

Под редакцией д-ра физ.-мат. наук Г. Г. Щукина

Chapters are an arrived carrier of a present of a property is a presence dependence of a called and arrived and a setter of the call date of the set of a set of the set of t



Санкт-Петербург ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 2006

1971, 1972, 1983, 1983, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 19

1992 or 2014 i stadi se eb

УДК 551:521+551.501.81 (061.8)+551.594

Редакционная коллегия: д-р физ.-мат. наук Г. Г. Щукин, д-р физ.-мат. наук А. Д. Егоров, канд. техн. наук С. М. Гальперин, канд. физ.-мат. наук А. И. Решетников, канд. физ.-мат. наук Я. М. Шварц

لأروح ومدا المؤرجة بالت

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований в области дистанционного зондирования атмосферы и облаков активно-пассивными радиотехническими средствами, включая результаты наземной и спутниковой СВЧ-радиометрии и лидарного зондирования атмосферы, и исследования на их основе процессов облако- и осадкообразования, атмосферного и грозового электричества, а также в области исследований малых газовых составляющих и аэрозоля, атмосферного озона и ультрафиолетовой радиации, результаты активных воздействий на гидрометеорологические процессы.

Сборник рассчитан на научных работников и инженеров, занимающихся вопросами физики атмосферы, радиофизики, радиотехники.

Рекомендуется аспирантам и студентам старших курсов соответствующих специальностей.

1777 realization Society contraction That Realization

Сборник статей подготовлен при финансовой поддержке по гранту Президента Российской Федерации № НШ —1793.2003.5

> Научно-исследовательский центр дистанционного зондирования атмосферы (филиал ГГО), 2006 г.

об целето стана в со на таки можна в боло Еми: Махоткина со страт мале в со на таки можна в со се со с со се се со се с се со се со

Кенфольканая об Бракарыя в буках быт, и кедат элемении

Л. Г. Махоткин начал свою трудовую деятельность в 15 лет. Первые места его работы были достаточно случайными. В 1932— 1933 гг. он совмещал работу с учебой на отделении подготовки метеонаблюдателей заочного гидрометеоинститута, после чего в 1933 г. стал сотрудником Ленинградской городской метеорологической станции. В 1938—1939 гг. он работал старшим наблюдателем на метеостанции в г. Кировске, затем снова возвратился в Ленинград, откуда в 1940 г. уехал работать в Арктику на полярную станцию Бухта Тикси в качестве актинометриста сроком на два года.

Во время Великой Отечественной войны смена зимовщиков на арктических станциях не производилась, поэтому первоначально запланированные два арктических года превратились для него в шесть лет непрерывной зимовки. В эти годы Л. Г. Махоткин работал на полярных станциях Бухта Тикси и Мыс Шалаурова актинометристом, метеорологом, специалистом по ионосфере. За службу в Арктике он был награжден медалями «За трудовую доблесть», «За оборону Советского Заполярья», «За победу над Германией», а также значком «Почетный полярник». Возвращение Л. Г. Махоткина в Ленинград в 1946 г. было отмечено заметкой в газете «Вечерний Ленинград», которая назы-

В Ленинград после шести лет работы в Арктике вернулся начальник обсерватории в бухте Тикси Лев Гордеевич Махоткин.

— За годы войны, — сказал он, — Тикси, лежащий в устье реки Лены на побережье моря Лаптевых, превратился в крупный советский полярный порт. Здесь выстроен новый пирс с причалами, к которому могут подходить большие пароходы, оборудована угольная эстакада, имеются погрузо-разгрузочные механизмы. Переданный в эксплуатацию в районе Тикси угольный рудник снабжает город топливом. Выстроено много новых домов, несколько школ, больница, создан аэродром. Сейчас строится большая электростанция. Радиоцентр Тикси поддерживает прямую магистральную связь с Москвой, Архангельском, Чукоткой. Население города достигло нескольких тысяч человек.

Геофизическая обсерватория в бухте Тикси ведет постоянные аэрологические, метеорологические, гидрологические и магнитные наблюдения. Только за последний год было выпущено 150 зондов. Проведены интересные наблюдения над северным сиянием.

В 1944 году в Тикси была организована первая в Арктике ионосферная станция, сконструированная инженером научно-исследовательского Арктического института Ф. Я. Заборщиковым.

В Ленинград доставлены для обработки материалы наблюдений обсерватории.

В 1946 г. Л. Г. Махоткин поступил в Главную геофизическую обсерваторию, где и работал до конца своей жизни. В разные периоды он занимал различные должности — от старшего радиотехника (первая должность в ГГО) до научного сотрудника.

Список научных работ Л. Г. Махоткина насчитывает свыше 130 работ (преимущественно статей), причем шесть статей были опубликованы уже после его смерти. О многообразии научных интересов автора можно судить по тематике его работ, представленной на рисунке 1. Исследования, выполненные Л. Г. Махоткиным, могут быть систематизированы по трем крупным разделам: атмосферики и грозы, атмосферное электричество, актинометрия.

Отличительной чертой научной деятельности Л. Г. Махоткина была поразительная способность обобщать и выявлять основные закономерности природных явлений и атмосферных процессов. В полной мере это проявилось в работах по систематизации актинометрических данных.

Исследования в области актинометрии были для Л. Г. Махоткина факультативными, поскольку основное время он по роду своей работы уделял решению проблем атмосферного электричества. Тем не менее 19 его статей актинометрического профиля внесли заметный вклад в классическую актинометрию и понимание радиационных процессов в атмосфере.



Первая актинометрическая работа Л. Г. Махоткина была опубликована в 1951 г. в выпуске 26 (88) сборника Труды ГГО под названием «Об изменении интенсивности немонохроматической радиации в ограниченном интервале». В работе было показано, что изменение прямой солнечной радиации S при ясном небе в зависимости от высоты солнца (массы атмосферы m) может быть описано простой формулой вида $S = c - b(\lg m)$.

Дальнейшее изучение общих закономерностей изменения прямой солнечной радиации, представленной зависимостью вида $S = f(\lg m)$, в реальных условиях при различной прозрачности атмосферы позволило ему определить, что особенностью этой кривой являются:

— наличие квазилинейного участка при изменении S от 0,07 до 1,12 кВ/м²;

— сохранение формы этой кривой при различной прозрачности атмосферы (изменения прозрачности атмосферы приводят к сдвигу кривой $S = f(\lg m)$ вдоль оси $\lg m$, но при этом форма ее не изменяется.

В соответствии с данным представлением изменение прозрачности атмосферы эквивалентно замене массы атмосферы m на некоторое кратное число масс $m^* = Nm$, где N — характеристика прозрачности атмосферы, которая первоначально была названа автором индексом N.

Определение индекса N как числа, величина которого показывает, сколько нормальных атмосфер надо взять, чтобы получить в данных условиях (при заданной высоте солнца) наблюдаемое значение S, Л. Г. Махоткин ввел в своей работе «Прямая радиация и прозрачность атмосферы», которая была опубликована в 1957 г. в Известиях Академии наук СССР, серия геофизическая. Эта статья привлекла к себе внимание не только в нашей стране: практически сразу после ее публикации имя автора стало известным и признанным среди специалистов в области изучения солнечной радиации.

О рациональности индекса N много писалось. Основные достоинства этой характеристики заключаются в следующем:

- независимость от величины солнечной постоянной;

--- независимость от высоты солнца, что позволяет оценивать мутность атмосферы по данным наблюдений, выполненных

6

при больших массах атмосферы m (для расчета большинства характеристик не рекомендуется, использовать данные наблюдений, выполненных при m > 6);

чувствительность к изменениям мутности атмосферы.

В 1980-е годы Л. Г. Махоткин вернулся к своим работам по определению основных закономерностей изменения прямой солнечной радиации и дал теоретическое обоснование индексу мутности N. Он показал, что при анализе данных о прямой солнечной радиации надо перейти от обычного λ-спектра, представляющего зависимость радиации от длины волны λ, к μ-спектру, характеризующему интегральное значение прямой радиации для каждого значения коэффициента экстинкции атмосферы и (отнесенного к единичной массе). Для идеальной атмосферы и-спектр характеризуется распределением Планка-Рэлея. Для реальной атмосферы µ-спектр в интегральной форме может быть представлен функцией распределения гиперболического типа с показателем степени. q = 1,6. Выведенная на основе этих преобразований формула для описания закономерностей изменения S в нормальной атмосфере, использованной при определении индекса мутности N, в очередной раз показала, что при использовании числа N мерой мутности атмосферы является сама реальная атмосфера.

Уделяя большое внимание систематизации актинометрических данных, Л. Г. Махоткин установил связь между возможными суточными суммами прямой солнечной радиации и прямой солнечной радиацией при данной прозрачности атмосферы, введя понятие «средней массы», и предложил способ расчета возможных сумм радиации с учетом прозрачности атмосферы.

Среди работ Л. Г. Махоткина по актинометрии не было случайных и незначительных: каждая работа указывала направление дальнейших исследований и ставила вопросы, которые требовали своего разрешения, а вклад его в исследования в области атмосферного электричества, атмосфериков и гроз, атмосферных радиопомех, аэроионизации и заряжения грубодисперсного аэрозоля существенно более многообразен и заслуживает специального рассмотрения и осмысления. Его работы в этих направлениях обогатили метеорологию и геофизику своей новизной, нестандартностью подхода, позволили заменить привычное на целесообразное.

Об образе мышления Л. Г. Махоткина и его нетрадиционном подходе к решению научных проблем говорят даже названия не-

которых его работ: «Старое и новое в атмосферном электричестве», «Основная актинометрическая формула», «Снова к гипотезе Эберта?» и т. п.

Л. Г. Махоткин не оставлял без внимания памятные и юбилейные даты в истории геофизики. Свидетельством оригинального, а по существу неравнодушного подхода к памяти исследователей являются его работы, написанные к 90-летию П. Н. Тверского, к 100-летию грозоотметчика А. С. Попова.

Л. Г. Махоткин придавал большое значение публикации результатов исследований, как своих, так и чужих, активно участвовал в подготовке сборников Трудов ГГО, 15 выпусков которых вышли под его редакцией. Эрудиция, глубина знаний, безукоризненное владение математическим аппаратом позволяли ему редактировать любые статьи. Как редактор от тратил немало сил и времени на повышение научного уровня публикаций, подготовленных в отделе атмосферного электричества ГГО, повышая тем самым престиж проводимых в ГГО исследований.

Отличительной чертой Л. Г. Махоткина как ученого было также исключительное знание литературы по всем отраслям геофизики. На протяжении всей своей жизни он был и до конца своих дней оставался одним из самых активных читателей научно-технической библиотеки ГГО. Он легко делился своими знаниями и опытом с коллегами, совершенно свободно, достойно и на равных общался с учеными любого ранга. Он не был педагогом в традиционном значении этого слова, но по существу создал научную школу и воспитал множество учеников. В 60-е годы он так много работал со студентами и аспирантами Тартуского университета, что коллеги в шутку говорили: «Лев Гордеевич, вы для Эстонии все равно, что Пастернак для Грузии».

Отдав служению в ГГО ровно 50 лет, Л. Г. Махоткин не мог жить без своего дела и перестал ходить на работу лишь за месяц до своей смерти.

Как всякий большой исследователь, сказавший много нового, Л. Г. Махоткин не всегда и не в полной мере был понят своими коллегами и современниками. Но нам выпало счастье сначала жить и работать рядом с ним, а теперь помнить о нем. И хочется верить, что сказанное им слово отзовется в работах последующих поколений геофизиков.

Г. Г. Щукин, В. О. Тапасханов, А. В. Шаповалов

К ПРОБЛЕМЕ ДОПЛЕРОВСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ГРОЗО- И СМЕРЧЕОПАСНЫХ ОБЛАКОВ

(1) Starting and the second starting and the starting of th

Грозовые облака и смерчи представляют серьезную опасность для жизнедеятельности человека, поэтому в настоящее время продолжаются широкие исследования, направленные на усовершенствование методов их дистанционного обнаружения. Два последних десятилетия стали периодом быстрого развития доплеровской метеорологической радиолокации в ряде стран [2, 5, 10, 15, 16]. В результате в настоящее время в радарных сетях штормооповещения и метеообеспечения авиации многих государств широко применяются доплеровские МРЛ, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с некогерентными станциями. Разработано программное обеспечение первичной и вторичной обработки данных ДМРЛ, нозволяющее лучше идентифицировать метеорологические явления, в частности опасные метеорологические процессы [2, 14].

По настоящее время продолжают совершенствоваться техника, методики и математические модели для обеспечения прогноза интенсивных атмосферных вихрей, торнадо и других опасных явлений погоды [2, 5, 9—17]. Развиваются сети оповещения населения о приближении опасных грозовых облаков и торнадо, в которых все больше используются данные, получаемые с применением доплеровских метеорологических радиолокаторов.

В доплеровских МРЛ для анализа данных в реальном масштабе времени применяются современные технологии, в частности цифровые процессоры обработки сигналов (ЦПОС). Современный рынок характеризуется большим разнообразием ЦПОС с производительностью, достигающей нескольких миллиардов операций в секунду [1, 3, 4, 6]. Непрерывно возрастающие темпы совершенствования ЦПОС активизируют разработку новых методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов для решения математикоемких прикладных задач метеорологического обеспечения.

Целью данной работы является анализ теоретических материалов и практического опыта действующих доплеровских радиолокационных комплексов метеорологического назначения и разработка подходов к созданию программного обеспечения первичной и вторичной обработки метеоинформации ДМРЛ, адаптированного для применения в системе штормооповещения Росгидромета, на базе станций отечественного производства, новых или переоснащенных существующих.

1. Алгоритмы обнаружения вихрей по данным доплеровского радиолокатора Rea ellerad

ન્ટ્રસ સ્વર્ધો

assess components of version frame of a for all they are alve a version of the

Метеорологические службы используют в оперативной практике распределения отражаемости, представляемые на индикаторах кругового обзора радиолокаторов, а с помощью автоматизированных систем и на цветных мониторах ПЭВМ. Хотя данные об отражаемости не позволяют надежно обнаруживать вихри, такая информация представляет ценность для гидрологических наблюдений и прогноза опасных явлений погоды. Такие прогнозы основываются, в первую очередь, на данных об отражаемости, высоте верхней границы облаков и иногда на информации об особенностях циркуляции или форме распределения отражаемости.

Изрезанность распределения отражаемости или наличие зоны слабого эха со стороны южного края ячеек иногда служит индикатором мезоциклона, а следовательно, потенциально и торнадо. Однако эти признаки из-за плохой оправдываемости не могут считаться хорошими индикаторами наличия циркуляции าสุขฐาย และการระบบ ๆ และไข โมว์ที่การ สี่ประกัดแก่ และสะดังส์จะไว้สาว การสุขจ [2].

Несмотря на то что доплеровский радиолокатор измеряет только радиальный компонент скорости ветра, для интерпретации метеоявлений важное значение имеет ее пространственное распределение. Более того, с помощью доплеровского радиолокатора можно измерять скорость как в интенсивных воздушных потоках, распространяющихся в одном направлении, так и в турбулентных зонах. Таким образом, использование одиночного доплеровского радиолокатора весьма перспективно в прогнозе

опасных явлений погоды; как показывает практика, он является важным оперативным средством для метеорологической службы.

Получаемое с помощью радиолокатора распределение доплеровской скорости внутри облака позволяет выделить характерные признаки таких важных метеорологических явлений, как циклон с торнадо.

Дональдсон [9] сформулировал критерий, с помощью которого по данным одного доплеровского радиолокатора можно идентифицировать вихрь. Сущность подхода заключается в том, что для того чтобы существовал вихрь, должна существовать локализованная зона, вертикальный размер которой больше или равен ее диаметру, с устойчивым высоким ($5-10^{-3}$ с⁻¹) азимутальным сдвигом (т. е. градиентом доплеровской скорости вдоль дуги постоянного радиуса).

Потенциально важными признаками торнадо являются значительные изменения первого момента доплеровской скорости от одного разрещаемого объема к другому и большие значения второго момента. В облаках с такими характеристиками или уже есть торнадо, или имеется потенциальная возможность его зарождения, и они считаются опасными [2].

Преимущество доплеровского радиолокатора состоит в том, что он позволяет выделять среди многих облаков те, в которых имеется интенсивная циркуляция и, следовательно, возможно развитие торнадо.

Получить данные непосредственно внутри и вокруг торнадо очень трудно. В то же время доплеровский радиолокатор дает дистанционный и относительно безопасный метод исследования облаков с торнадо.

Следует отметить, что такой параметр, как ширина спектра, не являлся надежным индикатором торнадо, так как наблюдающаяся в турбулентных зонах облака большая ширина спектра может быть ошибочно принята за торнадо.

٢

Проверка возможности улучшения прогноза торнадо при использовании доплеровской информации показала [13, 16], что с помощью доплеровского радиолокатора можно увеличить заблаговременность прогноза торнадо на 20 мин, что дает населению больше времени на принятие мер предосторожности.

ести и собенности анализа информации ДМРЛ

Как отмечалось выше, в последние годы в ряде стран в практику метеорологических наблюдений широко внедряются доплеровские МРЛ. Этому предшествовали всесторонние исследования, направленные на выяснение информативности доплеровских измерений в метеорологических наблюдениях [2, 10]. В результате были исследованы эффективность использования одиночного доплеровского радиолокатора, возможности измерения полного вектора скорости двумя или тремя разнесенными станциями, сформулированы основные требования к приемопередающим устройствам, способам и аппаратуре первичной и вторичной обработки сигналов, режимам обзора пространства.

В работе [5] приведены следующие требования к измерениям с применением доплеровских метеорологических радиолокаторов:

а) дальность радиолокационных измерений должна превышать 200 км, для того чтобы использовать одно из основных достоинств радиолокации — оперативный сбор информации с больших площадей;

б) измеряемая скорость должна перекрывать интервал ±50 м/с, так как в этом интервале заключено бодьшинство значений скорости ветра с учетом его порывов;

в) аппаратура должна перекрывать динамический диацазон измеряемых сигналов радиоэха около 100 дБ;

г) параметры доплеровского спектра метеообразований нужно измерять с дискретностью 50—250 м;

д) время сканирования пространства не должно превышать 7—10 мин.

