стоит задача полностью освободить оператора станции от рутинных задач, к которым относятся поиск, идентификация и классификация низкочастотного атмосферного

события (вручную) и поручить их выполнение автоматике. Данная работа освещает технические, математические и программные решения, применяемые при разработке системы автоматического инфразвукового мониторинга.

Геоинформационная система «ГИС-Климат» для целей инженерно-строительных изысканий

О. Н. Дудина (*elianagarden@mail.ru*)

Филиал Российского государственного гидрометеорологического
университета в Туапсе, Туапсе, Россия

Современное строительство базируется на все более совершенных технологиях. Повышаются требования к профессионализму специалистов и к качеству используемых материалов. Важной задачей является определение климатических параметров и особенностей районов инженерных изысканий. Для её решения предлагается программа «ГИС-Климат», помогающая инженерам и проектировщикам в составлении проектов и выборе необходимых материалов для их реализации. Сейчас климатические данные по Краснодарскому краю получают путем их запроса в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Приходится пользоваться продолжительной и дорогостоящей услугой, но без достоверных значений многие проектные решения не проходят экспертизу. В то же время «ГИС-Климат» будет востребована как более бюджетная и информативная база данных. Геоинформационная система решает задачу сбора и обобщения климатических данных. Формируется архив экстремальных температур и явлений в городах Краснодарского края за последние 5 лет. В дальнейшем при успешной реализации базу данных можно расширить по всей территории страны. Это даст большой толчок в интересах проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Проект можно расширить не только по территориям разных регионов, но и по интервалу времени для запросов. Например, будет подготавливаться информация за последние 10 лет. Программа достаточно проста с точки зрения её понимания, обладает большим спектром возможностей, а также выгодна и удобна потребителю.

Новая модификация автономной метеостанции АрктикМетео

В. А. Корольков, А. А. Кобзев (*kaa@imces.ru*)
А. А. Тихомиров

Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

Представлено описание созданного экспериментального образца автоматической метеостанции (АМС) АрктикМетео, которая предназначена для работы на удаленных и труднодоступных территориях со сложными климатическими условиями и обеспечивает измерение метеорологических величин, входящих в основной перечень Росгидромета: температура воздуха, скорость и направление ветра, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, температура подстилающей поверхности и количество жидких атмосферных осадков. Кроме этого, АМС измеряет ряд метеовеличин дополнительного перечня: высота снежного покрова, величина приходящей солнечной радиации и профиль температуры почвы. Сигналы с датчиков, измеряющих метеорологические величины, поступают в систему сбора, усвоения и передачи данных, которая пакетирует их соответствующим образом и передает их на хранение на внешний сервер. Передача измерительной информации осуществляется по кабельному каналу, каналам сотовой и спутниковой связи и производится в автоматическом режиме с периодом, устанавливаемым пользователем, либо в режиме «по запросу пользователя». Автономность работы АМС в течение до 1 года обеспечивается комбинированной системой электропитания, которая включает: аккумуляторы, солнечные панели и генератор на топливных элементах (метанол). В состав АМС также входят сервисные системы, обеспечивающие в автоматическом режиме непрерывный контроль функционирования датчиков измерения метеорологических величин и их автоматической калибровки. Конфигурация АМС обеспечивает вандалозащищенность ее конструкции. Представлены результаты натурных испытаний АМС, проводимых в течение более года на базе Геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН.

Условная верификация краткосрочных прогнозов температуры воздуха в Пермском крае

С. В. Костарев ¹ (*kostarevsergo@yandex.ru*), И. Н. Русин ²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова
Санкт-Петербург, Россия.

Исследована возможность условной верификации краткосрочных прогнозов температуры воздуха по моделям GFS (NCEP, США) и GEM (СМС, Канада) в Пермском крае с использованием автоматизированной типизации синоптических процессов на основе метода корреляций полей приземного давления. Для летнего и зимнего сезона выделено по 10 типов синоптических ситуаций, характеризующих многообразие полей давления над регионом исследования. Определены средняя абсолютная и систематическая ошибка прогнозов с заблаговременностью до 24 ч с учетом типа синоптической ситуации за 2018–2020 гг. Установлено, что летом наиболее высокое качество прогнозов по обоим моделям наблюдается при нахождении Пермского края в тылу циклона с центром над севером Западной Сибири. Наименее успешные прогнозы характерны для близости центра антициклона над Зауральем: средняя абсолютная ошибка моделей GFS и GEM ночью достигает 2,2 и 1,8° соответственно. Зимой прогнозы по обоим моделям наиболее успешны, когда Пермский край находится на периферии гребня Сибирского антициклона, расположенного над Южным Уралом. Для модели GFS зимой выявлено ухудшение качества прогнозов, выражающееся в увеличении средней абсолютной ошибки до 2,1° и средней систематической ошибки до $-1,4^\circ$ ночью в случае, когда Пермский край расположен в зоне значительных барических градиентов между антициклоном над Казахстаном и ложбиной над севером Европейской территории России. Выявленные особенности распределения ошибок по типам синоптических ситуаций могут быть полезны для постпроцессинга моделей и оперативного прогнозирования.

Сравнительный анализ высоты снежного покрова по данным стационарных и ландшафтно-маршрутных наблюдений в Пермском крае

А. Д. Крючков (*Candy55man@ya.ru*)

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия

В статье приведены результаты сравнения значений высоты снежного покрова, полученных при наблюдениях на метеорологических станциях с помощью стационарных снегомерных реек и в ходе ландшафтно-маршрутных измерений. Использованы данные 24 метеостанций Пермского края за период 2010–2020 гг. Сопоставление высоты снега производилось для значений, которые были получены в дни проведения маршрутных снегоъемок. Были рассчитаны средние значения отклонений маршрутных наблюдений от стационарных и статистические характеристики (коэффициенты корреляции, среднеквадратическая ошибка) отдельно по годам и за весь исследуемый период за исключением отрезков времени с отсутствием снега. Показано, что для станций с полевым маршрутом среднегодовое значение отклонения не превышает 5 см в 70 % случаев, при этом в отдельные годы в данных пунктах наблюдаются как положительные, так и отрицательные величины расхождений. Разница между станцией и лесным маршрутом меньше 5 см в 43 %, а для пунктов наблюдений и с полевым и с лесным маршрутами – в 70 и 60 % случаев соответственно. Для станций с превышением 5 см вне зависимости от вида изучаемого ландшафта характерны отрицательные значения отклонений. Исключение составляет станция Березники, где наблюдается положительная среднегодовая разница (6,4 см) между станцией и полевым маршрутом. Стоит отметить, что характеристики снежного покрова, полученные на станциях Лысьва и Кын, ввиду близкого положения данных пунктов и больших значений отклонений требуют дополнительного изучения.