Теоретические выкладки по анализу доплеровского спектра радиоэха и устранению наложений подробно изложены в работах [2, 4, 5, 10].

Ниже кратко остановимся на основных формулах и выражениях.

В приближении однократного рассеяния волн сигнал радиоэха можно представить как суперпозицию составляющих, обусловленных рассеянием на каждой частице [5]:

$$E = A \sum_{n} G(\alpha_{n}, \beta_{n}) \sigma_{n}^{1/2} \exp[-i\omega t + 2ikR_{n}(t)], \qquad (1)$$

где σ_n — ЭПР *п*-й частицы; $G(\alpha_n, \beta_n)$ — диаграмма направленности антенны по мощности в зависимости от азимутального и угломестного положения рассеивателя относительно оси диаграммы; ω — частота излучения; t — время; k — волновое число; R_n — расстояние до *n*-го рассеивателя; A — множитель, зависящий от параметров радиолокатора и расстояния до импульсного объема, а суммирование распространяется на частицы, заполняющие импульсный объем.

Доплеровские характеристики сигнала (1) определяются изменением во времени расстояния R_n . Они оцениваются с помощью анализа квадратурных составляющих

 $C(t) = A \sum_{n} G(\alpha_{n}, \beta_{n}) \sigma_{n}^{1/2} \cos 2kR_{n}(t), \qquad (2)$ $S(t) = A \sum_{n} G(\alpha_{n}, \beta_{n}) \sigma_{n}^{1/2} \sin 2kR_{n}(t). \qquad (3)$ Эти составляющие имеют одинаковую автокорреляционную функцию $B(\tau) = \langle C(t+\tau)C(t) \rangle = \langle S(t+\tau)S(t) \rangle, \qquad (4)$ а их взаимно корреляционная функция определяется выражени-

in the second second

ем

en va dae se i

$$B(\tau) = \langle S(t+\tau)C(t) \rangle = -\langle C(t+\tau)S(t) \rangle.$$
(5)

Угловые скобки обозначают усреднение по времени.

Корреляционные функции B_1 и B_2 можно объединить в виде действительной и мнимой частей комплексной корреляционной функции $B: B(\tau) = B_1(\tau) + iB_2(\tau)$. Для небольших интервалов времени радиолокационного измерения перемещение рассеивателя можно представить в линейном виде как $R_n(t) = R_{n0} + V_n t$, где R_{n0} — начальное положение рассеивателя, а V_n — его скорость. Тогда получается простое выражение для корреляционной функции:

$$B(\tau) = A^2 \sum_{n} \sigma_n G^2(\alpha_n, \beta_n) \exp(2ikV_n \tau).$$
(6)

Из последнего выражения следует, что доплеровский спектр радиоэха представляет собой набор частот $2V_n/\lambda$ с амплитудой, пропорциональной ЭПР данной частицы и функции диаграммы антенны.

Доплеровский спектр P(f) радиоэха есть преобразование Фурье от корреляционной функции (6). В спектре содержится наиболее полная информация о движении рассеивающих частиц в пределах импульсного объема. Для метеорологической интерпретации используются первые три момента доплеровского спектра.

Быстрые (или так называемые оперативные) способы оценки трех моментов спектра не используют вычисления спектра P(f), а основаны на параметрическом представлении корреляционной функции [5]. Во многих случаях доплеровский спектр метеорадиоэха можно считать гауссовским, так как главный лепесток диаграммы параболических антенн близок к гауссовской функции и распределение скоростей частиц в турбулентном воздухе описывается этой же функцией. Гауссовский доплеровский спектр метеорадиоэха зависит от двух параметров — средней частоты спектра \tilde{f} и его среднеквадратичной ширины σ_f . Тогда выражение для корреляционной функции запишется в виде

$$B(\tau) = \overline{P} \exp(2i\pi \overline{f}\tau - 2\pi^2 \sigma_f^2 \tau^2). \tag{7}$$

Отсюда следует, что два момента спектра можно определить из выражений

$$\overline{f} = \frac{1}{2\pi\tau} \arg[B(\tau)], \qquad (8)$$

$$\sigma_f^2 = -\frac{1}{2\pi^2\tau^2} \ln[|B(\tau)|/\overline{P}]. \qquad (9)$$

14

Средняя мощность радиоэха находится как

Standard B

 $\overline{P} = \left\langle C^2(t) \right\rangle + \left\langle S^2(t) \right\rangle.$

Последняя операция предполагает наличие линейного приемника с пироким динамическим диапазоном (порядка 100 дБ), в котором заключены амплитуды сигналов метеообразований. В некоторых ДМРЛ для перекрытия большого динамического диапазона сигналов применяют логарифмический усилитель. Усреднение сигнала на его выходе позволяет также оценить среднюю мощность радиоэха:

$$\overline{P} = \langle 20 \lg A(t) \rangle + 2.5. \tag{11}$$

化分子内止的 化合同分子分子 化分子分子

(10)

Здесь *Р* измеряется в дБ, а A(t) — огибающая сигнала (1). Выражение (11) записывается на основании гауссовской статистики сигнала (1).

Средняя доплеровская частота и ширина спектра определяются на основании (8) и (9). Для этого в радиолокаторе выделяют сигналы квадратурных составляющих, вычисляют корреляционные функции (4), (5) и арктангенс их отношения. Далее рассчилывают аргумент корреляционной функции для оценки доплеровского сдвига (8) и модуль этой функции (9) для определения ширины спектра [5].

3. Алгоритмы обработки цифровой информации в ДМРЛ

a green teach an a'

白癜素学校 计内容器 计存储分析 复体化的不同

Остановимся на базовых методах и алгоритмах цифровой обработки сигналов (ЦОС), которые оказывают существенное влияние как на элементную базу ЦОС, так и на архитектуру ЦПОС. Знание этих методов и алгоритмов позволяет выбрать оптимальную элементную базу для обработки метеоинформации ДМРЛ.

Цифровая обработка принципиально связана с представлением любого сигнала в виде последовательности чисел. Это означает, что исходный аналоговый сигнал должен быть преобразован в последовательность чисел, которая вычислителем по заданному алгоритму преобразуется в новую последовательность, однозначно соответствующую исходной [7, 8]. Из полученной новой последовательности формируется результирующий аналоговый сигнал.

Перечисленные преобразования должны происходить по определенным правилам, смысл которых отображен на рис. 1 [7], где показаны основные элементы обобщенной схемы цифровой обработки аналоговых сигналов:

аналоговый антиэлайсинговый фильтр низких частот (АФНЧ);

аналого-цифровой преобразователь (АЦП);

устройство цифровой обработки сигналов (вычислитель); цифроаналоговый преобразователь (ЦАП);

аналоговый сглаживающий фильтр низких частот (СФНЧ).

На рис. 1 приведен пример цифровой обработки аналогового сигнала и временные и спектральные диаграммы на входе и выходе основных элементов. Устройство, объединяющее АФНЧ и АЦП, представляет собой кодер. Как следует из рис. 1 *а*, кодер формирует последовательность чисел, соответствующую обрабатываемому аналоговому сигналу. Устройство, объединяющее ЦАП и СФНЧ, является декодером. Декодер по принятому цифровому сигналу формирует аналоговый сигнал, т. е: производит преобразования, обратные происходившим в кодере.

На вход системы поступает ограниченный по длительности сигнал x(t), имеющий в своем составе постоянную составляющую $x_0 = 1$ и явно выраженные высокочастотные составляющие, которые несколько затеняют сигнал небольшими всплесками (рис. 1 б). Спектр амплитуд, или просто спектр, такого сигнала представлен на рис. 1 в. В силу конечной длительности сигнала его спектр бесконечен.

Бесконечность спектра является препятствием для преобразования сигнала x(t) в цифровую форму, что связано с природой аналого-цифрового преобразования, осуществляемого в два этана: дискретизации по времени и квантования по уровню.

Дискретизация по времени (или дискретизация) представляет собой процедуру взятия мгновенных значений сигнала x(t) через равные промежутки времени T. Мгновенные значения x(nT)представляют собой выборки, или отсчеты, время T — период дискретизации, n указывает порядковый номер отсчета. Чем



чаще берутся отсчеты, тем меньше период дискретизации T, тем точнее последовательность отсчетов x(nT) будет отображать исходный сигнал x(t). Период дискретизации T определяет частоту дискретизации:

$$f_{\pi} = \frac{1}{T}, \ T = \frac{1}{f_{\pi}},$$
 (12)

откуда чем меньше T, тем выше $f_{\rm d}$. С другой стороны, чем выше частота дискретизации, тем труднее вычислителю выполнять большое число операций над отсчетами в темпе их поступления на переработку и тем сложнее должно быть его устройство.

Таким образом, для повышения точности представления сигнала требуется увеличить f_{d} , а стремление сделать вычислитель как можно более простым приводит к желанию уменьшить f_{d} . Существует ограничение на минимальное значение f_{d} : для полного восстановления непрерывного сигнала по его отсчетам x(nT)необходимо и достаточно, чтобы частота дискретизации f_{d} была как минимум в два раза больше наивысшей частоты F в спектре передаваемого сигнала x(t), т. е.

$$f_{\pi} > 2F, T < 1/2F.$$
 (13)

 $\sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2$

Отсюда следует, что при бесконечном спектре, когда $F \to \infty$, дискретизация невозможна. Тем не менее в спектре любого конечного сигнала есть такие высшие составляющие, которые, начиная с некоторой верхней частоты $f_{\rm B}$, имеют незначительные амплитуды, и потому ими можно пренебречь без заметного искажения самого сигнала. Значение $f_{\rm B}$ определяется конкретным типом сигнала и решаемой задачей.

Ограничение спектра до частоты $F = f_{\rm B}$ осуществляется аналоговым ФНЧ, получившим название антиэлайсингового, поскольку он предотвращает искажения спектра типа наложения (aliasing), которые возникают в спектре цифрового сигнала при недостаточной частоте дискретизации [7, 8]. Во временной области эффект наложения означает необратимую потерю возможности точного восстановления аналогового сигнала по его отсчетам.

Антиэлайсинговый фильтр формирует аналоговый сигнал со значительно подавленными верхними частотными составляющими (рис. 1 ε , ∂) в полосе задерживания, начиная с частоты $F = f_{\rm B}$. Это дает основание считать сигнал практически ограниченным по частоте и не подверженным эффекту наложения при частоте дискретизации не менее 2F.

Квантование отсчетов по уровням производится с целью формирования последовательности чисел. Для этого весь диапазон изменения величины отсчетов разбивается на некоторое число дискретных уровней (рис. 1 *e*), и каждому отсчету по определенному правилу присваивается значение одного из двух ближайших уровней квантования, между которыми оказывается данный отсчет. В результате получается последовательность чисел x(nT) = x(n), представляемых в двоичном коде. Число уровней определяется разрядностью *b* АЦП. Например, если *b* = 8, всего можно иметь $k = 2^b = 2^8 = 256$ уровней квантования, а минимальное и максимальное значения отсчетов равны соответственно 0 и 255. Квантованный отсчет отличается от выборки x(nT), Это отличие выражается опшбкой квантования:

$$\varepsilon_{\rm KB} = x_{\rm U} (nT) - x(nT), \qquad (14)$$

которая тем больше, чем меньше b. Максимальная ошибка квантования при использовании округления в качестве приближения равна половине шага квантования Q:

$$\max|\varepsilon_{\rm KB}| = Q/2, \quad Q = 2^{-b}.$$
 (15)

約1歳、時料時に、飲べてなる時、痛苦らた、痛じた、ふせいな

entre regel de les composés -

Отсюда следует, что чем больше разрядность *b* АЩП, тем точнее представляется отсчет, но тем сложнее и дороже оказывается АЦП, который необходим для решения поставленной задачи. Современные АЦП имеют разрядность от 8 до 16.

动物 人名马克特 化合物试验 化过分过滤 化化物化试验基 化合同分析 化分析成本 化合理 法保证 计分子

Последовательность x(nT) = x(n) поступает на вычислитель, который по заданному алгоритму каждому отсчету x(n) ставит в однозначное соответствие выходной отсчет y(nT) = y(n): $x(n) \Rightarrow y(n)$.

Результатом переработки исходного сигнала является цифровая последовательность — цифровой сигнал (рис. 1 ж), уже не имеющий постоянной составляющей и существенно отличающийся от x(n). Амплитудный спектр (рис. 1 з) оказывается более обостренным на частотах, близких к частоте $f_{\rm d}/4$. Число операций (умножения, сложения, пересылки и т. д.) для получения одного отсчета y(n) может исчисляться тысячами, поэтому вычислитель должен работать на более высокой тактовой частоте $f_{\rm r}$, чтобы успеть произвести все необходимые действия до поступления очередного отсчета x(n). Таким образом, какой бы сложности ни был алгоритм, время переработки не должно превышать периода дискретизации T:

We have the parameters of the contraction of the formula of the second state of the s

Однако это может быть обеспечено лишь в случае, когда тактовая частота f_{τ} вычислителя существенно превышает частоту дискретизации f_{π} . Именно при этих условиях возможна работа вычислителя в реальном времени, т. е. в темпе поступления входных отсчетов.

Из сказанного вытекает ряд ограничений, влияющих на характер и выбор элементной базы для реализации вычислителя:

— разрядность регистров должна быть большой и превышать разрядность ЦАП во избежание дополнительных ошибок при округлении результатов вычислений;

— тактовая частота, на которой работает вычислитель, должна в сотни раз превосходить частоту дискретизации, если предъявляется требование реального времени;

малое энергопотребление;

— компактность.

Среди задач анализа можно выделить как традиционные, так и нетрадиционные области применения ЦОС. Каждая задача (в зависимости от конкретного придожения) может решаться с использованием различных методов и алгоритмов. Например, задача выделения сигнала из помех может решаться методами линейной, адаптивной и нелинейной фильтрации. В свою очередь, цифровая динейная фильтрация может быть осуществлена алгоритмами КИХ- или БИХ-фильтрации.

В настоящее время выделяют следующие основные направления ЦОС [8]:

ак ан линейная фильтрация, смерене составляется само составляется с

- -- частотно-временной анализ,
- адаптивная фильтрация,
- нелинейная обработка,

— многоскоростная обработка.

Фильтрация может осуществляться с помощью цифровых фильтров (ЦФ), описываемых во временной области линейными разностными уравнениями вида

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-1), \qquad (16)$$

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-1) - \sum_{k=1}^{M-1} a_k (n-k), \qquad (17)$$

где x(n) — отсчеты воздействия; y(n) — отсчеты реакции; $\{b_i, a_k\}$ — вещественные коэффициенты, полностью определяющие свойства ЦФ; M и N — константы, задающие сложность ЦФ; x(n-i) и y(n-k) — отсчеты воздействия и реакции, задержанные на i и k периодов дискретизации T соответственно [8].

Фильтр, описываемый выражением (16), называют нерекурсивным, или КИХ-фильтром (фильтр с конечной импульсной характеристикой); фильтр, описываемый выражением (17), называют рекурсивным, или БИХ-фильтром (фильтр с бесконечной импульсной характеристикой).

Передаточные функций КИХ- и БИХ-фильтров определяются из (16) и (17) с помощью Z-преобразования и имеют вид соответственно

$$H(z) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i}, \qquad (18)$$

$$H(z) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i}}{1 + \sum_{k=1}^{M-1} a_k z^{-k}}, \qquad (19)$$

откуда после подстановки $z = e^{j\omega T} = e^{j\omega}$ получают комплексные частотные характеристики

x) (204

$$H(e^{j\overline{\omega}}) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i e^{-j\overline{\omega}i},$$

$$H(e^{j\overline{\omega}}) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} b_i e^{-j\overline{\omega}i}}{\sum_{k=1}^{M-1} b_i e^{-j\overline{\omega}k}}.$$
(20)
$$(21)$$

Из (20) и (21) нетрудно получить выражения для амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) $A(\omega)$ и фазочастотной характеристики (ФЧХ) $\phi(\omega)$:

$$A(\overline{\omega}) = H(e^{j\overline{\omega}})|, \qquad (22)$$

$$\varphi(\overline{\omega}) = \arg[H(e^{j\overline{\omega}})], \qquad (23)$$

$$MIM B ЯВНОМ ВИДЕ$$

$$A(\overline{\omega}) = \frac{\sqrt{\left[\sum_{i=0}^{N-1} b_i \cos(\overline{\omega}i)\right]^2 + \left[\sum_{i=0}^{N-1} b_i \sin(\overline{\omega}i)\right]^2}}{\sqrt{\left[\sum_{k=0}^{M-1} a_k \cos(\overline{\omega}k)\right]^2 + \left[\sum_{k=0}^{M-1} a_k \sin(\overline{\omega}k)\right]^2}}, \qquad (24)$$

$$\varphi(\overline{\omega}) = \arctan \frac{-\sum_{i=0}^{N-1} b_i \sin(\overline{\omega}i)}{\sum_{i=0}^{N-1} co(\overline{\omega}i)} - \arctan \frac{-\sum_{k\neq 0}^{M-1} a_k \sin(\overline{\omega}k)}{\sum_{k=0}^{M-1} a_k \cos(\overline{\omega}k)}. \qquad (25)$$

Связь между воздействием и реакцией фильтра устанавливается не только разностными уравнениями, но и с помощью свертки [7]:

$$y(n) = \sum_{i=0}^{k} h(i)x(h-i) = \sum_{i=0}^{k} x(i)h(h-i), \qquad (26)$$

где h(k) — импульсная характеристика фильтра. Для КИХ-фильтра k = N - 1, отсчеты импульсной характеристики равны коэффициентам фильтра $h(i) = b_i$; для БИХ-фильтра $k = \infty$, а отсчеты импульсной характеристики определяются через коэффициенты а_k и b; сложным образом. Премыжада в совется в село в село

Из (16), (17) и (26) видно, что для вычисления результатов фильтрации необходимо многократно выполнять следующие операции: сложение, вычитание, умножение, сдвиг.

Перечисленные операции являются базовыми операциями.

Цифровой спектральный анализ — это совокупность разнообразных методов обработки цифровых сигналов, которые позволяют оценить частотный состав (спектр) исследуемого сигнала. Задача спектрального анализа может носить как самостоятельный характер (например, в радарной метеорологии для оценки скорости воздушных потоков, в геофизике для поиска месторождений полезных ископаемых и т. п.), так и вспомогательный (в системах компрессии речи и изображений, компенсации помех и фильтрации).

В ЦОС важнейшими сигналами являются периодические последовательности с периодом отсчетов N и последовательности конечной длины в N отсчетов.

Для периодических последовательностей вводится дискретное преобразование Фурье (ДПФ): unit Atenevalu ratio

прямое ДПФ いなぜんすか 心をしたない うれいもん 切べる $X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk}, \quad 0 \le k \le N-1, \quad (27)$

이 엄마 아니는 것 같아요. 말 ^

்**லீратное ДПФ (ОДПФ)** உள்ள கண்டை துடையில் எனிட்டின்னார் e parte de la constante de la c $x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) W_N^{-nk}, \quad 0 \le n \le N-1,$ (28)

где X(k) — k-я комплексная амплитуда (составляющая) спектра (ДПФ); x(n) — отсчеты дискретного сигнала (периодического с периодом N или конечной длины N); W_N^{nk} — поворачивающий множитель (или ядро преобразования) [4]:

-alpha (1) is a second of the $\underline{\Sigma}_j \frac{2\pi}{N} \frac{nk}{nk}$ is the event of (2) is equivalent of W_N^{nk} = $e^{-i\frac{N}{N}}$ is a constant of the (29). 网络拉尔卡马 医多指视的 化氨基乙基 法成本资本分析 网络树木 计正式分子 化合金 Составляющие спектра X(k) имеют период N и располагаются

по частотной оси с интервалом соверение в соверение соверение в соверение в соверение в соверение в соверение в

I MONTH ANTER INFORMATION

消防 式医门口静脉运行的

iconstanti vez

$$\Delta \omega = 2\pi/NT, \qquad T = 1/f_{\pi}, \qquad (30)$$

Этот интервал называется частотой преобразования.

Составляющая с номером k располагается на частоте

$$\omega_{k} = \Delta \omega k, \qquad X(k) = X(e^{jk\Delta \omega}). \tag{31}$$

en di kata karteri Говорят, что ДПФ является N-точечным, если оно содержит N составляющих спектра. Модуль ДПФ X(k) представляет собой спектр амплитуд, аргумент ДПФ — это спектр фаз

and the second s

$$\varphi(k) = \arg X(k). \tag{32}$$

Это же преобразование можно применить и к последовательности конечной длины, рассматривая ее как один период повторяющейся последовательности.

Смысл ДПФ для дискретных периодических сигналов и сигналов конечной длины различен. Спектр периодического дискретного сигнала с периодом N является также периодическим и дискретным, имеющим на одном периоде ровно N комплексных составляющих, поэтому ДПФ точно выражает его спектр. С дискретным сигналом конечной длины N дело обстоит несколько сложнее. Его спектр, являясь периодическим с периодом ω_{π} , представляет собой непрерывную функцию частоты, однако по N равноотстоящим отсчетам спектра X(k), т. е. по ДПФ, гарантируется возможность точного восстановления как непрерывного спектра $X(e^{j\omega})$, так и последовательности x(n).

Быстрое преобразование Фурье. Прямое вычисление ДПФ по формулам (27) и (28) для больших N (например, при обработке видеосигналов длина одного фрагмента N достигает значения 2¹⁰ = 1024) крайне неэффективно и может стать препятствием для обеспечения реального времени. Для вычисления *N*-точечного преобразования требуется произвести (N-1)² комплексных умножений и N(N-1) комплексных сложений, т. е. объем вычислений имеет порядок N² операций сложения и умножения комплексных чисел.

Для уменьшения вычислительных затрат разработаны алгоритмы быстрого вычисления ДПФ, называемые быстрым преобразованием Фурье (БПФ) [4]. Эти алгоритмы основаны на периодичности ядра преобразования W_N^{nk} . Идея БПФ состоит в том, чтобы разделить N-точечную последовательность на две, из ДПФ которых можно получить ДПФ исходной последовательности, и продолжать такое деление каждой новой последовательности до тех пор, пока не останутся последовательности, состоящие только из двух элементов. Конечно, такое деление возможно лишь transer esti a stores. при $N = 2^m$. Полькова со времено славно рабо

Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Исходная N-точечная последовательность x(n) делится на две N/2-точечных последовательности, одна из которых содержит отсчеты с нечетными номерами, а другая — с четными:

- четная последовательность $x_1(n) = x(2n)$,

— нечетная последовательность $x_2(n) = x(2n+1)$ при n = 0, 1, ..., N/2 - 1.

Тогда N-точечное ДПФ исходной последовательности x(n) преобразуется в два N/2-точечных ДПФ:

¢	81. (1	. De Kr	3 198 C.	64021218	Mires.	t de la	83 5 -93	asse	0.1.21.203	- ;
ł,	63×	:OIC:	A (19)	SC Zaster		(k) + W	$V_N^k X_2(k$	<u>a) es</u> :	1813 (N <u>1</u> 1779)	t)
Ś	64975	9.5.5	120 A.C	X(k) =	= {		-k '.,	<u>₹</u> };;;;;;	C. 49765	•
	21.12		1996	nove de	$\{X_1\}$	(R) – W	NX2(k	IJJana a	. WAY MA	ж.

(33)

O. MARCE

где верхняя строка дает первые N/2 составляющих ДПФ X(k), а нижняя строка — вторые N/2 составляющих, 0 < k < N/2 - 1.

Далее аналогичным образом каждое N/2-точечное ДПФ заменяется двумя N/4-точечными и т. д. Такая сортировка осуществляется до тех пор, пока не образуется N/2 последовательностей по два элемента в каждой. В результате N-точечное ДПФ сво-

 $X_2(k)$ Рис. 2. Схема алгоритма с прореживанием по времени.

дится к $m = \log_2 N$ этапам, на каждом из которых требуется вычислить N коэффициентов. Выражения (33) показывают, что на каждом этапе требуется N комплексных сложений и N/2 комплексных умножений. Это легко видеть из направленного графа (рис. 2), на котором стрелкой обозначено умножение на W_N^{nk} . Использование такой базовой операции снижает число требуемых для вычисления N-точечного ДПФ комплексных сложений с N^2 до $\frac{3}{2}N\log_2 N$, что является существенной экономией вычислительных, а потому и временных ресурсов.

В результате сортировки отсчетов x(n) по нечетным и четным номерам входные данные записываются в необычном порядке, который называется двоичной инверсией, или бит-реверсией. Для правильного выполнения БПФ необходимо в исходном двоичном номере заменить порядок расположения разрядов на обратный (инверсный). При двоичной инверсии входной последовательности составляющие X(k) ДПФ будут расположены в естественном порядке.

Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте. В этом случае входная последовательность x(n) делится пополам на N/2 первых и N/2 последних отсчетов и так до тех пор, пока не сформируется N/2 двухэлементных последовательностей. Базовая операция описывается выражением (29), а ее направленный граф принимает вид, представленный на рис. 3:

$$X_{1}(k) = \begin{cases} X_{1}(k) + X_{2}(k) \\ W_{N}^{k} \\ W_{N}^{k} \end{cases}$$

$$[X_{1}(k) - X_{2}(k)]W_{N}^{k} \\ W_{N}^{k} \\ Fuc. 3. Схема алгоритма с прореживанием по частоте. \\ (34) \\ [X_{1}(k) - X_{2}(k)]W_{N}^{k} \end{cases}$$

Вычисление согласно данному алгоритму приводит к тому, что составляющие X(k) ДПФ располагаются в порядке, соответствующем бит-реверсии, поэтому их необходимо пересортировать согласно естественному порядку.

Алгоритмы БПФ являются рекурсивными: невозможно рассчитать N/2-точечное ДПФ, не рассчитав предварительно N/4-точечное ДПФ.

Дискретное преобразование Хартли (ДПХ). Дискретное преобразование Фурье отображает последовательность вещественных данных в комплексную область, где хорошо разработаны методы анализа, существенно облегчающие изучение и трактовку колебательных процессов. Однако обработку вещественных данных желательно выполнять в вещественной области. Эту задачу решает дискретное преобразование Хартли (ДПХ), которое, как и ДПФ, может применяться в задачах спектрального анализа и цифровой фильтрации [8].

тайтелени со палеко и б**Заключение** – состало составер бере едо

가 있는 것이 가지 않는 것이 있는 것이 있는 것이 있는 것이 있다. 것이 있는 것이 있다. 1997년 1월 19

20世間第二日に、1日の時間の11日、認知をついてもない。

Анализ радиолокационных характеристик мезоциклонов с торнадо (интенсивными вихрями) показывает, что по данным об отражаемости невозможно надежно обнаруживать торнадо. Доплеровский радиолокатор открывает новые перспективы в прогнозе опасных явлений погоды и является важным оперативным средством в метеорологической службе. Получаемое с помощью радиолокатора распределение доплеровской скорости внутри облака позволяет выделить характерные признаки мезоциклонов с торнадо.

Потенциальными признаками торнадо являются значительные изменения первого момента доплеровской скорости от одного разрешаемого объема к другому и большие значения второго момента. В облаках с такими характеристиками или уже есть торнадо, или имеется потенциальная возможность его зарождения, и они считаются опасными. Признаком, позволяющим локализовать положение вихря торнадо и хорошо коррелирующим со многими наблюдаемыми торнадо, является интенсивный азимутальный сдвиг скорости ветра. По результатам многолетних исследований мезоциклоническая циркуляция — источник циркуляции торнадо — хорошо идентифицируется на карте радиальных скоростей.

ных скоростеи. С помощью доплеровского радиолокатора можно увеличить заблаговременность прогноза интенсивных вихрей на 20 мин, что дает населению больще времени на принятие мер предосторожности.

Рассмотрены общие подходы к обработке информации доплеровских РЛС. Специфической особенностью анализа метеообъектов являются очень большие объемы информации, которая должна обрабатываться с высоким темпом обновления. Высокие требования к оперативности и объему перерабатываемой радиолокационной информации требуют использования быстрых алгоритмов расчета доплеровского спектра отраженного сигнала и применения высокопроизводительных вычислительных систем.

Для реализации алгоритмов цифровой обработки радарной информации в реальном масштабе времени необходимо использовать высокопроизводительные цифровые процессоры обработки сигналов. Прогресс в обработке, передаче и хранении различной информации связан с радикальным изменением технологических возможностей современных процессорных систем. Использование новейших высокопроизводительных сигнальных процессоров со сверхвысокой производительностью обеспечивает реализацию математикоемких алгоритмов обработки метеоинформации, что невозможно было осуществить ранее, В обработке метеорологической информации выделяются такие направления, как линейная фильтрация, спектральный анализ, частотно-временной анализ, адаптивная фильтрация, нелинейная обработка. При этом следует использовать стандартные проверенные методы и алгоритмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров Ю. А. Новое поколение ЦСП Texas Instruments// Компоненты и технологии, 2001, № 1.

2. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. — Л.: Гидрэметеоиздат, 1988.

3. Куприянов М. С. и др. Техническое обеспечение цифровой обработки сигналов. — СПб.: Наука и техника, 2000.

4. Марпл мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения/ Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.

5. Мельников В. М. Обработка информации в доплеровских МРЛ// Зарубежная радиоэлектроника, 1993, № 4.

6. Новые DSP — новый рывок в производительности/ Пер. с англ. — ChipNews, 2000, № 10.

7. Солонина А. И., Яковлев Л. А. Основы построения микропроцессорных систем/ Учебное пособие. — Л.: ЛЭИС, 1991.

8. Уфюмов Е. П. Цифровая схемотехника. — СПб.: БХВ-Петербург, 2000.

9. Browning K. A., Donaldson R. J. Jr. Airflow and structure of a tornadic storm// J. Atmos. Sci., 1963, 20.

10. Burgess D. W., Lemon L. R. Severe thunderstorm detection by radar// Radar in Meteorology (D. Atlas, Ed.). — Amer. Meteor. Soc., 1990.

11. Carbone R. E. A severe frontal rainband. Part II: Tornado parent vortex circulation// J. Atmos. Sci., 1983, 39.

12. Davies-Jone's R. P., Brooks H. E. Mesocyclogenesis from a theoretical perspective// The Tornado: its structure, dynamics, prediction, and hazards (C. Church et al., Eds.). — Amer. Geophys. Union, 1993, Geophysical Monograph 79.

13. Doswell C. A. A review for forecasters on the application of hodographs to forecasting severe thunderstorms// Nat. Wea. Dig., 1991, 16, No. 1.

14. Imy D. A., Burgess D. W. The structural evolution of a tornadic supercell with a persistent mesocyclone// Preprints, 25th Conf. Radar Meteorology (Paris, France). — Amer. Meteor. Soc., 1991.

15. Klemp J. B., Wilhelmson R. B. The simulation of three-dimensional convective storm dynamics// J. Atmos. Sci., 1978, 35.

16. Lemon L. R. New severe thunderstorm radar identification techniques and warning criteria: A preliminary report. — NOAA Tech. Memo., 1977, NWS NSSFC-1 (NTIS Accession No. PB-273049).

17. Lemon L. R., Doswell C. A. Severe thunderstorm evolution and mesocyclone structure as related to tornadogenesis// Mon. Wea. Rev., 1979, 107.

だい、しいた ためもち あいわび キー・

А. Д. Егоров, И. А. Потапова, Д. В. Привалов

短期外口的 电压管线子变 动

corrections of the constant

and and the

(1)

Lean diversal a media

СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАЩЕНИЯ ЛИДАРНЫХ СИГНАЛОВ МАЛОЙ МОШНОСТИ

s fil leann anns i clathachadh i stàirteac lean fàir se al an th

Сложность обратной задачи лазерного дистанционного зондирования слабо рассеивающей атмосферы, зондирования, выполняемого на значительных расстояниях от лидара, обусловлена существенной ролью систематической и случайной погрешностей измерений, включая погрешности из-за сдвига нуля эхо-сигнала, неточности его коррекции на геометрический фактор и т. д.

В работе [1] найдено строгое решение этой задачи, содержащее процедуру исключения постоянной составляющей мощности, принимаемой лидаром. С этой целью было рассмотрено лидарное уравнение в видеренения и состания в состания в

$$P(\vec{R}_i,\vec{r}_j) = P_*(\vec{R}_i) + Af\beta(\vec{r}_j)T_{i,j}^2,$$

ele letter ander henne el de 15 deter de 16 de letter de 18 de letter de 18 В формуле (1) введены следующие обозначения: T — коэффициент пропускания атмосферы; *P_{i,j}* — мощность сигнала обратного рассеяния; $\bar{r_j}$ — радиус-вектор зондируемого рассеивающего элемента; \vec{R}_i — радиус-вектор точки посылки световых импульсов и приема сигналов обратного рассеяния, причем рассматривается как однопозиционное зондирование с фиксированным радиус-вектором R_i , так и многопозиционное зондирование (*i*-й точке расположения приемопередатчика соответствует радиус-вектор \vec{R}_i , i = 1, 2, ...);eesti ta ng astadijang si sang si si s

 $f = K(\vec{r}_i - \vec{R}_i)^{-2}$ — геометрический фактор лидара; $K_{\pm 1}$ коэффициент заполнения; A — постоянная лидара;

β — коэффициент обратного рассеяния;

σ — коэффициент ослабления;

r — текущий радиус-вектор точки прямой, проходящей через точки *i*, *j*;

 $c_{i,j}$ — отрезок [\bar{R}_i, \bar{r}_j], по которому вычисляется интеграл в уравнении (1);

dr — элемент длины отрезка;

*P*_{*} — мощность солнечного излучения, рассеянного атмосферой в направлении на приемное устройство лидара, зависящая от положения точки посылки импульсов и связанного с ним направления на исследуемый объект.

Коэффициент ослабления, его производные и производные коэффициента обратного рассеяния определяются на основании решения системы уравнений, сформулированной в работе [1]. В частности, соотношение

$$(\ln P_i')' = -\frac{1}{r_i} \left\{ 2(1 + \sigma_* r_i) + \frac{1}{1 + \sigma_* r_i} \right\}$$
 (2)

 $(P_i -$ мощность эхо-сигнала, поступающего в приемное устройство от рассеивающего объема, находящегося на расстоянии r_i от лидара, $\sigma_* = \text{const}$) рассматривается как уравнение, определяющее коэффициент ослабления однородной атмосферы σ_* . Найденное соотношение — критерий однородности атмосферы, применимый также для компьютерного тестирования лидарных систем.

Случайная погрешность δ коэффициента ослабления найдена в работе [2] в линейном приближении, когда она определяется случайной погрешностью мощности эхо-сигнала и производными $\partial \sigma = \partial P_i$. Случайная погрешность мощности δP аппроксимируется в работе величиной, пропорциональной квадратному корню из мощности P. Коэффициент пропорциональности C определяется по данным эксперимента для конкретной аппаратуры. Результаты теоретического анализа случайной погрешности показывают наличие минимального значения величины $\delta = \delta_{\min}$, зависящего от условий зондирования и равного приблизительно $C(A\beta)^{-1/2}$. В работе показано, что погрешность δ/δ_{\min} может как



na serie de la completa de la construcción de la construcción de la construcción de la construcción de la const Reserva construcción de la construcc

32



Рис. 2. Зависимость величины $\Delta P/P$ от расстояния зондирования *r* для менее (1) и более (2) возмущенного эхо-сигнала.

уменьшаться, так и увеличиваться при увеличении шага зондирования Δr . Данный факт объясняется усилением при этом затухания эхо-сигнала, с одной стороны, и увеличением погрешности мощности сигнала, с другой. Путем выбора шага зондирования Δr можно существенно (в несколько раз) уменьшить погрешность определения коэффициента ослабления методом лидарного зондирования.