Сравнительный анализ опасных явлений погоды на аэродромах Иркутск и Иркутск-2

Линникова С. А. (svetlanchik.g@bk.ru)^{1,2}, Олемской С. В.^{2,3}

¹ Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», Иркутск, Россия

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

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

Приоритетной задачей метеорологического обеспечения полетов является изучение и анализ причин возникновения опасных явлений погоды для авиации. В г. Иркутске имеется интересная возможность провести сравнение статистических характеристик опасных явлений погоды на примере двух аэродромов, которые расположены в разных частях города и соответственно подвержены влиянию разных условий орографии. Учитывая господствующие ветры северо-западного направления, ориентированные по долине р. Ангары, аэродром Иркутск-2 часто оказывается на наветренной стороне города, а аэродром Иркутск в его подветренной части. Оказалось, что на подветренной части г. Иркутска грозы в период 2005–2019 гг. отмечались чаще, чем на наветренной стороне. Причиной может быть большее влияние на подветренной стороне локального острова тепла при смещении облачности над городом, а также более расчлененного рельефа. Наиболее интересные сезонные различия были выявлены в многолетнем режиме туманов. На аэродроме Иркутск-2 их оказалось больше и их максимум приходится на январь, что связано с увеличением вклада радиационных факторов выхолаживания в образовании туманов охлаждения, тогда как на аэродроме Иркутск основной максимум числа дней с туманом приходится на август и связан с увеличением вклада выносных туманов с Иркутского водохранилища. При общем характере годового распределения числа дней с дымкой их оказалось больше на наветренной части города, что можно объяснить большим влиянием выбросов продуктов сгорания в зимние месяцы от частного сектора. Таким образом, даже на территории одного города метеорологические условия пилотирования воздушных судов могут существенно различаться, что указывает на существенный вклад рельефа в развитии атмосферных процессов.

Применение статистических моделей нестационарного среднего для выявления изменений климата

В. А. Лобанов¹ (*lobanov@EL6309.spb.edu*)
Мами Магбини Токпа¹, **А. А. Григорьева**²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

²Якутское УГМС, Якутск, Россия

Рассматриваются два вида моделей нестационарного среднего для равновесной и неравновесной климатической системы, причем неравновесной системе соответствует модель ступенчатых переходов от одного стационарного режима к другому. Показаны проблемы исследования изменений климата в зависимости от интервала времени и масштаба пространства. Климат за всю историю атмосферы Земли не оставался постоянным и изменялся в зависимости от внешних и внутренних факторов. Данные ледяных кернов подтверждают неравновесность климатической системы и правомерность триггерного механизма. Динамика современного изменения климата также оказывается разной в зависимости от рассматриваемого пространственного масштаба: для глобальной температуры – это монотонный тренд роста, для региональных климатических характеристик – ступенчатые переходы от одних стационарных состояний к другим. Для севера Восточного полушария причиной является резкое усиление Северо-Атлантического колебания в конце 1980-х гг.

Спутниковый анализ активности полярных мезовихрей в Баренцевом море за 2010–2020 гг.

В. О. Лопуха (*volopukha@yandex.ru*)

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

В связи с активным освоением арктического региона, особенно его российской части, своевременное обнаружение и мониторинг полярных мезовихрей становятся одной из наиболее актуальных задач, поскольку сопровождающие их циклогенез, резкое ухудшение условий погоды и опасные явления, могут нанести существенный урон научно-исследовательским станциям, нефте- и газодобывающим платформам, находящимся в акватории арктических морей и т. д.

Размер полярных циклонов варьируется от 100 до 1000 км. Мезомасштабные циклоны из-за малого размера трудно обнаружить в поле давле-

ния. Для полярных циклонов характерен короткий срок жизни, в среднем от нескольких часов до 3 суток, дольше они могут продолжать свое существование при условиях малоподвижности и нахождения над водной поверхностью.

Использование мультиспектральных данных ежедневной съемки с нескольких спутниковых платформ (MODIS Aqua, MODIS Terra) позволяет определить местонахождение полярного циклона с временным интервалом до 2–3 часов, независимо от условий солнечного освещения. В ходе данной работы были проанализированы сезонная и межгодовая изменчивость активности полярных мезовихрей в акватории Баренцева моря за период 2010–2020 гг., а также построены и исследованы траектории их перемещений.

Изучение мезомасштабной структуры приземного слоя атмосферы побережья оз. Байкал

П. А. Найденов (*pavel_one@rambler.ru*)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Озеро Байкал представляет интерес для исследований мезомасштабных процессов, которые имеют значительные сезонные и пространственные различия. В настоящее время, когда гидрологический режим озера характеризуется увеличением продолжительности маловодных и многоводных периодов, а климатический — увеличением повторяемости аномалий в прибрежной зоне, актуальность мезомасштабных исследований особенно важна. Для исследования локальных особенностей бризовой циркуляции озера Байкал был использован метод зондирования нижнего пограничного слоя тропосферы с разработкой авторской методики получения данных с помощью автоматических датчиков температуры и влажности воздуха. На основе выполненных наблюдений в южной и средней части оз. Байкал впервые получены вертикальные профили температурно-влажностного режима, которые позволяют оценивать не только характер стратификации приземного слоя атмосферы, но и наличие адвективной составляющей в характеристиках ветра, косвенно оценивать интенсивность вертикальных движений, сдвиговую составляющую ветра, наличие и интенсивность приземных инверсий температур. Оказалось, что на достаточно коротких временных интервалах изменчивость метеорологических величин может быть очень значительной не только при прохождении хорошо выраженных атмосферных фронтов, но и при развитии термической неустойчивости в холодный период года над южной оконечностью оз. Байкал. Возможно, такие короткопериодные вариации метеорологических величин могут сказаться на развитии локальных циркуляций, что требует более детального исследования в дальнейшем.

Термодинамический анализ характеристик тропосферы при возникновении продолжительной метели в районе аэродрома Иркутск

М. Н. Обухова¹ (*mari2786@yandex.ru*), **И. В. Латышева**^{1,2}

¹Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Метели – явление, представляющее опасность для различных видов транспорта из-за резкого и нередко продолжительного ухудшения горизонтальной дальности видимости. В последние годы в связи с общей тенденцией ослабления ветра в южных районах Иркутской области метели отмечались сравнительно редко по отношению к многолетним показателям. Так, в районе г. Иркутска за 10-летний период было зарегистрировано 54 случая с метелями, причем в основном непродолжительного характера. Однако в 2020 и 2021 гг. синоптическая ситуация характеризовалась более благоприятными факторами усиления ветра не только у поверхности Земли, но и в значительной толще тропосферы. В частности, на это указывает увеличение повторяемости случаев прохождения через районы прогнозирования осей высотных фронтальных зон и струйных течений при развитии меридиональности крупномасштабных форм атмосферной циркуляции.