С использованием экспериментальных данных [1] в настоящей работе был выполнен анализ систематической погрешности коэффициента ослабления атмосферы. Решалась прямая (1) и обратная (2) задачи. Для заданного значения о рассчитывалась мощность P, которая изменялась на величину ΔP . По измененной мощности вычислялось приближенное значение коэффициента ослабления. Погрешность δ определялась как разность между приближенным и заданным значениями рассматриваемого коэффициента. На рис. 1 представлена относительная погрешность δ/σ как функция переменных Δr , r, σ , где Δr — шаг зондирования, r — расстояние зондирования, P — мощность сигнала на расстоянии r от лидара. Величина $\Delta P/P$, для которой выполнены расчеты, приведена на рис. 2. Анализ результатов выполненных расчетов показывает, что небольшие систематические погрешности существенно влияют на результаты решения обратной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров А. Д., Потапова И. А. Определение характеристик аэрозоля лидарными системами. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2002, вып. 4 (552), с. 14—18.

2. Егоров А. Д., Потапова И. А. Анализ погрешностей обращения лидарных сигналов малой мощности. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2004, вып. 6 (554), с. 62—66.

an Shell balanti ann ath-suimeach i seat

The second second second second

¹⁰ A determinant and the intervention of the set of the state of the set of the set

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ И ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОАКТИВНОЙ ЗОНЕ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА

ana j⁷⁶ no kaominina departe de la competencia de Для интерпретации экспериментальных данных по молниевой (электрической) активности грозовых облаков необходимо использовать методы математического моделирования электризации конвективных облаков с использованием механизмов электризации, дающих наиболее эффективный рост во времени электрических зарядов и полей в грозовых облаках. Наиболее важным понятием в этой связи является понятие об электроактивной зоне облака как области. гле происходят наиболее интенсивное заряжение облачных частиц и частиц осадков при их столкновениях, а также возникновение сильных электрических полей в результате седиментации частиц осадков и выноса за счет конвективных потоков более легких облачных частиц, заряженных электрическим зарядом противоположного знака, к вершине облака. Результаты исследований, как лабораторных [1, 5, 9], так и проводившихся в натурных условиях [2, 6, 7], показывают, что наиболее эффективный механизм электризации в грозовых облаках — столкновения с отскоком ледяных кристаллов с частицами крупы/града. В этом случае электроактивная зона находится в области отрицательных температур [6].

Численные оценки плотности электрических зарядов, возникающих на ледяных облачных частицах и ледяных частицах осадков, были проведены в [3].

В настоящей работе эти расчеты проводятся с учетом различных параметризаций этого механизма [7, 10, 11]. Для цилиндрической симметричной модели электроактивной зоны рассчитывается также вертикальная составляющая напряженности электрического поля, определяемая рассчитанным распределением плотности электрического заряда на основе указанного выше механизма электризации.

Будем считать, что электроактивная зона представляет собой цилиндрическую область, простирающуюся по высоте от z = h до z = H. В этой зоне предполагается наличие частиц крупы/града, которые растут за счет коагуляции с водяными капельками, и ледяных кристаллов (облачных ледяных кристаллов).

Предполагается, нто в этой области существует конвективный поток воздуха с вертикальной скоростью w, который переносит наверх ледяные осадки, облачные ледяные частицы и водяные капельки. Будем считать, что, достигнув уровня z = H, ледяные осадки за счет коагуляции с водяными капельками приобретают скорость седиментации, равную скорости вертикального конвективного потока. С этого момента времени ледяные частицы осадков начинают двигаться вниз. Сталкиваясь с ледяными кристаллами, они заряжаются, происходит разделение этих частиц в пространстве, и формируется электрическое поле.

- Для математического описания этого процесса рассмотрим следующую стационарную систему уравнений:

(?83.2.,Cz.233) al a Caldellera

З¢		191 i	ða, g. P	1 - 18 - 18 - 18 - 18 - 18 - 18 - 18 -	$ \psi_{i} \geq 1$	$[j'] \geq [-1] \mathcal{B}_{i_{\mathrm{a}}}$	- แกะสวรรณ์ได้	1 - 2 M -		And Share a
•		de la	de esta	e te ul u	d	(110 ~) ~		15 ⁻⁹ .	and and	180. S (1)
	a shet		31 82	923 - 3C	dz	(<i>wp</i> 2) -	. 	1940 - Let	anga ku	C Patrick

$$\frac{d}{dz}(w-\overline{v}_1)\mathbf{p}_1 = S_1,$$
(2)

 \mathbb{R}_{n} , so that the second second second property of \mathbb{R}_{n} . The second sec $\frac{d}{dz}(w-\overline{v}_1)\overline{N}_1=0, \quad (\overline{v}_1-w)\overline{N}_1=F_1,$

$$\Delta \varphi = -4\pi (\rho_1 + \rho_2), \quad \tilde{E} = -\text{grad } \varphi, \quad (4)$$

1944 - Maria I.

где ρ_2 и ρ_1 — плотности электрического заряда для частиц облачного льда и крупных ледяных частиц (крупы); \overline{N}_1 — средняя концентрация частиц крупы; \overline{v}_1 — средняя скорость седиментации для частиц крупы; F_1 — поток крупных частиц, связанный с выпадением осадков; Е — напряженность электрического поля; ф — потенциал электрического поля;
 z — вертикальная координата.

Плотность электрического заряда для частиц облачного льда и частиц крупы выражается через функции распределения заряда частиц по диаметрам $Q_2(D_2)$, $Q_1(D_1)$ и функции распределения частиц по диаметрам $N_2(D_2)$, $N_1(D_1)$: sulla della di Plan a
$$\rho_{1} = \int Q_{1}(D_{1})N_{1}(D_{1})dD_{1},$$

$$\rho_{2} = \int Q_{2}(D_{\bar{2}})N_{2}(D_{2})dD_{2}.$$
(5)

В уравнении (1) предполагается, что скорость седиментации облачных ледяных частиц \overline{v}_2 значительно меньше скорости вертикального потока $w: \overline{v}_2 << w$. Для источникового члена S_1 , определяющего микроэлектризацию облачных ледяных частиц и частиц крупы при их взаимных столкновениях с отскоком, имеет место представление [12, 13]

·治疗公司不论 的过去分词通过 医正常性 法 的复数人名 有限数据的建立 ¹然后来 医毛氨酸盐 化正常 蔚

 $\leq \epsilon$

$$S_{1} = \frac{\pi}{4} \iint_{D_{1}D_{2}} E_{21}(D_{1} + D_{2})^{2} |v_{1}(D_{1}) - v_{2}(D_{2})| N_{1}(D_{1}, z) N_{2}(D_{2}, z) \delta q_{12} dD_{1} dD_{2}.$$
 (6)

Здесь E_{21} — эффективность столкновений с отскоком, которая определяется как $E_{21} = E_{21}^{\text{ст}} E_{21}^{\text{от}}$ [13], где $E_{21}^{\text{ст}}$ — коэффициент столкновений, $E_{21}^{\text{от}}$ — вероятность отскока или разделения частиц при столкновениях; δq_{12} — электрический заряд, переносимый от мелких ледяных частиц к крупе при столкновениях с отскоком; $|v_1(D_1) - v_2(D_2)|$ — разность скоростей седиментации.

Знаки в правых частях уравнений (1) и (2) выбраны в соответствии с тем, что при столкновениях облачного льда с частицами крупы заряд, передаваемый крупе при одном столкновении, отрицателен: $\delta q_{12} < 0$.

Как следует из выражения (6), для расчета функции S_1 необходимо задание распределений частиц по размерам $N_1(D_1,z)$, $N_2(D_2,z)$ как функций высоты. Для упрощения задачи предполагается, что эти две группы характеризуются средними диаметрами \overline{D}_1 и \overline{D}_2 . Такая параметризация проводилась в работах [4, 8]. Более сложные аппроксимации использовались в работах [12, 13], в которых функции распределения облачных ледяных частиц и ледяных осадков задавались в виде гамма-распределений и экспоненциальных распределений. Представим $N_1(D_1, z)$ и $N_2(D_2, z)$ в следующем виде:

$$N_1(D_1) = \overline{N}_1 \delta(D_1 - \overline{D}_1),$$

$$N_2(D_2) = \overline{N}_2 \delta(D_2 - \overline{D}_2).$$
(7)

Тогда, подставив (7) в (6), получим: $S_1 = \frac{\pi}{4} E_{21} (\overline{D}_1 + \overline{D}_2)^2 | v_1(\overline{D}_1) - v_2(\overline{D}_2) | \overline{N}_1 \overline{N}_2 \delta q_{12},$ NATES A SECTION OF SEC 「「現金の工業会」都では、国際がな 人名阿尔德德姓氏 建磷酸盐 化乙烯乙烯酸盐

где \overline{N}_1 , \overline{N}_2 — функции z.

(j.).

В выражении (8) диаметр крупы может изменяться за счет процесса коагуляции с водяными капельками, поэтому при седиментации будет изменяться концентрация крупных ледяных частиц \overline{N}_1 за счет роста скорости $v_1(\overline{D}_1)$. Положим $v_{10} = \frac{k}{\sqrt{2}} \overline{D}_{10}^{1/2} = w$, где \overline{D}_{10} — средний диаметр при z = H, $k = \sqrt{2} \left(\frac{4\bar{g}\rho_1}{3c_D\rho} \right)^{1/2}$, \bar{g} — ускорение свободного падения, ρ_1 — плотность ледяной частицы, ρ — плотность воздуха, c_D — коэффициент вентиляции ($c_D \approx 1$). \sim Используя уравнение неразрывности (3), получаем для \overline{N}_1 $\overline{N}_{1} = \frac{\sqrt{2}F_{1}}{k\left(\overline{D}_{1}^{1/2} - \overline{D}_{10}^{1/2}\right)}, \quad \overline{D}_{1} = \overline{D}_{10}\left(1 + \frac{t}{t_{*1}}\right)^{2},$ 1999 (9)^a $v_{1}(\overline{D}_{1}) = \frac{k}{\sqrt{2}} D_{10}^{1/2} \left(1 + \frac{t}{t_{*1}}\right) = v_{10} \left(1 + \frac{t}{t_{*1}}\right),$ $\frac{\partial \overline{D}_{1}}{\partial \overline{D}_{1}} = \frac{\partial \overline{D}_{1}}{\partial \overline{D}_{1}} + \frac{\partial \overline{D}_{1}} + \frac{\partial \overline{D}_{1}}{\partial \overline{D}_{1}} + \frac{\partial \overline{D}_{1$ где $W_{\rm B}$ — водность в зоне электризации.

Используя соотношение $H - z = \int_{0}^{t} \left(v_1(\overline{D}_1) - w \right) dt = v_{10} \frac{1}{2} \frac{t^2}{t_{*1}}, \quad (10)$ получаем для концентрации \overline{N}_1 :

$$\overline{N}_{1} = \frac{\sqrt{2F}}{kD_{10}^{1/2} \frac{t}{t_{*1}}} = \frac{\sqrt{2F}}{kD_{10}^{1/2} \left[\frac{2(H-z)}{v_{10}t_{*1}}\right]^{1/2}}.$$
(11)

Важной характеристикой, входящей в выражения (6) и (8), является величина заряда δq_{12} , передаваемого при одном столкновении ледяным кристаллом крупной ледяной частице. Эту величину можно представить на основе обработки экспериментальных данных [7, 10] в следующем виде:

$$\delta q_{12} = kD_2^m |v_1 - v_2|^n \left(LWC - LWC_{\rm KP} \right) f(\tau), \quad k = 7,3 \cdot 10^{-14}, \quad (12)$$

где $LWC_{\rm kp}$ — критическая водность, ниже которой знак передаваемого заряда меняется на противоположный.

Лабораторные измерения [10] показывают, что m = 4, n = 3. Для функции $f(\tau)$ используется представление [7]

$$f(\tau) = a\tau^3 + b\tau^2 + c\tau + d,$$
 we assume that it is a state that it i

Наиболее хорошее соответствие с экспериментальными данными имеет место при $a = -1.7 \cdot 10^{-5}$, b = -0.003, c = -0.05, d = 0.13для переноса заряда, выраженного в фКл = 10^{-15} Кл. В выражении (12) δq_{12} выражается в кулонах.

Расчет функции охлаждения $f(\tau)$ дает температуру изменения знака заряжения $T \approx -21,5$ °C, т. е. при $T \leq -21,5$ °C $\delta q_{12} < 0$, а при T > -21,5 °C $\delta q_{12} > 0$ при $LWC > LWC_{\text{кр}}$. Используя представление (8)—(12) и предполагая $v_1(\overline{D}_1) >> >> v_2(\overline{D}_2)$ и $\overline{D}_1 >> \overline{D}_2$, преобразовав (1) и (2), получаем уравнения, одно из которых описывает заряжение крупных ледяных частиц за счет столкновения с мелкими ледяными частицами, начиная с высоты z = H, а другое — заряжение мелких ледяных частиц, начиная с высоты z = h. Эти уравнения представляются в следующем виде:

$$\frac{d}{dz}(w-v_1)\rho_1 = \frac{\pi}{4}E_{12}D_{10}^2 \left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^8 \frac{F\delta q_{12}^0 N_2}{\left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}}, \quad (14)$$

 $\frac{d}{dz}(w-v_2)\rho_2 = -\frac{\pi}{4}E_{12}D_{10}^2\left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^8 \frac{F\delta q_{12}^0 N_2}{\left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}}, (15)$

где
$$\delta q_{\pi g}^0 = A v_{10}^3 = A v_{10}^3 (D_{10}), A = 7,3 \cdot 10^{-14} (D_2)^4 \delta L f(\tau),$$

 $\delta L = LWC - LWC_{\rm KD}, z_{*1} = v_{10} t_{*1}.$

Из уравнений (14), (15) следует, что правая их часть в общем случае зависит от распределения водности δL в облаке по высоте, разности температур $\tau = T - T_0$, диаметра мелких кристаллов и их концентрации N_2 . Возможные случаи распределения N_2 с высотой рассмотрены в работе [5]. Первая оценка для N_2 основана на механизме замерзания, в котором кристаллы образуются в результате обзернения в узком интервале температур около -7 °С такая температура приближенно соответствует нижнему основанию зоны заряжения. В этом случае допускается на всем протяжении зоны заряжения

$$\frac{N_2}{N_2^0} = 1, \quad \text{args} = 1,$$

где N_2^0 — концентрация кристаллов в основании зоны заряжения.

and here and a company of the state of the second second second second second second second second second secon

e i feli de la composición de la compo

and the second second

Вторая оценка основана на активизации ледяных ядер, концентрация которых увеличивается с понижением температуры:

$$\frac{N_2}{N_2^0} = \exp[0.6(T_m - T)], \qquad (17)$$

где T_m — температура в основании зоны заряжения.

При таком подходе предполагается, что существует соответствие между концентрацией образующихся ледяных кристаллов и концентрацией ледяных ядер.

Наконец, в третьем подходе делается попытка простым способом промоделировать процесс образования ледяных кристаллов с помощью бокового турбулентного переноса из соседнего нисходящего потока. Если допускается, что скорость переноса не зависит от высоты, то из расчетов следует

$$\frac{N_2}{N_2^0} = 1 - e^{-\alpha z}$$

где N_2^0 — концентрация ледяных кристаллов в соседнем нисходящем потоке, $\alpha = 1 \, \mathrm{km}^{-1}$ — параметр турбулентного переноса.

В настоящей работе для проведения расчетов предполагается, что $\delta L = \text{const}$, $N_2 = \text{const}$, функция охлаждения $f(\tau) > 0$ при $T > T_r$ и $f(\tau) < 0$ при $T < T_r$, а заряд Sq_{12}^0 аппроксимируется ступенчатой функцией:

$$\delta q_{12}^{0} = \begin{cases} -\left| \delta q_{12}^{0} \right|, & T < -21,5 \text{ °C}, \quad z > \overline{z}_{*}, \\ \left| \delta q_{12}^{0} \right|, & T > -21,5 \text{ °C}, \quad z < \overline{z}_{*}, \end{cases}$$
(19)

где \overline{z}_* — высота уровня, на котором $T = T_r = -21.5$ °C.

Интегрируя уравнения (14) и (15) с использованием (19), получаем для ρ_1 и ρ_2 выражения в области $\overline{z}_* < z < H$:

$$\rho_1 = -\frac{1}{v_1 - w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^2 F N_2 \left| \delta q_{12}^0 \right| \frac{z_{*1}}{9} \left[\left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^9 - 1 \right],$$

$$\rho_{2} = -\frac{1}{w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} \left| \delta q_{12}^{0} \right| \frac{z_{*1}}{9} \left[2 \left(1 + \left[\frac{2(H - \overline{z}_{*})}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} - \frac{1}{2} \left(1 + \left[\frac{2(H - \overline{z}_{*})}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} \right] \right]$$

$$\left(1+\left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^{9}\left(1+\left[\frac{2(H-h)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^{9}\right).$$
(20)

n presente de la commune d Суммарная плотность электрического заряда в зоне заряжения определяется выражением

われら (オード)感わ

$$\rho = \rho_1 + \rho_2, \qquad (21)$$

где h — нижняя граница зоны заряжения, H — верхняя граница этой зоны.

Если
$$\overline{z}_* = h$$
 и в этой области $\delta q_{12}^0 = -\delta q_{12}^0$, то из (20) следует:

$$\rho_{2} = \frac{1}{w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} \left[\delta q_{12}^{0} \right| \frac{z_{*1}}{9} \left[\left(1 + \left[\frac{2(H-h)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} - \left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} \right].$$

$$(22)$$

В области $h < z < \overline{z}_*$ ρ_1 и ρ_2 представляются выражениями

$$\rho_{1} = -\frac{1}{v_{1} - w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} \left[\delta q_{12}^{0} \right] \frac{z_{*1}}{9} \left[2 \left(1 + \left[\frac{2(H - \overline{z}_{*})}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} - 1 - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} \right], \quad (23)$$

$$\rho_{2} = -\frac{1}{w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} \left| \delta q_{12}^{0} \right| \frac{z_{*1}}{9} \left| \left(1 + \left[\frac{2(H-h)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{\sigma} - \left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}} \right]^{1/2} \right)^{9} \right].$$

В экспериментальной модели, рассмотренной в [11], заряд, переносимый от мелкой ледяной частицы к крупной, можно параметризировать следующим образом:

$$\delta q_{12} = \begin{cases} -\left| \delta q_{12}^1 \right| & \text{при } T < -10 \text{°C}, \quad z > z_*, \\ \left| \delta q_{12}^1 \right| & \text{при } T > -10 \text{°C}, \quad z < z_*. \end{cases}$$
(24)

Как следует из [11], величина передаваемого заряда зависит от водности в облачной среде, но эта зависимость не очень сильная, и в дальнейшем она учитываться не будет. Уравнения, аналогичные (14) и (15), в этом случае имеют вид

$$\frac{d}{dz}(w-v_1)\rho_1 = \frac{\pi}{4}E_{12}D_{01}^2 \left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^5 \frac{F\delta q_{12}N_2}{\left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}}, \quad (25)$$

3.

$$\frac{d}{dz}w\rho_2 = -\frac{\pi}{4}E_{12}D_{01}^2 \left(1 + \left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}\right)^5 \frac{F\delta q_{12}N_2}{\left[\frac{2(H-z)}{z_{*1}}\right]^{1/2}}.$$
 (26)

Интегрируя уравнения (25) и (26), получаем выражения для р₁и р₂:

в области
$$z_{*} < z < H$$

$$\rho_{1} = -\frac{1}{v_{1} - w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} |\delta q_{12}^{1}| \frac{z_{*}}{6} \left\{ \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - 1 \right\},$$

$$\rho_{2} = \frac{1}{w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} |\delta q_{12}^{1}| \frac{z_{*}}{6} \left\{ 2 \left(1 + \left[\frac{2(H - z_{*})}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} \right\}, \quad (27)$$
В области $h < z < z_{*}$

$$\rho_{1} = -\frac{1}{v_{1} - w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} |\delta q_{12}^{1}| \frac{z_{*}}{6} \left\{ 2 \left(1 + \left[\frac{2(H - z_{*})}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - 1 - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - 1 - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} \right\},$$

$$\rho_{2} = -\frac{1}{w} \frac{\pi}{4} E_{12} D_{01}^{2} F N_{2} |\delta q_{12}^{1}| \frac{z_{*}}{6} \left\{ \left(1 + \left[\frac{2(H - z_{*})}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z)}{z_{*g}} \right]^{1/2} \right)^{6} - \left(1 + \left[\frac{2(H - z$$

С использованием выражений (20), (22), (23), (27), (28) были проведены расчеты распределений с высотой плотности электрического заряда крупы ρ_1 , кристаллов ρ_2 и суммарной плотности электрического заряда $\rho = \rho_1 + \rho_2$ в электроактивной зоне. В табл. 1 представлены распределения с высотой при H = 7 км, $z_* = h = 4$ км, w = 4,26 м/с, $D_{01} = 1000$ мкм, водности 1 г/м³, $t_{*1} = 469$ с, $N_1 = 5 \cdot 10^2$ м⁻³, $N_2 = 10^4$ м⁻³, $E_{12} \approx 1$ и с δq_{12} , определяемым (24) и равным 10^{-14} Кл. Здесь также представлены

Таблица 1

.82	t de trade Ante	Зависимость бq ₁₂ от температуры							
г км	ОП	ределяется (2	24)	опр	пределяется (12)				
	ρ ₁ Кл/м ³	ρ ₂ Кл/м ³	р Кл/м ³	ρ ₁ Кл/м ³	ρ ₂ Кл/м ⁸	ρ Кл/м ³			
4,0	-8,46 · 10 ⁻⁹	0	-8,46 · 10 ⁻⁹	$-1,73 \cdot 10^{-7}$	0	$-1,73 \cdot 10^{-7}$			
4,2	-7,68×10 ⁻⁹	1,8 · 10 ⁻⁹	-5,88 · 10 ⁻⁹	$-1,48 \cdot 10^{-7}$	5,36 · 10 ⁻⁸	-9,40 · 10 ⁻⁸			
4,4	-6,97-10 ⁻⁹	3,47 · 10 ⁻⁹	-3,50 · 10 ⁻⁹	$-1,24 \cdot 10^{-7}$	9 , 95 · 10 ^{~8}	$-2,40 \cdot 10^{-8}$			
4,6	-6,23 · 10 ⁻⁹	4,99 · 10 ⁻⁹	-1,24 · 10 ⁻⁹	$-1,03 \cdot 10^{-7}$	1,39 · 10 ⁻⁷	3,54 · 10 ⁻⁸			
4,8	-5,56 10 ⁻⁹	6,41 · 10 ⁻⁹	0,85 · 10 ⁻⁹	-8,56 · 10 ⁻⁸	1,73 · 10 ⁻⁷	8,74 · 10 ⁻⁸			
5,0	-4,92 · 10 ⁻⁹	7,72 · 10 ⁻⁹	2,80 10 ⁻⁹	-6,97 10 ⁻⁸	$2,01 \cdot 10^{-7}$	$1,32 \cdot 10^{-7}$			
5,2	$-4,32 \cdot 10^{-9}$	8,89 · 10 ⁻⁹	4,57 · 10 ⁻⁹	-5,59 10 ⁻⁸	$2,25 \cdot 10^{-7}$	1,69 · 10 ⁻⁷			
5,4	$-3,75 \cdot 10^{-9}$	9,95 · 10 ⁻⁹	$6,20 \cdot 10^{-9}$	-4,39 10 ⁻⁸	$2,45 \cdot 10^{-7}$	2,01 · 10 ⁻⁷			
5,6	$-3,22 \cdot 10^{-9}$	10,86 · 10 ⁻⁹	7,65 - 10 ⁻⁹	-3,36 10 ⁻⁸	2,60 · 10 ⁻⁷	2,27 · 10 ⁻⁷			
5,8	-2,69 · 10 ⁻⁹	11,72 · 10 ⁻⁹	9,03 · 10 ⁻⁹	-2,51 · 10 ⁻⁸	$2,73 \cdot 10^{-7}$	2,47 · 10 ⁻⁷			
6,0	$-2,27\cdot 10^{-9}$	12,46 · 10 ⁻⁹	1,02 · 10 ⁻⁸	-1,81 · 10 ⁻⁸	$2,82 \cdot 10^{-7}$	$2,\!64 \cdot 10^{-7}$			
6,2	-1,77 · 10 ⁻⁹	13,10 · 10 ⁻⁹	1,13 · 10 ⁻⁸	$-1,24 \cdot 10^{-8}$	2,89 · 10 ⁻⁷	$2,76 \cdot 10^{-7}$			
6,4	1,38⊝10 ⁹	13,63 · 10 ⁻⁹	$1,22 \cdot 10^{-8}$	-0,79 10 ⁻⁸	$2,94 \cdot 10^{-7}$	$2,86 \cdot 10^{-7}$			
6,6	-0,99 · 10 ⁻⁹	14,05 · 10 ⁻⁹	1,31 · 10 ⁻⁸	-0,46 · 10 ⁻⁸	2,97 · 10 ⁻⁷	2,93 · 10 ⁻⁷			
6,8	0,64 · 10 ⁻⁹	14,41 · 10 ⁻⁹	1,38 · 10 ⁻⁸	-0,21-10 ⁻⁸	2,99 · 10 ⁻⁷	2 ,9 7 · 10 ⁻⁷			
7,0	.∋ 0 ($14,73 \cdot 10^{-9}$	1,47 · 10 ⁻⁸	0 %	$3,00 \cdot 10^{-7}$	3,00 · 10 ⁻⁷			

Зависимость плотности электрического заряда крупы ρ_1 , кристаллов ρ_2 и $\rho = \rho_1 + \rho_2$ от высоты z в электроактивной зоне

расчеты для тех же значений параметров, но с δq_{12} , определяемым (12), и $|\delta q_{12}^0| = 10^{-14}$ Кл. Результаты расчетов показывают формирование классической дипольной модели электрической структуры грозового облака, когда внизу, под облаком, сосредоточен отрицательный заряд, а наверху — положительный. Вместе с тем результаты расчетов с использованием результатов работ [7, 10] (табл. 2), которые дают температуру реверса при -20 °С, $\overline{z}_* = 6$ км при H = 7 км и h = 4 км, показывают распределение

Таблица 2

Зависимости плотности электрического заряда крупы ρ_1 , кристаллов ρ_2 и $\rho = \rho_1 + \rho_2$ от высоты z в электроактивной зоне, рассчитанные по формулам (20) и (23) при H = 7 км, $\overline{z}_* = 6$ км, h = 4 км, w = 4,26 м/с

2 KM	ρ ₁ Кл/м ³	ρ ₂ Кл/м ³	р Кл/м ³
4,0	$1,52 \cdot 10^{-7}$	1941 (BBA) 0 - 7	$1,52 \cdot 10^{-7}$
4,2	1,256 · 10 ⁻⁷	-5,34 · 10 ⁻⁸	7,22 · 10 ⁻⁸
4,4	1,019.10-7	-9,95 10 ⁻⁸	0,24 · 10 ⁻⁸
°°€ 4,6 ⊂	8,035 • 10 ⁻⁸	1,39 10 ^{−7}	-5,88 · 10 ⁻⁸
4,8	6,12 · 10 ⁻⁸	-1,73 · 10 ⁻⁷	-1,12 10-7
5,0	4,38.10 ⁻⁸	$-2,01 \cdot 10^{-7}$	$-1,57 \cdot 10^{-7}$
5,2	2,87 · 10 ⁻⁸	° −2,25 10 ⁻⁷	- 1,96 · 10 ⁻⁷
5,4	1,53 · 10 ⁻⁸	$-2,45 \cdot 10^{-7}$	-2,29 · 10 ⁻⁷
5,6	0,31 10 ⁻⁸	-2,60 · 10 ⁻⁷	-2,57.10-7,
5,8	-0,78 · 10 ⁻⁸	-2,72 . 10-7	$-2,80\cdot 10^{-7}$
6,0	-1,80-10 ⁻⁸	−2,82 10 ⁻⁷	$-3,00\cdot 10^{-7}$
6,2	$-1,24 \cdot 10^{-8}$	$-2,75 \cdot 10^{-7}$	$-2,87 \cdot 10^{-7}$
6,4	-0,78 10 ⁻⁸	−2,70 · 10 ^{−7}	-2,78 10 ⁻⁷
6,6	$-0,46 \cdot 10^{-8}$	-2,67 · 10 ⁻⁷	$-2,72 \cdot 10^{-7}$
6,8	-0,21.10-8	-2,65 · 10 ⁻⁷	-2,67 - 10-7
7,0	0	$-2,64 \cdot 10^{-7}$	$-2,64 \cdot 10^{-7}$

плотности электрического заряда, обратное классическому, т. е. внизу располагается положительный заряд, а наверху — отрицательный.

Как следует из таблиц, в зоне от 6 до 7 км существуют отрицательно заряженные крупные частицы, что соответствует данным экспериментальных исследований [6].

Обратимся теперь к расчету напряженности электрического поля, создаваемого полученными распределениями плотности электрического заряда. Как указывалось выше, будем предполагать, что электризация происходит в цилиндре радиусом R, нижнее основание которого расположено на высоте h, а верхнее на высоте H. Запишем уравнение (4) для потенциала электрического поля φ в цилиндрической системе координат, предполагая задачу осесимметричной:

 $1 \leq 1 \leq \frac{1}{2}$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right) + \frac{\partial^{2}\varphi}{\partial z^{2}} = -4\pi\rho(\rho_{1} + \rho_{2}) = -4\pi\rho(r, z, t).$$
(29)

onthe sector and the sector of the sector

Решение уравнения (29) было получено в [4]. Используя результаты этой работы, выпишем выражение для вертикальной составляющей напряженности электрического поля, осесимметричного распределения плотности электрического заряда $\rho(z)$, представленной в табл. 1, в следующем виде:

$$E_{z}(z,r=0) = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}\Big|_{r=0} = 2\pi \int_{z}^{\infty} \rho(z')dz' \left[\frac{z'-z}{\sqrt{R^{2} + (z'-z)^{2}}} + \frac{z'+z}{\sqrt{R^{2} + (z'+z)^{2}}} - 2 \right] + \frac{2\pi \int_{0}^{z} \rho(z')dz' \left[\frac{z'+z}{\sqrt{R^{2} + (z'+z)^{2}}} + \frac{z'-z}{\sqrt{R^{2} + (z'-z)^{2}}} \right].$$
 (30)

Будем считать, что полученные выше распределения $\rho(z)$ заключены в цилиндр радиусом R. В качестве распределения плотности электрического заряда воспользуемся представленной в табл. 1 для модели передаваемого заряда (24) (модель Такахаши), причем будем предполагать, что

FEBRIC LYRIX X MORE DRIVEN CONSTRUCT

 $\rho(z) = \begin{cases} -8,46 \cdot 10^{-9} \text{ Km/m}^3 \text{ при } 0 < z < (h = 4 \text{ km}), \\ -1,47 \cdot 10^{-8} \text{ Km/m}^3 \text{ при } (H = 7 \text{ km}) < z < (H_1 = 9 \text{ km}), \end{cases}$ (31)

а при $h \ll z < H$ будем использовать табличные значения.

Распределение вертикальной составляющей напряженности электрического поля E_z на оси цилиндрического распределения плотности электрического заряда $\rho(z)$ в зависимости от высоты z при R = 3 км, H = 7 км, h = 4 км представлено на рис. 1.

Из рисунка видно, что при z=0 $E_z(z=0)=15,45$ кB/см, при z=4 км E_z (z=4 км) = -14,64 кB/см и при z=7 км

-αξ αξοιστολι Ν 32) - ορογητικ**12-τρ²τη**Ος τοτατικου (γιατολιστα⁶) Ασμοτα στητα μηματικού (πορογητικάς το Ορογου) - Ορογους (παο ορογητικάς Οραφιατού (πορογητικός ορογητ¹⁰) - Τουρογους (παο ορογητικός (δ)φ - μοτοί στο παραστηματίας με το ποτοί (πορογητικός ορογητικός ορογητικός (δ)φ - μοτοί στο παραστηματίας με το ποτοί (πορογητικός ορογητικός ορογητικός (παραφιατικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός (παραφιατικός στο διατολιστικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός (παραφιατικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός (παραφιατικός στο διατολιστικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός ορογητικός στο διατολιστικός στο διατολιστικός στο διατολιστικός στο διατολιστης στο δια



Рис. 1. Распределение вертикальной составляющей напряженности электрического поля E_z на оси цилиндрического распределения плотности электрического заряда, рассчитанного по модели Такахащи.

 E_{z} (z = 7 км) = -5,51 кВ/см. Эти значения E_{z} довольно велики, что свидетельствует в пользу достижения значений E_{z} , при которых в облаке начинаются разрядные процессы.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что механизм электризации при взаимодействии ледяной крупы (крупные ледяные частицы) с ледяными кристаллами (мелкие ледяные частицы) является наиболее перспективным механизмом для объяснения грозовых процессов, так как дает возможность генерировать довольно быстро и эффективно электрические поля, близкие к разрядным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имянитов И. М., Климин Н. Н., Цьяконова И. Н. Моделирование процессов контактной электризации облаков в камерах туманов. — Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, 1988, т. 24, № 6, с. 630—639.

2. Михайловский Ю. П. Эмпирическая модель электрически активных конвективных облаков и возможности ее использования для тестирования численной модели. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГТО), 2002, вып. 4 (552), с. 66—75.

3. Морозов В. Н. Влияние процессов коагуляции на электризацию при столкновениях ледяных кристаллов с частицами крупы-града. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ITO), 2005, вып. 6.

4. Морозов В. Н. К вопросу использования лазеров для регулирования грозовой активности облаков. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2002, вып. 4 (552), с. 19—32.

5. Baker B., Baker M. B., Jayarathe E. R., Latham J. Saunders C.P.R. The influence of diffusional grow rates on charge transfer accompanying rebound collisions between ice crystals and soft-hailstones. — Quart. J. R. Met. Soc., 1987, v.113, No 478, p. 1193—1215.

6. Dye J. E. et. al. Early Electrification and precipitation development in a small, isolated Montana cumulonimbus // J. Geophys. Res., 1986, v. 91, No D1, p. 1231-1247.

7. Gardiner B., Lamb D., Pitter R. L., Hallett J. Measurements of initial potential gradient and particles charges in a Montana summer thunderstorm // J. Geophys. Res., 1985, v. 90, No D4, p. 6079-6086.

8. Heldson J. H., Farley R. D. A numerical modeling study of a Montana thunderstorm: 2. Model results versus observations involving electrical aspects // J. Geophys. Res., 1987, v. 92, No D5, p. 5661-5675.

9. Jayaratne E. R., Saunders C.P.R., Hallett J. Laboratory studies of the charging of soft-hail during ice crystal interaction. Quart. J. R. Met. Soc., 1983, v. 1, No 461, p. 609-630.

10. Saunders C.P.R., Keith W. D., Mitzeva R. P. The effect of luquid water on thunderstorm charging // J. Geophys. Res., 1991, v. 96, No D6, p. 11.007-11.017.

11. Takahashi T. Riming electrification as a charge generation mechanism in thunderstorms. — J. Atmos. Sci., 1978, v. 35, No.6, p. 1536—1548.

and the second second

12. Ziegler C. L., Ray P. S., MacGorman D. R. Relations of Kinematics Microphysics and Electrification in an Isolated Mountain Thunderstorm. J. Atmos. Sci., v. 43, No 19, p. 2098–2114.

13. Ziegler C. L., MacGorman D. R., Dye J. E., Ray P. S. A model evolution of noniunductive charging in the early electrification of Mountain thunderstorm // J. Geophys. Res., 1991, v. 96, No D7, p. 12.833-12.855.