Одним из случаев влияния метелей на взлет и посадку воздушных судов явилось продолжительное (более 8 ч) ухудшение видимости, наблюдавшееся на аэродроме Иркутск 13 марта 2021 г. Среди факторов большой интенсивности и продолжительности опасного явления погоды для авиации были выделены адвективно-динамические факторы увеличения барических градиентов при усилении нисходящих потоков на высотах на циклональной стороне верхнетропосферного струйного течения, усиление мезоструи в нижней и средней тропосфере при усилении антициклогенеза на высоте 1,5 км и цикло- и фронтогенеза в слое 3–5 км, наличие вертикальных сдвигов ветра и резкое изменение уровней термической и динамической тропопаузы.

Характеристики грозовых кластеров для Байкальской природной территории за 2012–2018 гг.

И. Д. Ткачев¹ (tid007@iszf.irk.ru)
Р. В. Васильев^{1,2}, Е. П. Белоусова^{1,2}

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

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Прогноз экстремальных погодных явлений, связанных с развитием конвективной неустойчивости в атмосфере, до настоящего времени остается актуальным в связи с проблемой глобального изменения климата. Образование гроз и ливней является результатом сложного взаимодействия атмосферных процессов с подстилающей поверхностью. Несмотря на довольно развитую сеть метеорологических станций, оснащённых современным оборудованием, текущий уровень прогнозирования таких опасных явлений, как грозы до сих пор остается на 50–70 % уровне оправдываемости. Горизонтальные размеры конвективных зон во много раз меньше расстояния между станциями, на которых они регистрируются. Покрытие поверхности Земли (как планеты) наблюдательными станциями далеко от равномерного. Использование и развитие сети грозопеленгационных станций, как для проведения научных исследований, так и для решения практических задач мониторинга и предупреждения опасных явлений, связанных с разрядами атмосферного электричества и интенсивными осадками в районах с недостаточным количеством метеорологических станций является перспективным средством для мониторинга байкальской природной территории. В данной работе проводится кластерный анализ грозовых ячеек по данным сети ВЕРЕЯ–МР с целью определения основных грозовых очагов на Байкальской природной территории, их характеристик, а также для выявления оптимального местоположения новых грозопеленгационных станций.

Работа выполнена в рамках Крупного проекта Министерства науки высшего образования «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» (грант № 13.1902.21.0033).

Применение спутниковой съемки в каналах водяного пара при анализе условий формирования невидимых орографических волн

Н. В. Федосеева (*fednat@mail.ru*)

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

Горные волны являются одним из самых опасных для авиации явлений, особенно при их формировании в условиях недостаточной влажности из-за их сопряженности с турбулентностью ясного неба. Спутниковая съемка в каналах, расположенных в вибрационно-вращательной полосе поглощения водяного пара в дальней инфракрасной части спектра, является универсальным инструментом для обнаружения орографических гравитационных волн даже в условиях отсутствия волнистообразной облачности. Причем, использование каналов, расположенных в центре и на границах полосы поглощения, позволяет дешифровать невидимые волны, формирующиеся на разных уровнях в тропосфере. Это позволило создать архив из 52 случаев образования невидимых гравитационных волн в горных массивах Европы и Северной Африки.

Детальный синоптический анализ позволил определить, что орографические волны данного типа формируются при прохождении высотной фронтальной зоны над горным массивом на фоне мощного узконаправленного вторжения холодных воздушных масс. При этом большинство волн наблюдаются на южной стороне высотной фронтальной зоны. Следует также отметить, что зона формирования орографических волн находится на границе двух обширных барических образований противоположного типа. Полученные результаты можно использовать в качестве фонового предиктора формирования гравитационных волн с подветренной стороны орографических препятствий.

Вертикальная структура северной периферии монгольских циклонов над южными районами Прибайкалья

Е. А. Швецова¹ (*evgeniya.shvetsova@mail.ru*), **И. В. Латышева**^{1,2}

¹Иркутский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Резкие изменения погодных условий на территории Прибайкалья чаще всего связаны с прохождением атмосферных фронтов либо влиянием холодной неустойчивой воздушной массы на восточной периферии антициклонов. Прибайкалье входит в число регионов, где существенный вклад в аномальность метеорологических полей вносят южные циклоны, которые образуются в Монголии. Погодные условия северной периферии таких циклонов чаще всего наблюдаются на юге Прибайкалья, когда циклоны находятся в стадии молодого барического образования или максимального развития. Однако именно северная периферия южных циклонов не исследована и практически не отражена в литературе.

Как показало исследование, погодные условия северной периферии монгольских циклонов определяются взаимодействием теплого сухого воздуха в термическом гребне, ориентированном с Монголии, южных районов Сибири и Казахстана, и холодного потенциально неустойчивого воздуха средней и верхней тропосферы, вовлекаемого в циклон с севера и северо-востока в передней части высотной макроложины. Кроме того, условия развития облачности и интенсивность выпадения фронтальных осадков зависят от термодинамических свойств опускающихся в области высотной конвергенции потоков в тыловой части высотного циклона с центром над севером Сибири. Анализ повторяемости северной периферии монгольских циклонов над Прибайкальем показал, что чаще всего такие ситуации в период 2015–2020 гг. отмечались весной (~45 %) и летом (~30 %), реже зимой (~15 %) и осенью (~10 %). Формирование облачности на северной периферии монгольских циклонов хорошо согласуется с расположением зоны минимальных дефицитов влаги в средней тропосфере, конвергенции потоков вдоль оси ложбины в нижней тропосфере, динамически значимой высотной фронтальной зоной и струйным течением на АТ-500 гПа.

Раздел 5

**Физика и динамика атмосферы.
Процессы и взаимодействие
верхней, средней и нижней
атмосферы**

Section 5

**Physics and Dynamics
of the Atmosphere. Processes and
Interaction of the Upper, Middle
and Lower Atmospheres**

Numerical Simulation for Thunderstorm Cases Over the Ulaanbaatar Area

Ganbold Boldbaatar (*batbold9909@gmail.com*), **Jambajamts Lkhamjav**

National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

This study is concerned with the main mechanisms of thunderstorm over the Central Mongolia and the characteristics of the responsible synoptic systems. The study fields used for the synoptic-scale analysis are taken from datasets of the six-hourly ECMWF/ERA reanalysis data with 0.75×0.75 resolution. In this study, the Weather Research and Forecasting (WRF) modeling system was used to simulate five thunderstorm cases in 2019. As shown in several case studies using the Weather Research and Forecasting (WRF) model with double moment microphysics scheme the National Severe Storms Laboratory (NSSL). The performance of the model is verified with the surface meteorological AWS observations from National Agency Meteorology and Environment Monitoring (NAMEM), Mongolia Also, used lightning alerting data used from local observation point of Global Lightning Dataset (GLD360) network. The synoptic processes that contribute to the formation of thunderstorms represent a convergence lines associated with frontogenesis and cyclogenesis over Central Mongolia. This study shows that our simulation results for prediction of thunderstorm with reasonable accuracy.

Statistical Analysis of fog Near the Buyant-Ukhaa Airdrome

Badamkhand Tserennadmid (*badamkhand.num@gmail.com*)

Jambajamts Lkhamjav (*jambajamts@num.edu.mn*)

National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

Fog is production of thermodynamical phase transition for water vapor and droplet at the near of surface. Therefore, water droplets or ice crystals formed accumulating at the near of surface, it usually lowers visibility. There are two types of water, also three phases of water when temperature is minus in the fog. In our country, fog has a strong effect on the takeoff and landing of an airplane therefore the method of predicting fog is very important. A total of 96 cases of fog from 1990–2020 measurements near the Buyant Ukhaa airdrome are examined in this study. All the cases are classified into evaporation, mixing, cooling (radiation and advection), frontal, and origin of the fogs were studied. The annual trend was created based on the number of fog cases, and statistical analysis and variance analysis were performed on all cases data.

Влияние циркуляции атмосферы на экстремальную температуру воздуха на Северо-Западе России

Е. Г. Алексеева (*E.Alekseeva-rshu@yandex.ru*), **О. Г. Анискина**

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

Анализируются крупные аномалии температуры воздуха на Северо-Западе Российской Федерации, рассматривается их связь с циркуляцией в стратосфере. Рассмотрена повторяемость аномалий тепла и холода в зимние месяцы за период 1951–2018 гг., их продолжительность и интенсивность. Выявлены регионы со значительными аномалиями тепла и холода. Исследована тенденция изменения аномалий температуры воздуха за последние десятилетия. Проанализирована изменчивость аномалий температуры воздуха в периоды различного состояния климата. Проведён корреляционный анализ аномалий температуры воздуха на Северо-Западе Российской Федерации с характеристиками циркумполярного вихря, Северной кольцевой моды и потоком волновой активности в системе тропосфера-стратосфера.

Динамика высоты тропопаузы над Центральной Якутией по данным радиозондирования атмосферы в 2020 г.

М. С. Васильев (*vms_1984@mail.ru*)

Институт космофизических исследований
и аэронавтики им. Ю. Г. Шафера СО РАН – обособленное подразделение
ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, Россия
Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия

В работе приведены результаты анализа подекадной динамики высоты тропопаузы над Центральной Якутией за период январь – декабрь 2020 г. Использована база данных лаборатории глобальных систем (GSL, ESRL/NOAA) по радиозондированию атмосферы и локальному времени 12:00 часов – ст. Якутск (62.08N, 129.75E, 103 м над у. м., индекс ВМО – 24959). Выявлены «условные» границы высот тропопаузы (м) с определением направления (градус) и скорости ветра (м/с), а также средние значения температуры тропосферы (Тер. тропосферы – до границы высоты тропопаузы).

Изменчивость вертикальных профилей температуры над некоторыми регионами Якутии

Е. В. Винокурова (*katekaulitz483@mail.ru*), **О. Г. Анискина**

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург, Россия

По данным измерений на аэрологических станциях Якутск, Алдан и Чокурдах за период 2016–2020 гг. проанализирована изменчивость вертикального распределения температуры воздуха в слое от поверхности Земли до 30 км. Исследованы особенности вертикальной термической структуры атмосферы в разных регионах Якутии. Проанализирована устойчивость атмосферы и наличие инверсий в нижнем слое атмосферы в зависимости от сезона и региона исследований. Показана связь вертикальных профилей температуры в Якутии с внезапными стратосферными потеплениями.

Анализ наземных и спутниковых измерений среднегодовой приземной температуры воздуха

А. Е. Вольвач (*vo4057400@gmail.com*), **Г. С. Курбасова**

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Краснодар, Россия

Проведен анализ среднегодовой приземной температуры воздуха на интервале 1980–2020 гг. в пункте Краснодар по данным наземных (Мировой центр данных) и космических (проект POWER) измерений. Сопоставление данных показало, что расхождения в наземных и космических измерениях приземной температуры воздуха до 1990 г. не превышают погрешности данных ($s = \pm 0,7$ °C). После 1990 г. наблюдаются наиболее значимые кратковременные расхождения в 2014 г. (-1,12 °C) и 2016 г. (1,33 °C). Анализ вычисленного по моделям прогноза приземной среднегодовой температуры на 1918–2020 гг. указывает на постепенное снижение среднегодовой температуры даже при наличии кратковременных импульсов её повышения.

Оценка частоты девиации в спектре мерцаний фазы с помощью аналитической модели

Е. И. Данильчук ¹ (*danilchuk.k@mail.ru*), В. В. Демьянов ^{1,2}

¹ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия;

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

Определено аналитическое описание модели фазы несущей сигналов навигационных спутников для оценки границы между слабыми ионосферными событиями и неинформационными шумами, которая называется частота девиации. Модель позволяет провести предварительные исследования зависимости частоты девиации в спектре мерцаний фазы от параметров ионосферы и аппаратных шумов измерений фазы. Показано, что рост масштаба френелевских неоднородностей ведет к увеличению частоты девиации до некоторого предела. В свою очередь, предел возрастания частоты девиации находится в зависимости от интенсивности неоднородности: чем ниже интенсивность, тем меньше и предельный масштаб неоднородности, до которого происходит это возрастание. Полученные результаты могут оказаться полезными для оценки потенциальной чувствительности методов радиозондирования ионосферы по сигналам космических аппаратов.