очкой, адкольно выникало запачения такия жаказначиот дия облакочень в областо – шиликоная, так чак яная воиможитась текорточень с роколька бланца и и фективно и имары икалов Цила. бласшес с скенеральска

STRVDASSTRA SKRIPT

3. ปี ปี เป็นสีมัสระสุด ส่วนสัง เป็นสะจากเรามา โลง เป็นสระการระ มี เส้าได้แม่ง สมุณระมาน และ และเล่น (คริสาสระการใช้ สามหารุณณธารการสังสามมิล การจะ อยู่เขา "รุณา" นี้สู้จาก ในปี ได้กับ สิ่งและมาสวรรณสมุณ การกระมารู มีสิติ, สงเร็ก เหติ การกับคนมีผิ.

(a) In the rest of the state of a first suggestion of the state of the state of the state of the state state of the sta

B. A species K. M. Korkover a presence control to the experimentation of a second structure of the interpretation according to the metabolic constructions. In the presence of the second Jack Represence BRR, Weld, 1997. 1

ะ ได้เรื่องของเหมืองนี้ (การและรัฐมนุกไทยประมณของประมณจากประมาณหลาย (ประมาณ รายประมณของอายุกรณ์ประเทศ (การการการไม่ไม่ได้มีประมณจากประมาณจำก็ก็จะ (การกิน) จะมณฑา (การกิน) การได้ค่ายมี

a Bener Guliert van Surier († 1811) 1939 - Die Guliert († 111) 1013 - References Gulierten, dat Strander geberenden van Bener († 1000) 1945 - Bener († 1940) 1930 - Die Strander († 1940) 1944 - 1977 - Bener († 1940) 1831

abolity a 1970 - 1970 - 1970 - 1986 - 1986 - 1997 a serie de serie de la compositional de la composition de la Altre de la composition de la compositione de la compositione de la compositione de la compositione de la compo Productione de la compositione de la

اً المارية المرجعية القالي والتي التي التي تعالمه التي التي والمراجعة والمعطوم ومعطوم المعام المعطوم والمعالم المراجعة الموجد المثلان وروو مرجع أن التاريم ومناطق المعاومة التي المتصافية ومن معهد معهد معهد معاملة المعادية والتاريم المارية التي المن المعالمة المارية المعالية المعالية المعالية المعالية المعالية المعالية المعالية المع

్రామ్ కొంటాకిన ఉంది. సినిమా సీమా ప్రామాలకాలు సినిమా ప్రామాలకాలు సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా ప్రామానికి సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా సినిమా సిన

3.2. Bur and asymetric fraction from the contract of the fraction of the structure of the structure of the structure fractions of the structure fraction of the structure of

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СОЗДАВАЕМОГО НЕСТАЦИОНАРНЫМ ТОКОМ ЗАРЯЖЕНИЯ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА В АТМОСФЕРЕ С НЕОДНОРОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

1. Введение

Задача о распределении электрического поля, создаваемого электрическими зарядами, генерируемыми в облаке, в атмосфере с неоднородной электрической проводимостью имеет важное значение для интерпретации экспериментальных данных, полученных в результате измерения электрических полей в наземных, самолетных и зондовых экспериментах, проводимых вне облака или облачной системы. Ее решение необходимо также для теории глобальной электрической цепи, так как позволяет оценить электрический ток, даваемый облачной зарядовой структурой в верхние слои атмосферы [6, 7].

Для стационарного варианта решение этой задачи было получено в работах [7, 10]. Нестационарный вариант задачи, который представляет наибольший интерес для практических целей, не имеет простого решения, характерного для стационарного случая. В работах [9, 11, 12] сделаны попытки получить аналитическое решение нестационарной задачи, но в работе [11] решение не доведено до конца, работа [12] не совсем корректна в математическом плане, так как неясны границы применения полученного приближенного решения, а работа [9] просто констатирует невозможность получения решения в аналитическом виде.

Вместе с тем в настоящее время получил развитие численный метод решения нестационарной задачи о взаимодействии зарядовой структуры с окружающей неоднородной по электрической проводимости атмосферой [6, 8], причем в этих работах была разработана разностная схема решения нестационарной задачи. Основное модельное нестационарное уравнение, которое использовалось в указанных выше работах, имеет вид

$$\frac{1}{4\pi}\frac{\partial}{\partial t}\Delta\phi + \nabla(\lambda\nabla\phi) = S,$$
(1)

где φ — потенциал электрического поля; S — функция источника, определяемая процессами электризации в облаке; λ — электрическая проводимость в атмосфере, которая представляется в следующем виде [6]:

 $(1,\infty,\infty,2,1)\in \mathbb{R}^{n}$

$$\lambda = \lambda_0 e^{\alpha z}.$$
 (2)

Уравнение (1) следует из уравнения непрерывности плотности электрического заряда и уравнения Пуассона [2, 6], причем для напряженности электрического поля \vec{E} используется потенциальное приближение: $\vec{E} = -\nabla \varphi$.

В настоящей работе рассматриваётся аналитическое решение задачи о распределений электрического поля, создаваемого нестационарным токовым источником, включаемым в момент времени t = 0 на основе уравнения (1). Как мы увидим ниже, эта задача следует из более общей постановки задачи об электромагнитном поле токового источника в неоднородной по электрической проводимости атмосфере в пределе $c \to \infty$, где c — скорость света.

2. Постановка задачи. Метод решения

Рассмотрим задачу об электромагнитном поле, создаваемом нестационарным токовым источником, находящимся в проводящей атмосфере с экспоненциальной проводимостью (2) над горизонтальной идеально проводящей земной поверхностью. Предполагая, что $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$ (ε — диэлектрическая проницаемость, μ магнитная проницаемость), выпишем систему уравнений Максвелла [2]:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} (\vec{j} + \vec{j}_{\mathrm{cT}}) + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (3)$$
$$\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\rho, \quad \operatorname{div} \vec{H} = 0, \quad \vec{j} = \lambda \tilde{E},$$

and provide an easily that the set of the second

где *Ē* **и** *H* — напряженности электрического и магнитного полей, *j* и *j*_{ст} — плотности омического и стороннего электрических токов, ρ — плотность электрического заряда.

Воспользуемся далее представлением векторов \vec{E} и \vec{H} через векторный и скалярный потенциалы \vec{A} и ϕ [2]:

$$\vec{H} = \operatorname{rot} \vec{A}, \quad \vec{E} = -\nabla \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t}.$$
 (4)

Рассматривая задачу в цилиндрической системе координат (r, ϕ, z), где ось z проходит перпендикулярно земной поверхности через источник, предполагая задачу осессимметричной $\left(\frac{\partial}{\partial \phi} = 0\right)$, $j_{\rm CT} = (0,0, j_{\rm CT}^z)$ и $\vec{A} = (0,0, A_z)$, используя (4), получаем из уравнения для rot \vec{H} следующие его компоненты по координатам z и r:

$$-\left(\frac{\partial^2 A_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial A_z}{\partial r}\right) = \frac{4\pi}{c} \left[-\lambda \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{1}{c}\frac{\partial A_z}{\partial t}\right) + j_{\text{cT}}^z\right] -$$

$$\frac{-\frac{1}{c}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t\partial z}-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A_z}{\partial t^2},$$
(5)

$$\frac{\partial^2 A_z}{\partial r \partial z} = -\frac{4\pi\lambda}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{1}{c} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial t}.$$
 (6)

Из уравнения (6) следует соотношение

$$\frac{\partial^2 A_z}{\partial z} + \frac{4\pi\lambda}{c} \varphi + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = C(z,t).$$
(7)

Постоянная C(z,t) = 0, так как при $r \to \infty \phi \to 0$, $A_z \to 0$.

Пусть сторонний электрический ток $j_{\rm CT}^z$ включен в момент времени t = 0. Граничные и начальные условия для уравнений (5), (7) записываются в следующем виде:

$$\begin{array}{c} \varphi|_{t=0} = \varphi_0(r,z), \quad \varphi|_{z=0} = 0, \qquad \varphi|_{R \to \infty} = 0, \quad R = \sqrt{\overline{x}^2 + y^2 + z^2}, \\ \frac{\partial A_z}{\partial z}\Big|_{z=0} = 0, \quad A_z|_{R \to \infty} = 0, \quad A_z|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial A_z}{\partial z}\Big|_{t=0} = 0.$$

$$(8)$$

Применяя к этим уравнениям последовательно преобразования Фурье—Бесселя и Лапласа [3]

$$\hat{f}(x,z,p) = \int_{0}^{\infty} e^{-pt} dt \int_{0}^{\infty} f(r,z,t) J_0(xr) r dr,$$

$$f(r,z,t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{pt} dp \int_{0}^{\infty} \hat{f}(x,z,p) J_0(xr) x dx$$
(9)

и производя несложные преобразования, получаем следующие уравнения для определения функций $\hat{\phi}$ и \hat{A}_z :

$$\frac{d^2\hat{\varphi}}{dz^2} + \frac{4\pi\lambda'_z x^2}{(p+4\pi\lambda)\left(x^2 + \frac{4\pi\lambda p}{c^2} + \frac{p^2}{c^2}\right)}\frac{d\hat{\varphi}}{dz} - \left(x^2 + \frac{4\pi\lambda p}{c^2} + \frac{p^2}{c^2}\right)\hat{\varphi} =$$

$$=\frac{4\pi}{p+4\pi\lambda}\frac{d\hat{j}_{cr}^{z}}{dz}\frac{\frac{16\pi^{2}p}{c^{2}}\lambda_{z}^{\prime}\hat{j}_{cr}^{z}}{(p+4\pi\lambda)\left(x^{2}+\frac{4\pi\lambda p}{c^{2}}+\frac{p^{2}}{c^{2}}\right)}-\frac{\overline{\varphi}|_{t=0}\left(x^{2}+\frac{4\pi\lambda p}{c^{2}}+\frac{p^{2}}{c^{2}}\right)}{p+4\pi\lambda}+\frac{d^{2}\overline{\varphi}|_{t=0}}{p+4\pi\lambda},$$
(10)

$$\frac{d^2\hat{A}_z}{dz^2} - \frac{4\pi\lambda'_z}{p+4\pi\lambda}\frac{d\hat{A}_z}{dz} - \left(x^2 + \frac{4\pi\lambda p}{c^2} + \frac{p^2}{c^2}\right)\hat{A}_z =$$

 $= \frac{4\pi \hat{j}_{cr}^{2} - 4\pi \lambda'_{z} \overline{\varphi}|_{z=0}}{c(p+4\pi\lambda)}, \quad (11)$

(2)

54

Sec. 2

где ϕ — преобразование Фурье—Бесселя от потенциала электрического поля.

Граничные условия для решения уравнений (10), (11) имеют следующий вид:

$$\frac{\partial \hat{A}_z}{\partial z}\Big|_{z=0} = 0, \quad \hat{A}_z\Big|_{z\to\infty} = 0, \quad \hat{\varphi}\Big|_{z=0} = 0, \quad \hat{\varphi}\Big|_{z\to\infty} = 0. \quad (12)$$

the sub-

Определив \hat{A}_z и $\hat{\varphi}$, можно найти A_z и φ , используя формулу обращения в (9). При $c \to \infty$ уравнения (10), (11) в пренебрежении членами ~ $1/c^2$ приобретают следующий вид:

$$\frac{d^2\hat{A}_z}{dz^2} - \frac{4\pi\lambda'_z}{p+4\pi\lambda}\frac{d\hat{A}_z}{dz} - x^2\hat{A}_z = -\frac{4\pi}{c}\hat{j}_{\rm CT}^z - \frac{4\pi\lambda'_z\overline{\varphi}|_{t=0}}{c(p+4\pi\lambda)},\qquad(13)$$

$$\frac{d^2\hat{\varphi}}{dz^2} - \frac{4\pi\lambda'_z}{p+4\pi\lambda}\frac{d\hat{\varphi}}{dz} - x^2\hat{\varphi} = \frac{4\pi}{p+4\pi\lambda}\frac{d\hat{j}^z_{c\pi}}{dz} + \frac{\int \Delta\varphi|_{t=0}J_0(xr)dr}{p+4\pi\lambda}.$$
 (14)

Уравнение (14) следует из уравнения (1), если преобразовать его согласно рассмотренной выше методике.

Задача нахождения плотности стороннего электрического тока является задачей моделирования облачных электрических полей. Самое простое представление для стороннего электрического тока имеет вид [8, 13]

$$I_{\rm cr}^{z} = n_{1}q_{1}v_{1}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)\tilde{S},$$
 (15)

i says i s

где n_1 и q_1 — концентрация и заряд крупных частиц; v_1 — скорость их седиментации; т — время релаксации, обусловленное взаимодействием крупных частиц с мелкими; \tilde{S} — площадь поверхности, через которую этот ток протекает.

Тогда плотность стороннего электрического тока в приближении узкого канала, по которому этот ток течет, можно аппроксимировать следующим выражением:

$$j_{\rm cr}^z = I_{\rm cr}^z \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) [\theta(z - z_n) - \theta(z - z_p)], \tag{16}$$

где δ(u) — функция Дирака; θ(u) — функция Хевисайда [2].

В случае если этот канал имеет конечный радиус a, то для j_{cr}^{z} можно записать выражение

$$j_{\rm cT}^{z} = \frac{I_{\rm cT}^{z}}{\pi a^{2}} [\theta(z-z_{n}) - \theta(z-z_{p})].$$
(17)

Переходя к производным по координате *z* от этих выражений, получаем:

$$\frac{dj_{cr}^{2}}{dz} = I_{cr}^{2}\delta(x-x_{0})\delta(y-y_{0})[\delta(z-z_{n})-\delta(z-z_{p})],$$

$$\frac{dj_{cr}^{2}}{dz} = \frac{I_{cr}^{2}}{\pi a}[\delta(z-z_{n})-\delta(z-z_{p})].$$
(18)

Первое выражение в (18) использовалось в работах [7, 10]. Более сложное представление для S, учитывающее пространственную зависимость функции источника от r и z, рассматривалось в работе [6].

3. Решение задачи для точечного зарядового источника

网络新安德国圣人党人教授部员 机结合物物合成 化间接可以化设置 化分离干燥器

Общее решение уравнения (14) при граничных условиях (12) с учетом одного члена в первом выражении (18) находится с помощью стандартных методов решения дифференциальных урав-

нений [5]. При $\left| \frac{e^{\alpha z}}{p \tau_0} \right| < 1$ оно имеет вид

经济运行 化过度分离 机结合的 经财产成分 化合金 经资料服务

181.

$$\hat{\varphi} = c_1 y_1 + c_2 y_2 - y_1 \int_0^z \frac{f(z')}{\Delta(z')} y_2 dz' + y_2 \int_0^z \frac{f(z')}{\Delta(z')} y_1 dz',$$
$$y_1 = \left(-\frac{1}{p\tau_0} e^{\alpha z}\right)^{\overline{\alpha}_1} F\left(\overline{\alpha}_2, \overline{\beta}_2, \gamma_1, -\frac{1}{p\tau_0} e^{\alpha z}\right),$$

$$y_{2} = \left(-\frac{1}{p\tau_{0}}e^{-\alpha z}\right)^{1-\gamma+\overline{\alpha}_{1}}F\left(\overline{\alpha}_{2}-\gamma_{1}+1,\overline{\beta}_{2}-\gamma_{1}+1,2-\gamma_{1},-\frac{1}{p\tau_{0}}e^{\alpha z}\right),$$

$$f(z) = -\frac{2\hat{I}_{1}(p)}{p+4\pi\lambda}\delta(z-z_{1})+\frac{1}{p+4\pi\lambda}\int_{0}^{\infty}\Delta\phi|_{t=0}J_{0}(xr)rdr, \quad (19)$$

$$\Delta(z) = y_{1}y'_{2}-y'_{1}y_{2}, \quad y'_{1} = \frac{dy_{i}}{dz}, \quad i = 1,2,$$

$$rac \hat{I}_{1}(p) - o\delta pas npeo \delta pasobahus Jannaca or toka I_{1}(t) = I_{cr}^{z}(t),$$

$$\tau_{0} = (4\pi\lambda_{0})^{-1},$$

$$\overline{\alpha}_{1} = \frac{x}{\alpha}, \overline{\alpha}_{2} = \frac{x}{\alpha} + \frac{\left(1+\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}\right)}{2}\overline{\beta}_{2} = \frac{x}{\alpha} + \frac{\left(1-\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}\right)}{2}\eta_{1} = 1+\frac{2x}{\alpha},$$

$$F(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,u) - rune preomer pareckas dynknus.$$

$$Inpa \left|p\tau_{0}e^{-\alpha z}\right| < 1 \text{ для общего решения получам выражение}$$

$$\phi = \overline{c}_{1}\overline{y}_{1} + \overline{c}_{2}\overline{y}_{2} - \overline{y}_{1}\int_{0}^{z} \frac{f(z')}{\overline{\Delta(z')}} dz'\overline{y}_{2} + \overline{y}_{2}\int_{0}^{z} \frac{f(z')}{\overline{\Delta(z')}}\overline{y}_{1}dz',$$

$$\overline{y}_{1} = \left(-p\tau_{0}e^{-\alpha z}\right)^{\alpha-\gamma+\alpha_{1}}F\left(\overline{\alpha}-\gamma+1,\overline{\beta}-\gamma+1,2-\gamma,-p\tau_{0}e^{-\alpha z}\right),$$

$$\overline{\Delta} = \overline{y}_{1}\overline{y}_{2}^{2} - \overline{y}_{1}^{2}\overline{y}_{2},$$

$$\alpha_1 = \frac{\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4x^2}{\alpha^2}}\right)}{2}, \quad \overline{\alpha} = \frac{x}{\alpha} + \frac{\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4x^2}{\alpha^2}}\right)}{2},$$
$$\beta = -\frac{x}{\alpha} + \frac{\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4x^2}{\alpha^2}}\right)}{2}, \quad \gamma = 1 + \sqrt{1 + \frac{4x^2}{\alpha^2}},$$

 $c_1, c_2, \overline{c}_1, \overline{c}_2$ — постоянные. Рассмотрим первое решение уравнения (19), соответствующее значениям переменной $\left| \frac{e^{\alpha z}}{p\tau_0} \right| < 1$. Малость значений этого аргу-

мента $|u| = \left| \frac{e^{\alpha z}}{p\tau_0} \right| << 1$ соответствует большим значениям |p| или ма-

лым значениям времени t [3]. Поэтому это решение соответствует малым значением времени, прошедшего от момента включения токового источника или от момента появления в некоторой области атмосферы электрического заряда Q. В общем случае оба эти процесса могут идти одновременно, но в настоящей работе мы рассмотрим их раздельно, чтобы не загромождать изложение.