Вертикальная структура низкочастотных колебаний стратомезосферы

Н. С. Домбровская ¹ (*ndombrovskaya@inbox.ru*)

В. И. Мордвинов ¹, О. С. Зоркальцева ^{1,2}

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

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Анализ пространственной структуры вариаций зонально-усредненных параметров стратомезосферы позволил выделить моду, развивающуюся над большей частью Северного полушария. В данной работе основной акцент сделан на исследование вертикальной и горизонтальной структуры низкочастотных колебаний, связанных с этой модой. Для анализа был использован метод одноточечных корреляций со сдвигом во времени. Рассмотрены колебания, распространяющиеся из тропосферы в более высокие слои и из стратомезосферы в тропосферу. Низкочастотные колебания, возникающие в тропосфере, слабо проникают в стратомезосферу. Возмущения, развивающиеся в стратомезосфере можно проследить в верхней части тропосферы. На верхних уровнях они имеют характерную форму спиралей, вытянутых с северо-востока на юго-запад.

Модификация состояния нижнего слоя атмосферы во время прохождения мезомасштабного конвективного комплекса

В. А. Жукова ¹ (*jukowa.vera2017@yandex.ru*)

К. Н. Пустовалов ^{1,2}, **Н. П. Красненко** ^{1,3}

¹Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск, Россия

³Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, Томск, Россия

В работе представлена пространственно-временная изменчивость температуры нижнего слоя атмосферы во время прохождения мезомасштабного конвективного комплекса на примере г. Томска. Исследование проводилось в двух пунктах измерения – территория ИМКЭС СО РАН и п. Аникино. Для оценки изменения конвективной неустойчивости в пункте исследования использовался показатель термической стратификации – вертикальный градиент температуры.

Отчего Земля ускоряет свое вращение

Л. В. Зотов ^{1,2} (*wolftempus@gmail.com*)

О. В. Марчукова ³, **К. Бизуар** ⁴, **Н. С. Сидоренков** ⁵

¹ Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга,
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Москва, Россия

² Московский институт электроники и математики, Национальный
исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

³ Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

⁴ Служба вращения Земли, Парижская обсерватория

⁵ Гидрометцентр России, Москва, Россия

2020 год признан научным климатическим сообществом одним из самых жарких на планете в последние десятилетия. Одновременно с этим наблюдалось аномальное ускорение во вращении Земли. Продолжительность суток – LOD достигла минимума. Это может привести к необходимости вычесть секунду из шкалы времени UTC. Интересно понять, почему, начиная с 2016 г., вращение Земли стало ускоряться. На скорость вращения Земли влияют процессы в океане, атмосфере, недрах, приводящие к обмену угловым моментом между оболочками, а также приливы, меняющие фигуру Земли и ее тензор инерции. Если приливные и атмосферные явления сказываются на годовых и внутригодовых интервалах, то много-

летние колебания происходят под действием океанической изменчивости и процессов в недрах. Известно, что колебания в океане и атмосфере, такие как Эль-Ниньо – Южное колебание, Многолетнее атлантическое колебание и др. сказываются на вращении планеты и движении полюса [1; 2]. Они также затрагивают климат. Нам хотелось бы привлечь внимание к Южному колебанию и чередованию Эль-Ниньо/Ла-Нинья. Замечено, что сильные явления Эль-Ниньо 1972–73, 1997–98, 2015–16 гг. приходятся на пик замедления вращения Земли, после которого происходит переход к ускорению. Особенно интересен разворот, случившийся в 2016 г. и приведший к тому, что в 2020 г. достигнуты рекордно малые величины продолжительности суток. 29 октября 2020 г. Кроме того, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) сообщила на своем официальном сайте, что в 2020 г. возникло явление Ла-Нинья, которое по прогностическим оценкам продлится до весны 2021 г. Эксперты ВМО считают, что это одно из самых интенсивных Ла-Нинья за последние 30 лет наблюдений. В докладе будет проведено сравнение климатических факторов, многолетних процессов в океане и вращения Земли. Мы попытаемся вывести некоторые закономерности из повторения вышеперечисленных событий.

Работа выполнялась при поддержке «НИУ ВШЭ НУГ»; Группа оперативного геомониторинга № 20-04-033 и Китайского гранта по современной геодезии и геодинимике NSFC N.B17033.

Литература

1. Зотов Л. В. Геофизические процессы и вращение Земли : дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2019.
2. Marchukova O. V., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S. Diagnostics of the La Niña events in 1900–2018 // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020. Vol. 606 P. 012036.

Влияние высокоэнергичных протонов на кинетику молекулярных азота и кислорода в средней атмосфере Земли

**А. С. Кириллов (kirillov@pgia.ru), В. Б. Балаховский,
Е. А. Маурчев, Ю. В. Балабин, А. В. Германенко
Б. Б. Гвоздевский**

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Атмосфера Земли на 99 % состоит из азота и кислорода, поэтому спектры свечения атмосферы содержат множество полос азота и кислорода. Ранее в предыдущих работах проводились расчеты профилей скоростей свечения полос первой (1PG) и второй положительных (2PG) систем полос молекулярного азота, обусловленных спонтанными излучательными переходами между электронно-возбужденными состояниями, на разных высо-

тах верхней и средней атмосферы во время вторжения в атмосферу высокоэнергичных электронов.

В настоящей работе рассмотрена кинетика триплетных ($A^3\Sigma_u^+$, $B^3\Pi_g$, $W^3\Delta_u$, $V^3\Sigma_u^-$, $C^3\Pi_u$) состояний молекулярного азота и синглетных ($a^1\Delta_g$, $b^1\Sigma_g^+$) состояний молекулярного кислорода в средней атмосфере во время вторжения высокоэнергичных протонов. Впервые рассмотрена кинетика синглетных состояний O_2 на высотах средней атмосферы как с учетом прямого возбуждения высокоэнергичными протонами и возникающими от них вторичными электронами, так и с учетом процессов переноса электронного возбуждения с метастабильного молекулярного азота $N_2(A^3\Sigma_u^+, v=0)$ на состояния Герцберга O_2 и перераспределения энергии возбуждения между колебательными уровнями синглетных состояний при неупругих молекулярных столкновениях. Показано, что доминирующий вклад в возбуждение $O_2(a^1\Delta_g)$ и $O_2(b^1\Sigma_g^+)$ вносят процессы прямого электронного возбуждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект 18-77-10018).

Моделирование воздействия солнечной активности на глобальные волны и общую циркуляцию атмосферы

**А. В. Коваль¹, Н. М. Гаврилов¹
А. И. Погорельцев^{1,2}, Т. С. Ермакова^{1,2}**

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия;

²Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Россия

Изменения приходящей солнечной радиации, обусловленные циклическими изменениями солнечной активности (СА), влияют на термическую структуру атмосферы и изменяют условия распространения и отражения волн в ее различных слоях. Атмосферные возмущения глобального масштаба, такие как планетарные волны (ПВ), играют существенную роль в формировании общей циркуляции атмосферы, оказывая влияние на ее динамический и тепловой режим. Используя численное моделирование общей атмосферной циркуляции, получены статистически достоверные свидетельства того, что изменения СА в термосфере на высотах более 100 км могут влиять на условия распространения и отражения ПВ, способствуя изменению циркуляции средней атмосферы. Используется численная механистическая модель средней и верхней атмосферы (МСВА), позволяющая воспроизводить атмосферную циркуляцию и структуры ПВ на высотах 0–300 км. Для улучшения статистической значимости получены ан-

самбли модельных прогонов, соответствующие низкой и высокой СА. Результаты, усредненные по этим ансамблям, показывают, что воздействие СА на высоте более 100 км может значительно изменять поля среднего зонального ветра и температуры на высотах ниже 100 км. Основным механизмом этих изменений являются обмен энергией и моментом импульса между ПВ и средним потоком. Показано, что статистически значимые изменения скорости зонального ветра, связанные с изменением СА на высоте более 100 км, могут достигать в отдельных слоях средней атмосферы 10–15 %.

**Регистрация усиления красной эмиссии
атомарного кислорода в свечении ночного неба
во время запуска тяжелой ракеты с космодрома
«Восточный»**

**С. В. Николашкин (*nikolashkin@ikfia.ysn.ru*)
И. И. Колтовской, С. Г. Парников, С. В. Титов**

Институт космофизических исследований и аэронауки
им. Ю. Г. Шафера СО РАН, Якутский научный центр СО РАН
Якутск, Россия

Во время запуска ракеты «Союз» 18 декабря 2020 г. в 15:26 мск с космодрома «Восточный» нами были проведены наблюдения на монохроматической камере всего неба на оптическом полигоне «Маймага». Для наблюдений использовалась камера KeoSentry с интерференционными фильтрами на 630,0 557,7 и 620,0 нм (континуум). Режим съемки был установлен с экспозицией 20 секунд с полным оборотом всех фильтров за 1 минуту. Во время наблюдений отмечалась тонкая облачность.

Во время пролета ракеты зенита станции «Маймага» на канале 630,0 нм была зарегистрирована светящаяся полоса вдоль траектории полета. При этом, на других каналах этого свечения не было. Интенсивность данной полосы в зените составляла ~25 Рэлей. Данная полоса просуществовала около 30 минут до полного сноса ветром с поля зрения камеры на восток. По оценкам дрейфа полосы, скорость ветра на высоте свечения составляла ~130 м/с. Скорость диффузии составляла ~250 м/с. Зенит станции ракета проходит с работающим двигателем 3-й ступени на высоте примерно 160 км со скоростью около 5,5 км/с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-45-140034 p_a.

Оценка мезомасштабных конвективных комплексов над югом Западной Сибири

Т. С. Кошикова¹ (*tkoshikova@gmail.com*)
К. Н. Пустовалов^{1,2}, **В. А. Жукова**¹

¹ Институт мониторинга климатических и экологических систем
СО РАН, Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск, Россия

В работе оценены основные характеристики, описывающие мезомасштабные конвективные комплексы (МКК) за период 2010–2019 гг. Исследование проводилось на основе 462 случаев прохождения МКК над югом Западной Сибири. В результате проведенного анализа отмечены тренды повышения влагосодержания, и размера облачных частиц, что может являться индикатором роста энергетики процесса. Вследствие этого происходит увеличение повторяемости опасных явлений. Проведена оценка условий, сопутствующих развитию мезомасштабных конвективных комплексов.

Исследование распространения атмосферных волн от локальных тропосферных источников в верхнюю атмосферу с учетом фонового ветра

Ю. А. Курдяева¹ (*yakurdyeva@gmail.com*), **С. П. Кшевецкий**²

¹ Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн РАН, Калининград, Россия

² Балтийский государственный университет
им. И. Канта, Россия, Калининград, Россия.

В работе изучается генерация и распространение волн от модельных тропосферных монохроматических источников, имеющих смысл метеорологических. Предполагается, что источником волн являются процессы нагрева/охлаждения газа при фазовых переходах воды на тропосферных высотах. С помощью численных экспериментов исследован вопрос о влиянии фонового ветра на вертикальное распространение инфразвуковых и внутренних гравитационных волн с различными периодами. Обсуждается связь между распространением волн и сезонностью. Показано, что на распространение волн с частотами, близкими к частотам акустической отсечки и Вэйсяля – Брента, значительно влияет наличие фонового ветра. Это может приводить к образованию перемещающейся сильно нагретой области в верхней термосфере.

Исследование температурных аномалий над высокогорными районами Восточного Саяна в периоды внезапных стратосферных потеплений

К. А. Лощенко (*loshchenko@bk.ru*)

И. О. Жуков, И. Л. Мандарханов, Е. В. Шобогоева

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Внезапные стратосферные потепления являются объектом пристального внимания ученых, так как при их формировании происходит динамичное развитие атмосферных процессов и связанных с ними аномалий в тропосфере, стратосфере и мезосфере. В настоящее время проводится анализ возможных откликов стратосферных потеплений в аномалиях метеорологических полей в различных регионах земного шара. В качестве объекта исследования нами выбраны высокогорные районы Восточного Саяна, которые наименее подвержены влиянию антропогенных факторов и в зимние месяцы нередко оказывается под влиянием ложбин циркумполярного вихря, динамика которого тесно связана с изменениями волновых процессов в стратосфере в периоды внезапных стратосферных потеплений.

Как показало исследование, в январе и феврале 2000–2020 гг. изменения температуры воздуха над высокогорными районами Восточного Саяна на уровне 25–30 км характеризовались примерно равным соотношением числа положительных и отрицательных аномалий. В нижней тропосфере по данным ст. Монды устойчивые тренды на потепление отмечаются только в теплый период с марта по август и осенью (октябрь). Обращает внимание, что в зимние месяцы, наоборот, происходит рост числа отрицательных температурных аномалий. Сравнительный анализ температурного режима стратосферы над Атлантикой и Тихим океаном показал, что над северными районами Тихого океана в последние годы более выражена тенденция к развитию стратосферных потеплений и, возможно, имеет отклик в росте числа отрицательных аномалий зимних температур над континентом. Однако проведенный анализ динамики приземных и высотных барических полей в периоды интенсивных стратосферных потеплений при сравнительной схожести полей аномалий в стратосфере выявил более выраженные пространственные различия в очагах тепла и холода в средней тропосфере. Еще более пестрая картина аномалий температуры и атмосферного давления отмечается у поверхности Земли, что, существенно затрудняет исследование механизма обмена энергией между различными слоями атмосферы в периоды внезапных стратосферных потеплений.