При фиксированном значения параметра *р* ввиду экспоненциального роста электрической проводимости λ (2) существует значение координаты $z = z_*$, при которой выполняется условие $\left|\frac{4\pi\lambda_0 e^{\alpha z_*}}{p}\right| = 1$ и решение (19) должно переходить в область, где $\left|\frac{4\pi\lambda_0 e^{\alpha z_*}}{p}\right| > 1$. Используя метод аналитического продолжения решения (19) в область $\left(\frac{1}{p\tau_0}\right)e^{\alpha z} > 1$ [1] и определяя постоянные

$$c_{1} u c_{2} с помощью граничных условий (12), получаем асимптотическое решение, соответствующее условиям $\left| \frac{e^{\alpha z}}{p \tau_{0}} \right| <<1, \frac{\tau_{0}}{t} >>1,$

$$z < h(p) = \frac{1}{\alpha} \ln p \tau_{0}, r >> \alpha^{-1}:$$

$$\phi_{1} = \frac{2}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{I}_{1}(p) \frac{e^{pt}}{p} dp \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} xz \operatorname{sh} x(h(p) - z_{1})}{\operatorname{sh} xh(p)} J_{0}(xr) dx, \quad z < z_{1},$$

$$\phi_{2} = \frac{2}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{I}_{1}(p) \frac{e^{pt}}{p} dp \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} xz_{1} \operatorname{sh} x(h(p) - z)}{\operatorname{sh} xh(p)} J_{0}(xr) dx, \quad z > z_{1}, (21)$$

$$\phi_{3} = \frac{2}{2\pi i \alpha} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{I}_{1}(p) \frac{e^{pt}}{p} dp \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} xz_{1}}{\operatorname{sh} xh(p)} e^{-\alpha(z-h(p))} J_{0}(xr) xdx, \quad z > h(p).$$$$

Если в момент времени t = 0 в атмосфере возник электрический заряд Q, то в формулах (21) I(p) заменяется на Q. При $\ln \frac{\tau_0}{t} >> 1$ и $\hat{I}_1(p) = \frac{I_0}{p(1+p\tau)}$, что соответствует $I_1(t) = I_0(1-e^{-t/\tau})$, получим асимптотическое решение уравнения (18):

$$\varphi_{1} = 2I_{0} \int_{0}^{t} \left(1 - e^{-\frac{t - \tilde{\tau}}{\tau}}\right) d\tilde{\tau} \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} xz \operatorname{sh} x(h(\tilde{\tau}) - z_{1})}{\operatorname{sh} xh(\tilde{\tau})} J_{0}(xr) dx, \quad z < z_{1},$$

$$\varphi_{2} = 2I_{0} \int_{0}^{t} \left(1 - e^{-\frac{t-\tilde{\tau}}{\tau}} \right) d\tilde{\tau} \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} x z_{1} \operatorname{sh} x(h(\tilde{\tau}) - z)}{\operatorname{sh} xh(\tilde{\tau})} J_{0}(xr) dx, \quad z > z_{1}, \quad (22)$$

$$\varphi_{3} = \frac{2I_{0}}{\alpha} \int_{0}^{t} \left(1 - e^{-\frac{t - \tilde{\tau}}{\tau}}\right) d\tilde{\tau} \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} x z_{1}}{\operatorname{sh} x h(\tilde{\tau})} e^{-\alpha(z - h(\tilde{\tau}))} J_{0}(xr) x dx,$$

$$z > h(t) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{\tau_0}{t}.$$

При $\Delta \phi |_{t=0} = -4\pi Q \delta (\vec{r} - \vec{r_1})$ и $I_0 = 0$ для ϕ_1 имеем.

$$\varphi_{1} = 2Q \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh} xz \operatorname{sh} x(h(t) - z_{1})}{\operatorname{sh} xh(t)} J_{0}(xr) dx, \quad z < z_{1}.$$
(23)

Используя выражение (23), найдем выражение для напряженности электрического поля при z = 0. Соответствующие вычисления дают:

$$E_{1z|_{z=0}} = -2Q \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{shx}(h(t) - z_{1})}{\operatorname{shx}h(t)} J_{0}(xr) dx.$$
(24)

При r > h(t) получим, вычисляя интеграл в (24), следующее асимптотическое выражение для $E_{1z}|_{z=0}$:

$$E_{1z|_{z=0}} \approx -\frac{4\pi Q}{h^2(t)} \sin \frac{\pi(h(t)-z_1)}{h(t)} K_0\left(\frac{\pi r}{h(t)}\right) \approx$$

$$\approx -\frac{4\pi Q}{h^{2}(t)} \sin \frac{\pi z_{1}}{h(t)} \left(\frac{h(t)}{2r}\right)^{1/2} e^{-\frac{\lambda T}{h(t)}},$$
 (25)

где $K_0(x)$ — функция Макдональда [4]. При r < h(t) имеем

$$E_{1z|_{z=0}} = -\frac{2Qz_1}{\left(r^2 + z_1^2\right)^{3/2}} \left\{ \frac{\left[2h(t) - z_1\right]\left(r^2 + z_1^2\right)}{\left\{r^2 + \left[2h(t) - z_1\right]^2\right\}^{3/2} z_1} \right\}.$$
 (26)

Физический смысл масштаба высоты h(t) состоит в следующем: h(t) отделяет область с малыми значениями времени электрической релаксации, где стационарное электрическое поле устанавливается быстро, от области, где влияние электрической проводимости мало.

Высота h(t) определяется из условия

$$4\pi\lambda_0 e^{\alpha h(t)} = 1.$$
 (27)

Из (27) получим выражение для h(t), которое нами было получено из общего решения задачи: $h(t) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{\tau_0}{t}.$ (28)

in de<u>ns</u>t her in the left of the state of t

Приведем некоторые оценки величины h(t). При $\alpha = 0,2$ км⁻¹, $\tau_0 = 10$ мин и t = 10 с получаем h(t) = 20,5 км, при t = 2 с h(t) = 28,5 км; при $\tau_0 = 4$ мин и t = 2 с h(t) = 21 км, т. е. h(t) существенным образом зависит от электрической проводимости вблизи земной поверхности.

В общем случае, когда в грозовом облаке произошел разряд нижнего заряда на земную поверхность, но в облаке остался заряд Q, так что при t = 0 $\Delta \varphi = -4\pi Q \delta(r - r_1)$, и продолжается процесс заряжения облака ($I_0 \neq 0$), получим следующее выражение для изменения вертикальной составляющей напряженности электрического поля при z = 0 и $\tau = 0$:

$$E_{z}\Big|_{z=0} = -2I_{0} \int_{0}^{t} \alpha \tilde{\tau} \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh}x(h(\tilde{\tau}) - z_{1})}{\operatorname{sh}xh(\tilde{\tau})} J_{0}(xr)xdx - -2Q \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh}x(h(t) - z_{1})}{\operatorname{sh}xh(t)} J_{0}(xr)xdx.$$
(29)

Для расстояний r > h(t) для второго члена (29) имеет место выражение (25), а для первого члена получим следующую асимптотическую зависимость:

$$E_{z}^{1}\Big|_{z=0} = -2I_{0}\int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} \frac{\operatorname{sh}x(h(\tilde{\tau}) - z_{1})}{\operatorname{sh}xh(\tilde{\tau})} J_{0}(xr)xdx \approx$$

$$\approx -\frac{4\pi I_{0}t}{h^{2}(\bar{t})} \sin \frac{\pi z_{1}}{h(\bar{t})} \left(\frac{h(\bar{t})}{r}\right)^{1/2} - \frac{\pi r}{h(\bar{t})}$$
(30)

где \overline{t} удовлетворяет условию $0 < \overline{t} < t$.

Выражение (30) описывает рост напряженности электрического поля за счет накопления электрического заряда в облаке, обусловленного током электризации I_0 на временном интервале $0 < t << \tau_0$, где τ_0 — время электрической релаксации вблизи земной поверхности. В то же время второй член в (29) описывает уменьшение напряженности электрического поля за счет диссипации электрического заряда.

Аналогичный результат можно получить для расстояний r < h(t), используя выражение (26). При $\left| p t_0 e^{-\alpha z} \right| < 1$ решение (20) при $\Delta \phi |_{t=0} = 0$ записывается в следующем виде:

$$\begin{split} & \underset{\phi_{1}}{\underset{1}{\underset{\frac{1}{2\pi i}}{\overset{\sigma_{+i\infty}}{\underset{\sigma_{-i\infty}}{\frac{2\hat{I}_{1}(p)}{\alpha}\tau_{1}e^{pt}dp}}}{\overset{\sigma_{1}}{\underset{0}{\overset{\sigma_{1}}{\underset{\frac{1}{\beta}}{\frac{\sigma_{1}}{\beta}}}}}\frac{F\left(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,-p\tau_{0}e^{-\alpha z}\right)}{F\left(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,-p\tau_{0}\right)}e^{-\frac{\alpha}{2}z_{1}\left(\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}-1\right)}\times \end{split}} \end{split}$$

$$\times \left[e^{-\alpha \overline{\alpha}_1 z} F(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,-p\tau_0) F(\overline{\alpha}_1,\overline{\beta}_1,\gamma_1,-p\tau_0 e^{-\alpha z}) - \right]$$

 $-e^{-\alpha\alpha_{1}z}F(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,-p\tau_{0}e^{-\alpha z})F(\overline{\alpha}_{1},\overline{\beta}_{1},\gamma_{1},-p\tau_{0})]\times$

$$\int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} dx = \int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} \frac{J_{0}(xr)xdx}{\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}} dx = \int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} \frac{J_{0}(xr)xdx}{\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}} dx = \int_{0}^{\infty} \frac{J_{0}(xr)x}{\sqrt{1+\frac{4x^{2}}{\alpha^{2}}}} dx = \int_{0}$$

при
$$z > z_1$$

 $\varphi_2 = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \frac{2\hat{I}_1(p)}{\alpha} \tau_0 e^{pt} dp \int_0^{\infty} \frac{F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0 e^{-\alpha z}\right)}{F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0\right)} e^{-\frac{\alpha}{2} z \left(\sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}+1}\right)} \times \left(e^{-\alpha \overline{\alpha}_1 z_1} F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0\right) F\left(\overline{\alpha}_1, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0\right) e^{-\alpha z_1}\right) - e^{-\alpha \alpha_1 z_1} F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0 e^{-\alpha z_1}\right) F\left(\overline{\alpha}_1, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0\right) \int_0^1 \frac{J_0(xr)xdx}{\sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}}}, \frac{1+\sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}}}{2}, \overline{\alpha} = \alpha_1 + \frac{x}{\alpha}, \overline{\beta} = \alpha_1 - \frac{x}{\alpha}, \gamma = 1 + \sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}}, \frac{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}}{\alpha^2}, \overline{\alpha}_1 = \overline{\alpha}_1 + \frac{x}{\alpha}, \overline{\beta}_1 = \overline{\alpha}_1 - \frac{x}{\alpha}, \gamma = 1 - \sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}}.$

При $p \to 0$ решение (31) стремится к стационарному решению, даваемому теорией Хольцера – Саксона [7]. С помощью первого решения (31) можно найти напряженность электрического поля вблизи земной поверхности при $z = 0$. Полатая $\hat{I}_1(p) = \frac{I_0}{p(1+p\tau)},$ получаем:
 $E_z(0,t) = -2I_0\tau_1 \int_0^{\infty} J_0(xr)e^{-\frac{\alpha}{2}z_1} \left(\sqrt{1+\frac{4x^2}{\alpha^2}} - 1\right) x dx \frac{1}{2\pi i} \frac{\sigma+i\infty}{\sigma-i\infty} \left(\frac{1}{p} - \frac{-\frac{\tau_0}{\tau_0-\tau}} \left(\frac{1}{p+\frac{1}{\tau_0}} - \frac{1}{p+\frac{1}{\tau}}\right) \frac{F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0 e^{-\alpha z_1}\right)}{F\left(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0\right)}.$ (32)

При
$$\alpha z_1 \ll 1$$
 из (32) следует
 $E_z(0,t) = -I_0 \tau_1 e^{-\frac{\alpha}{2} \left(\sqrt{z_1^2 + r^2} - z_1 \right)} \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{\tau_0}{\tau_0 - \tau} \left(e^{-\frac{t}{\tau_0}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right] \times \left(\frac{x + \frac{\alpha z_1}{(r^2 + z_1^2)}}{(r^2 + z_1^2)} \left[1 + \frac{2}{\alpha (r^2 + z_1^2)^{1/2}} \right] \right]$ (33)
При $\alpha z_1 \gg 1$ для $E_z(0,t)$ имеем
 $E_z(0,t) = -\frac{I_0 \tau_1}{\pi i} \int_0^\infty J_0(xr) e^{-\frac{\alpha}{2} z_1 \left(\sqrt{1 + \frac{4x^2}{\alpha^2} - 1} \right)} x dx \times t$

$$\times \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \frac{F^{-1}(\overline{\alpha},\overline{\beta},\gamma,-p\tau_0)e^{pt}}{p(1+p\tau_0)(1+p\tau)}.$$
(34)

Для вычисления интегралов в (34) воспользуемся условием, в соответствии с которым при $\alpha z_1 >> 1$ экспонента в (34) играет существенную роль при $x^2/\alpha^2 << 1$. В этом случае для гипергеометрической функции $F(\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \gamma, -p\tau_0)$ можно использовать представление [3]

$$F(1, 1, 2, -p\tau_0) = \frac{\ln(1 + p\tau_0)}{p\tau_0}.$$
 (35)

При $\tau_0 >> \tau$ вычисления в интегралах (34) с использованием (35) приводят к следующему представлению для $E_z(0,t)$:

$$E_{z}(0,t) = -\frac{I_{0}\tau_{1}}{z_{1}^{2} + r^{2}} e^{-\frac{\alpha}{2} \left(\sqrt{z_{1}^{2} + r^{2}} - z_{1}^{2}\right)} \alpha z_{1} \left[1 + \frac{2}{\alpha \left(r^{2} + z_{1}^{2}\right)^{1/2}}\right] v_{1}\left(\frac{t}{\tau_{0}}\right),$$
(36)

$$v_1\left(\frac{t}{\tau_0}\right) = 1 + \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{t}{\tau_0}(1+z)}}{z(\pi^2 + \ln^2 z)} dz, \quad \tau_1 = (4\pi\lambda(z_1))^{-1}.$$

Из выражений (33) и (36) следует, что при $\tau_0 >> \tau_1 > \tau$ время установления стационарного электрического поля определяется временем τ_0 . Для небольших расстояний $r << \alpha^{-1}(x/\alpha >> 1)$, используя для $F(\alpha, \beta, \gamma, x)$ асимптотическое выражение при $x/\alpha >> 1$ [3]

$$F\left(\frac{2x}{\alpha};\frac{1}{2},\frac{2x}{\alpha};u\right) = \frac{1}{(1+u)^{1/2}},$$
(37)
получаем для $E_{z}(0,t)$:

$$E_{z}(0,t) = -\frac{2I_{0}\tau_{1}z_{1}}{(r^{2}+z_{1}^{2})^{3/2}} \frac{1}{(\tau_{0}\tau_{1})^{1/2}} \int_{0}^{t} \frac{\tau(z_{1})+\tau_{0}}{2\tau_{0}\tau(z_{1})} t_{0} \left[\frac{\tau_{0}-\tau(z_{1})}{2\tau_{0}\tau(z_{1})}t'\right] dt' =$$

$$= -\frac{2I_{0}\tau_{1}z_{1}}{(r^{2}+z_{1}^{2})^{3/2}} \left(1-e^{-\frac{t}{\tau_{0}}} \frac{2\tau_{0}\tau_{1}}{(\tau_{0}-\tau_{1})\sqrt{\pi(\tau_{0}-\tau_{1})}}+\ldots\right),$$
(38)

$$T_{z}(t) = -\frac{1}{(r^{2}+z_{1}^{2})^{3/2}} \left(1+e^{-\frac{t}{\tau_{0}}} \frac{2\tau_{0}\tau_{1}}{(\tau_{0}-\tau_{1})\sqrt{\pi(\tau_{0}-\tau_{1})}}+\ldots\right),$$
(38)

$$T_{z}(z,t) = \frac{1}{2\tau_{0}\tau_{2}} \left[1+\frac{2}{\alpha(r^{2}+z^{2})^{1/2}}\right] e^{-\frac{\alpha}{2}(z-z_{1})} -\frac{\alpha}{2}\sqrt{r^{2}+z^{2}}} \times$$

$$E_{z}(z,t) = \frac{1}{r^{2}+z^{2}} \left[1+\frac{2}{\alpha(r^{2}+z^{2})^{1/2}}\right] e^{-\frac{\alpha}{2}(z-z_{1})} -\frac{\alpha}{2}\sqrt{r^{2}+z^{2}}} \times$$

$$\frac{1}{\tau_{0}} \left[\frac{1-e^{-\frac{t}{\tau(z)}}}{r^{2}+z^{2}}\right] \left[1+\frac{2}{\alpha(r^{2}+z^{2})^{1/2}}\right] e^{-\frac{\alpha}{\tau(z)}} \left[\frac{\alpha}{\tau_{0}}\sqrt{r^{2}+z^{2}}}{r^{2}+z^{2}}\right] d\tau,$$
(39)

$$E_{1}\left(\frac{t}{\tau_{1}}\right) = \int_{0}^{\infty} e^{-\frac{t}{\tau_{1}}u} \frac{du}{u}, \quad v\left(\frac{t}{\tau_{0}}\right) = 1 + \int_{0}^{\infty} \frac{e^{-\frac{t}{\tau_{0}}}(1+x)}{\pi^{2} + \ln^{2}x} dx.$$

При $t \to \infty E_z(z,t)$ стремится к стационарному значению с характерными временами τ_0 , $\tau(z)$, $\tau(z_1)$.