Разработка аппаратного комплекса для мониторинга опасных явлений погоды на территории Байкальского региона

Н. О. Молчанова¹ (*nat.tali1996@iszf.irk.ru*)
А. С. Полетаев², **Р. В. Васильев**^{1,3}, **А. Г. Ченский**²

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

² Иркутский национальный исследовательский технический институт
Иркутск, Россия

³ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Проведённое исследование на проекте гронопеленгационной сети «Веряя-МР» показало наиболее активные регионы генезиса гроз на байкальской природной территории. В результате определено, что приёмные пункты гронопеленгационной сети лучше расположить в обсерваториях ИСЗФ СО РАН (Иркутск) и ИФМ СО РАН (Улан-Удэ). Представлена схема аппаратного комплекса для регистрации молниевых разрядов. В качестве приёмника для регистрации и обработки электромагнитного импульса, поступающего от молниевых разрядов, использовалась плата KiwiSDR со встроенным одноплатным компьютером BeagleBone. Данное устройство работает в широком диапазоне частот от 1 кГц до 30 МГц, что позволяет принимать сигналы от межоблачных, внутриоблачных, нисходящих и восходящих вспышек молний.

Сезонные перестройки циркуляции в стратосфере Северного полушария

А. А. Николаев (*Aleksandr.Nikolaev@kpfu.ru*)

Н. В. Исмагилов, А. И. Тиглева

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

По рассчитанным ежедневным значениям индекса зональной циркуляции атмосферы А. Л. Каца определены даты весенних и осенних перестроек циркуляции в средней стратосфере за период 1979–2019 гг. Для оценки влияния уровня солнечной активности в 11-летнем цикле на сроки сезонных перестроек стратосферной циркуляции проведен корреляционный анализ между значениями чисел Вольфа и низкочастотной компонентой временных рядов дат весенних и осенних перестроек стратосферной циркуляции. Исследовано влияние на весенние перестройки циркуляции в стратосфере некоторых нерадиационных факторов – интенсивности зональной циркуляции средней стратосферы в зимний период и сильных зимних стратосферных потеплений.

Термодинамические процессы в атмосфере до 80 км высоты

Ю. П. Переведенцев (*yperved@kpfu.ru*), К. М. Шанталинский,
В. В. Гурьянов, Н. В. Исмагилов, А. А. Николаев

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

Цель данной работы рассмотреть распределение характеристик температуры воздуха (ТВ) до уровня 80 км, оценить влияние циркуляционного фактора на термическое состояние тропосферы и нижней стратосферы. Для характеристики процессов в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере (до 80 км) были использованы средние месячные данные о температуре воздуха (ТВ) и геопотенциале Северного полушария (СП) на 51 изобарическом уровне в узлах географической сетки 1° широты на 1° долготы за 1979–2019 гг., представленные в реанализе ERA5. Рассчитывались средние значения (нормы), средние квадратические отклонения (СКО) на уровне Земли и 51 поверхности СП, строились средние вертикальные профили и карты распределения ТВ, что позволило анализировать процессы, происходящие в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере. Представлено распределение по вертикали средних многолетних значений температуры воздуха и величины наклона линейных трендов (A) на 51 изобарической поверхности. В тропосфере в целом и зимой и летом происходит повышение температуры ($A > 0$), так на уровне 500 гПа зимой $A = 0,0165^\circ\text{C}/\text{год}$, а летом $A = 0,0157^\circ\text{C}/\text{год}$. В стратосфере происходит выхолаживание, на уровне 10 гПа зимой $A = -0,0176^\circ\text{C}/\text{год}$, летом $A = -0,0145^\circ\text{C}/\text{год}$. В мезосфере, где отмечаются самые низкие температуры воздуха (на уровне 0,01 гПа (80 км) ТВ понижается летом до $-91,82^\circ\text{C}$), КНЛТ становятся положительными. Определена динамика дат весенних перестроек стратосферной циркуляции, рассмотрены взаимосвязи между слоями.

Изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России в XX–XXI веках

Ю. П. Переведенцев¹ (*yperaved@kpfu.ru*)
Б. Г. Шерстюков², К. М. Шанталинский¹, Т. Р. Аухаев¹,
М. А. Мягков¹, Е. М. Парубова¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

² Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации –
Мировой центр данных, Обнинск, Россия

Рассматриваются пространственно-временные изменения основных климатических показателей на территории России в современный период глобального потепления климата в два периода 1976–2019 и 2001–2019 гг. В качестве исходных данных использовались результаты наблюдений на 1251 метеостанций России (фонд ВНИИГМИ-МЦД) и данные реанализов ERA-Interim и ERA5.

Были построены карты линейных трендов для температуры воздуха и осадков для годовых значений и центральных месяцев сезонов, что позволило проанализировать особенности современного потепления климата на обширной территории. Так, в январе в период 1979–2019 гг. наибольшая скорость потепления наблюдается в Средней Сибири, арктическом побережье и арктических островах от Новой Земли до Новосибирских островов, где величина коэффициента наклона тренда (КНЛТ) достигает 1,2 °C/10 лет, на Европейской части России (ЕЧР) (за исключением северо-запада) значения КНЛТ меняются в пределах 0,20–0,59 °C/10 лет. В июле запад и юго-запад ЕЧР заняты достаточно интенсивной областью потепления. На большей части территории России преобладает достаточно слабый рост ТВ со скоростью от 0,2 до 0,59 °C/10 лет. Тренды среднегодовой температуры свидетельствуют о потеплении климата на всей территории России.

Коэффициенты наклона линейного тренда, рассчитанные для периода 2001–2019 гг., заметно отличаются от ранее рассмотренных. Картина в распределении атмосферных осадков по месяцам более неоднородна, чем годовая. Тренды, построенные по годовым значениям сумм осадков, свидетельствуют об их усилении на большей территории России за исключением центра и юга ЕЧР, где КНЛТ ~ -10...-14 мм/год.

Сравнение данных об относительной влажности по данным ERA5 с данными о прозрачности ночной атмосферы фотокамеры ФИЛИН-1Ц в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (пос. Торы)

С. В. Подлесный (*stepan@mail.iszf.irk.ru*), **Е. В. Девятова**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Относительная влажность является одним из метеорологических параметров, влияющих на качество атмосферных и астрономических наблюдений в оптическом диапазоне. Также эту характеристику можно рассматривать как индикатор тумана и осадков (облачности), препятствующих наблюдениям. Исследование долговременной и сезонной динамики относительной влажности в районе базирования оптических обсерваторий представляет как чисто исследовательский, так и практический интерес, например, с целью общего планирования работы инструментов в тот или иной период года. В работе приводятся результаты сравнения данных о собственном излучении атмосферы ночного неба фотокамеры ФИЛИН-1Ц, установленной в геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (пос. Торы) с данными об относительной влажности реанализа ERA5 в ближайшем к обсерватории узле сетки.

Сопоставление интенсивности свечения атомарного кислорода на длине волны 557,7 нм и зеленого канала цветной ПЗС камеры

С. В. Подлесный¹ (*stepan@mail.iszf.irk.ru*)

О. С. Зоркальцева^{1,2}, **Р. В. Васильев**^{1,2}

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

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Сопоставление параметров атмосферы, получаемые различными приборами, позволяет верифицировать данные этих приборов, методы проведения наблюдений и расширяют возможности интерпретации получаемых результатов. В данной работе проводится оценка согласованности вариаций излучения атомарного кислорода на длине волны 557,7 нм по данным интерферометра Фабри – Перо КЕО Scientific “Arinae” и собственного свечения ночной атмосферы в диапазоне 470–620 нм по зеленому каналу цветной ПЗС камеры ФИЛИН-1 в зимний период года. Инструменты расположены в средних широтах Восточной Сибири в обсерватории Торы Института солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН, 51.8N, 103.1E). В результате сравнения данных выявлено хорошее соответствие

вариаций интенсивности эмиссии зеленой линии, полученной двумя устройствами. Особое внимание было уделено периодам усиления планетарных волн (ПВ) в стратосфере и внезапным стратосферным потеплениям (ВСП) и их влиянию на верхние слои атмосферы. Было установлено, что в моменты активных ПВ и ВСП наблюдается волнообразное изменение эмиссии 557,7 нм, а именно, в момент максимума ПВ и ВСП наблюдается существенное снижение зеленого свечения, а за несколько суток до и после ПВ и ВСП – значительное увеличение эмиссии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (субсидия № 075-ГЗ/Ц3569/278).

Особенности атмосферной циркуляции над Сибирью по данным синоптических карт и реанализа

Н. В. Поднебесных (*podnebesnykhnv@inbox.ru*)

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
Томск, Россия

Неустойчивость и аномальность погодных условий Сибири, как и других регионов, определяется, в основном, повторяемостью крупномасштабных атмосферных вихрей, циклонов, несущих облачность и осадки и антициклонов, обеспечивающих периоды устойчивой погоды. В литературе приводятся исследования циклонической и антициклонической активности не только по данным синоптических карт, но и по данным, полученным на основе баз данных реанализа. Такие работы представляют большой интерес, но ввиду зависимости данных реанализа от свойств гидродинамической модели, следует выполнять сопоставление полученных рядов с эмпирическими данными. Такое сравнение важно для получения объективной оценки возможности использования результатов реанализа для определенного класса задач, а также для выявления ограничений их использования. В данной работе проводился сравнительный анализ характеристик циклонов и антициклонов над территорией Сибири за период 1976–2018 гг. по данным приземных синоптических карт и карт, построенных с помощью реанализа. В результате проведенной работы было получено, что при наличии некоторых различий в величине характеристик циклонов и антициклонов реанализ достаточно хорошо отражает качественную картину их временной изменчивости. В 1976–2018 гг. на территории Сибири количество барических образований увеличилось, давление в центрах циклонов уменьшилось, т. е. они стали более глубокими, а давление в центрах антициклонов выросло, т. е. они стали более высокими, продолжительность барических образований уменьшилась, как по данным приземных синоптических карт, так и по данным реанализа.

Сравнение интенсивностей свечения атомарного кислорода 557,7 нм полученных спутниковым и наземным методами над Восточной Сибирью

А. В. Саункин (*saunkin@iszf.irk.ru*)

Р. В. Васильев, О. С. Зоркальцева

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Работа посвящена сравнению ночной и интенсивности собственного свечения атомарного кислорода в области мезопаузы, полученных спутниковыми и наземными методами. Спутниковые данные, использующиеся в работе, получены при помощи лимбового радиометра SABER, работающего на платформе TIMED, данные наземного мониторинга получены при помощи интерферометра Фабри – Перо КЕО Scientific “Arinae”, адаптированного для проведения аэрономических исследований. Высотный профиль интенсивности естественного зелёного свечения верхней атмосферы рассчитывается на основе высотного профиля концентрации атомарного кислорода, причём, для расчёта профилей используются сведения о химическом составе и температуре воздуха в области мезопаузы, полученные при помощи SABER. Ночная интенсивность эмиссии 557,7 нм, полученная таким образом по спутниковым данным, находится в хорошем согласии с результатами наземных наблюдений.

Средненочная вращательная температура ОН (3-1) в сравнении с измерениями температуры Aura (MLS) на уровне 0,002 гПа

В. И. Сивцева (*verasivtseva@gmail.com*),

П. П. Аммосов, Г. А. Гаврильева, И. И. Колтовской

Институт космофизических исследований и аэрономии
им. Ю. Г. Шафера СО РАН, Якутский научный центр СО РАН
Якутск, Россия

Проведено сравнение данных наземных наблюдений вращательной температуры ОН (3–1) и выделенной из спутниковых измерений Aura (MLS) температуры (T_{bg}) над станцией Маймага (63.04° N, 129.51° E) на высоте вблизи области мезопаузы (0,002 гПа) за период 2013–2018 гг. С 2015 по 2018 г. вариации температуры, измеренные двумя методами близки по значению. В зимние периоды 2013–2015 сезонный ход температуры, измеренный наземным методом, имеет на ~ 10 °К более высокие значения чем сезонный ход температуры, измеренный спутниковым методом. По-

добный сдвиг на ~ 10 °К относительно значений температуры ОН (6–2) упоминается в литературе. Расхождения в значениях температур могут быть объяснены многими факторами, такими как различия в высоте и методах измерений. Несмотря на это данные обоих методов качественно подтверждают наблюдение повышенной температуры в зимний период сезона наблюдений 2014–2015 гг. на высотах близких к высоте эмиссии ОН (3–1).



Научное издание

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Тезисы Международной конференции
и Школы молодых ученых, посвященных
памяти Нины Константиновны Кононовой

Иркутск, 14–17 июня 2021 г.

Темплан 2021. Поз. 33
Уч.-изд. л. 4,2

Издательство ИГУ
664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124