4. Обсуждение полученных результатов

Таким образом, на основе потенциального приближения по-1732 лучено аналитическое решение задачи, описывающей процесс установления стационарного электрического состояния в атмосфере с экспоненциальной проводимостью при включении электрического тока заряжения, приводящего к генерации электрических зарядов в грозовом облаке. Характерной особенностью полученного решения является наличие двух временных стадий: $t < \tau_0$ и $t > \tau_0$, где τ_0 — время электрической релаксации вблизи земной поверхности. Для времен, малых по сравнению с временем электрической релаксации то, роль электрической проводимости мала. Если к моменту t = 0 облако накопило электрический заряд, достаточный для разряда облако-земля и облако-облако и после разряда в облаке остался заряд Q, то полученное решение (25) описывает процесс распада этого заряда. При этом характерное время уменьшения напряженности электрического поля при z = 0 убывает с увеличением расстояния от источника, что находится в согласии с экспериментальными данными, приведенными в [9]. Если при этом ток заряжения $T_0 \neq 0$, то, как следует из (29) и (30), при $I \approx 10$ А и $t \approx 10$ с в облаке может возникнуть заряд $Q \approx 100$ Кл, что опять приведет к разряду в облаке и процесс вновь повторяется. Возникает совокупность разрядно-восстановительных процессов при $I_0 \neq 0$, характерных для грозового облака. При $t > \tau_0$ процесс установления стационарного электрического состояния в атмосфере определяется ее электрической проводимостью и, как показывают приведенные выше расчеты, характерными временами электрической релаксации τ_0 , $\tau(z)$ и $\tau(z_1)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. Гипергеометрическая функция. Функция Лежандра. — М.: Наука, 1973. — 294 с.

2. Джексон Дж. Классическая электродинамика. — М.: Мир, 1965. — 702 с.

3. Диткин В. А., Прудников А. П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. — М.: Наука, 1974. — 542 с.

4. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. — М.: Наука, 1971. — 1108 с.

5. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. — М.: Наука, 1971. — 576 с.

6. Browning G. L., Tzur I., Roble R. G. A global time-dependent model of thunderstorms electricity. Part I: Mathematical properties of the physical and numerical models. — J. Atm. Sci., 1987, v. 44, N 15, p. 2166—2177.

7. Holser R. E., Saxon D. S. Distribution of electrical conduction current in the vicinity of thunderstorms. — J. Geophys. Res., 1952, v. 57, N 2, p. 207—216.

8. Hager W. W., Nisbet J. S., Kasha J. R., Wei-Chang Shann. Simutations of electric field within a thunderstorms. — J. Atm. Sci., 1989, v. 46, N 23, p. 3542--3558.

9. Illing worth A. J. Electric field recovering after lightning as the vesponse of the conducting atmosphere to a field change. — Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 1972, v. 98, N 417, p. 604—616.

10. Kasemir H. W. Das Gewittergenerator im luftelektrischen stromkreis I // Zeitschrift für Geophysik, 1959, J.25, H.1, s. 33-64.

11. Mann J. J. Interaction of thunderstorm with conducting atmosphere // J. Geophys. Res., 1970, v. 75, N 9, p. 1697-1698.

12. Michnowski S. Electric field variations in a medium with variable conductivity, produced by a point charge above a conductive plane. — Acta geophysica Polonica, 1973, v. 21, N.4, p. 305—329.

13. Volland H. Atmospheric Electrodynamics. — Berlin, Springer, 1984. — 205 p.

માં મેં ગામમાં પ્રથમ આ ગામનું મુખ્યત્વે છે. આ ગામ મુખ્ય મુખ્ય મુખ્ય મુખ્યત્વે પ્રશાસ મુખ્યત્વે મુખ્યત્વે મુખ્ય ગામ ગામ મુખ્યત્વે કાર્યો માં ગામ થયું છે, આ પ્રદુષ્ય મુખ્યત્વે કાર્યો પ્રશાસમાં આ ગામ છે. આ તે વ્યવસ્થા મુખ્યત્ પ્રથમ આ ગામ કેર્ટ્સ

(a) A COMPARENT AND A COMPA

В. В. Клинго, В. Н. Козлов

К ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ИОНОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ АТМОСФЕРЫ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ВОДЯНЫХ КАПЕЛЬ

and there the star

В свете общего исследования электризации облачных капель атмосферными ионами представляется целесообразным более детально рассмотреть результат столкновения иона с поверхностью водяной капли. Результатом такого столкновения будет возможное проникновение иона через поверхность капли внутрь ее, адсорбция ионов на поверхности капли [4], отражение иона от поверхности капли, обусловленное электростатическим отталкиванием.

Из общего термодинамического принципа известно, что ион, столкнувшись с поверхностью капли, должен остаться на ее поверхности, если это приводит к уменьшению поверхностного натяжения — свободной энергии, и, наоборот, ион углубится внутрь капли, если он увеличивает ее поверхностное натяжение.

Однако не существует теории жидкости вообще, а ее поверхностного натяжения в частности. Остается попытаться составить суждение о судьбе иона, столкнувшегося с каплей, из энергетических соображений, что и будет целью данной статьи.

Проведение энергетических расчетов взаимодействия иона с водной поверхностью капли оказалось возможным после выполнения отдельных исследований, касающихся электростатической структуры однозарядных молекулярных ионов естественного атмосферного воздуха [1] и строения поверхностного слоя чистой воды [2].

Положительный однозарядный ион двухатомных молекул кислорода и азота схематизируется тремя точечными зарядами. Два положительных заряда, равных в «долях» электрона в вероятностном смысле $1,2 e^+$, находятся в центре сфер вокруг атомных ядер радиусом $0,5 \cdot 10^{-8}$ см. Расстояние между атомными ядрами составляет $1,3 \cdot 10^{-8}$ см. Отрицательный заряд расположен на середине отрезка, соединяющего атомные ядра, и равен $1,4 e^-$. Для отрицательного иона молекулы кислорода расположение зарядов аналогично, но их величины равны $0,5 e^+$ и $2 e^-$ соответственно.

Молекулы-диполи поверхностного слоя чистой воды, расположенные вертикально по отношению к плоскости водной поверхности, ориентированы по отношению к внешней нормали водной поверхности. 51,6 % молекул воды направлены против внешней нормали — водородной частью молекулы внутрь, и 48,4 % молекул воды направлены по внешней нормали — водородной частью наружу [2]. Такая ориентация поверхностных молекул-диполей воды приводит к скачку потенциала на водной поверхности, достигающему ~0,2 В, что согласуется с [4, 5]. Подчеркнем, что такое значение скачка потенциала получено в предположении, что каждая молекула воды независимо от расположения всех остальных молекул может принимать только два указанных вертикальных положения: по нормали с вероятностью 0,484 и против нормали с вероятностью 0,516. Ясно, что молекулы одного направления не могут группироваться на значительной площади поверхности воды. Вместе с тем для очень строгой равномерности расположения молекул по направлениям на достаточно малом участке поверхности воды также нет каких-либо оснований. ang gol SC 16

Заметим, что сам факт только церпендикулярно расположенных молекул в поверхностном слое воды сколь-нибудь строго никем не доказан. В [2] приводятся лишь некоторые соображения и факты разных авторов в пользу поверхностной ориентации молекул-диполей воды.

Энергия взаимодействия молекулярных ионов с поверхностными молекулами воды

ren fragelika en elektrona de elektrona de la 1973

Рассчитаем энергию взаимодействия молекулярного иона, оказавшегося на водной поверхности. Рассмотрим два крайних расположения иона: прямая, соединяющая атомные ядра, параллельна и перпендикулярна водной поверхности. Напряженность электрического поля иона складывается из полей от трех указанных выше точечных зарядов. Линейный размер молекулы воды $h = 3 \cdot 10^{-8}$ см. $a = 0.5 \cdot 10^{-8}$ см. Точка A находится непосредствен-

но под отрицательным зарядом иона, в точке B находится нормальная составляющая электрического поля иона $E_n(r)$ (r - pacстояние до точки <math>B):

and the Administrations International Constraints

$$E_n(r) = \frac{q}{r^3} \left(a + \frac{h}{2} \right). \tag{1}$$

Оценим число молекул, находящихся на окружности радиусом AB. Радиус молекулы воды по водородной связи составляет $1,47 \cdot 10^{-8}$ см. Площадь, занимаемая непосредственно самой молекулой воды, в совокупности с окружающей ее площадью между молекулами, будет равна $11,64 \cdot 10^{-16}$ см², что соответствует эффективному радиусу молекулы, равному $1,925 \cdot 10^{-8}$ см. Число молекул воды на единице площади поверхности составляет $8,59 \cdot 10^{14}$ см². Принимая во внимание значения указанных радиусов молекулы, с вероятностью 0,58 ион, попавший на поверхность капли, окажется над молекулой воды и с вероятностью 0,42 — над областью между молекулами воды.

Пусть ион окажется над молекулой воды. Тогда ближайшие к ней восемь молекул будут находиться на расстоянии $3,85 \cdot 10^{-8}$ см, далее 16 молекул — на расстоянии $7,7 \cdot 10^{-8}$ см и 24 молекулы — на расстоянии $11,55 \cdot 10^{-8}$ см. Если же под ионом молекулы воды не оказалось, то четыре молекулы находятся на расстоянии $1,925 \cdot 10^{-8}$ см, а далее 12 молекул — на расстоянии $5,775 \cdot 10^{-8}$ см, 20 молекул — на расстоянии $9,625 \cdot 10^{-8}$ см.

Поскольку каждая молекула может иметь совершенно независимо два противоположных направления, то найдем для каждого слоя вероятность P(m) того, что из *n* молекул слоя *m* направлены с вероятностью 0,484 по направлению внешней нормали:

$$P(m) = C_n^m (0,484)^m (0,516)^{n-m}.$$
 (2)

Значения нормальной составляющей напряженности электрического поля от адсорбированных положительного и отрицательного ионов на плоскости поверхности воды в зависимости от расстояния от центра иона приведены в табл. 1. Зная нормаль-

Таблица 1 19 19 19		11,55	1,30.10 ⁻³	1,54,10-3	1,21,10 ⁻³	1,62.10 ⁻³	5 .5 7		essan en angelañ 1 - estas 2 - e
юля Юля Конов Кцентра» ио		9,625	2,23 10 ⁻³	2,56 · 10 ⁻⁸	2,05 · 10 ⁻³	2,71 . 10 ⁻³	50	HVC.	
рического п (ательного у стояния от «	она, 10 ⁻⁸ см	7,7	4,33 · 10 ⁻³	4,64 · 10 ⁻³	3,83 10 ⁻³	5,02 · 10 ⁻³	9 1 -0	Ha — 3Hak MN	14 x m. 4 s 4 Ø Marin (M. F. Angel) (M.
ющей элект юго и отрин ости от рас	от «центра» и	5,775	0,010	9,56 10-3	8,24 10 ⁻³	0,0106 0,0106	ວັດ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຊິ່ງ ເຫຼັງ เปิง เปิง เปิง เปิง เปิง เปิง เปิง เปิง	lare	andaranan a torretar istan geologi (torretar an torretar) an torretaria an torretaria
ой составля оложитель: 1 в Зависим	Расстояние с	3,85	0,0304	0,0234	0,0220	0,0270) ⁶ , для отриг	อาณีสมเหตุ ไม่เสมสี 21 การสถาเสียชีกาม 2007 40 - อาสาวสัต กระวัน (ประหยังสมา
* нормальн рованных п хности водь		1,925	0,116	0,0776	0,0815	0,0745	<u>221 € €</u> . 1071 53€ 2 571 28 57 1	carts Harrows	AN DELEADED AREALESE É CA AREALESE AGAILE AREALESE ARAS AREALESE ARAS
Значения от адсорби кости повер		.0	0,165	0,210	0,285	0,114	ing the second sec	ледует умнож	1867-1-12993-1-1-19 ⁸³ - 金枝麗 京和日本中部 (1-14
		<u>1</u>	Положительный ион, горизонт.	Положительный ион, вертик.	Отрицательный ион, горизонт.	Отрицательный ион. вертик.	Число молекул в слое	* Все значения с	

Таблица 2

Энергия взаимодействия электрического поля молекулярных ионов $(U_E \cdot 10^{12} \text{ эрг})$ в зависимости от расстояния от иона и направления молекулы: вниз (\downarrow) и вверх (\uparrow).

Направление молекулы	Расстояние, А								
↓ ↓	-2,36 2,52	-1,47 0,720	-0,299 0,194	-0,0916 0,0728	-0,0389 0,0338	-0,0198			
1	1,457 -5,23	1,024 -0,942	0,268 -0,210	0,0883 -0,0751	0,0382 -0,0343	0,0197			
Примеча относится к по	ания: 1. И оложитель	оны распол ному иону,	южены гор нижняя —	изонтально к отрицат	. — 2. Верх ельному.	княя цифра			

ную составляющую электрического поля иона, определяем взаимодействие этого поля с молекулами обоих направлений. В табл. 2 приведены значения энергии взаимодействия электрического поля молекулярных ионов с молекулами воды в зависимости от расстояния от иона до молекулы и ее направления. Ионы расположены горизонтально. Рассчитано суммарное взаимодействие иона со всеми слоями молекул воды на указанных выше расстояниях. В качестве примера результаты расчета для слоев из четырех и восьми молекул представлены в табл. 3. При этом было принято во внимание, что при совпадении направлений напряженности поля с направлением молекулы-диполя индуцируется дополнительный дипольный момент. Дипольный момент молекулы воды принимался равным 1.84 · 10⁻¹⁸ СГСЕ.

Таблица З

Комбина	ция	Вероят	ность комбин	нации	$U\cdot 10^{12}$ ppr
	6	Слой из	четырех м	олекул	
4↑			0,0549		4,096 -3,767
4↓			0,0709	and and and and and and	-5,88 2,88

Энергия взаимодействия иона ($U \, 10^{12}$ эрг) со слоями молекул с учетом комбинаций направлений молекул вверх (\uparrow) и вниз (\downarrow).
		·	and the state of t
•	Комбинация	Вероятность комбинации	$U\cdot 10^{12}$ эрг
•••	en se le company de la comp	Глой из четырех молеку	n art, tease & hav
1	3↑⊭1↓	0,234	1,603
.2 199	3 [# 1 1	0,266	-3,385
	2↓ # 2↑	0,374	-0,891 -0,444
Ъ.	·····································	Слой из восьми молекул	
2 	an - Arson	0,00301	2,15 -1.68
2	e litere dis Dir dis 1. di. 8↓ National est the state and the	0,00472	-2,398 1,55
•	7 ↑ x 1 ↓ 3 4	0,0255	109 (1964) 1,58 (1964) 1992 - 1 ,58 (1964) (1964)
-1	n osca n7∿x1 2}res €. W res weseveren om	10.00000000000000000000000000000000000	nie stolje –1,82 takie Sa see operga l,15 0 teasonie
د آنه	6↑и2↓ мн. карала стала соон	0,0944	1,013 194. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1
æ.		0,118 ^{76.2} 28	0,745
	стала 51↑ к 3 ↓	ламара 6,200 гозерај3 Нацена особрађана мина	0,4451
			-0,690 0,340
	en seer 4↑±4 ↓U dest		-0,123 -0,0648

142 1 1 1 1

as a transferre contra l'astrophicationes de la

Продолжение таблицы 3

Примечания: 1. Верхняя цифра относится к положительному иону, нижняя — к отрицательному. — 2. Расстояния до слоев указаны в табл. 1.

· 是我们的是我们的问题,我们的是我们的问题,我们就能够不能能是我们的。"

Последствия столкновения молекулярных ионов с поверхностью капли

Установим последствия столкновения молекулярных ионов с поверхностью водяной капли исходя из энергетических соображений. Прежде всего нужно подчеркнуть, что ион сталкивается с незаряженной каплей чистой воды. Другими словами, отсутствует электрическое поле капли; встречающее направлявшийся к капле ион. Кроме того, имеется в виду поверхность капли чистой воды, для которой справедливо используемое выше строение поверхностного слоя воды. В облаках это должна быть капля, образовавшаяся на нерастворимом ядре конденсации, либо капля с очень малой концентрацией солей в ее поверхностном слое, заметно не нарушающем структуру поверхностного слоя воды.

Начнем с положительного иона. Тепловая (кинетическая) энергия иона $\varepsilon_{\rm T} = 5/2\,kT$ при T = 273 К составляет $\varepsilon_{\rm T} = 0.942 \times \times 10^{-13}$ эрг. Для преодоления двойного электрического слоя на поверхности капли со скачком потенциала 0,2 В требуется энергия, равная $3,2 \cdot 10^{-13}$ эрг. Следовательно, $\varepsilon_{\rm T}$ составляет меньше 30~% энергии, требуемой для преодоления скачка потенциала. Таким образом, остается считать, что ион адсорбируется, останется на поверхности капли, если его энергия связи с поверхностными молекулами капли отрицательна. В случае же положительной энергии взаимодействия ион должен отразиться от капли.

Оценим вероятность обоих случаев. Рассчитаем сперва случай попадания иона на каплю, когда молекула воды оказалась под центром иона. В этом случае вероятность того, что энергия иона отрицательна, будет представлять собой произведение статистически независимых вероятностей: 0.58 — ион оказался над молекулой, 0,516 — молекула направлена вниз, возможны любые комбинации расположения молекул в слоях из 8 и 16 молекул. Это произведение дает вероятность 0,299. К этой вероятности добавляется очень незначительная вероятность из комбинации: молекула направлена вверх и две комбинации из слоев 8 и 16 молекул — вероятность 0,0117. Если ион попадает над площадью поверхности между молекулами (вероятность 0,42), то из этой вероятности и возможных комбинаций из 4 и 12 молекул получаем дополнительную вероятность 0,299. В итоге получается, что вероятность положительного двухатомного однозарядного иона адсорбироваться (остаться на поверхности водяной капли) будет равна 0,61. С вероятностью 0,39 положительный ион отразится от поверхности капли при столкновении с ней.

Критерий поведения отрицательного иона, столкнувшегося с каплей, будет определяться соотношениями между энергиями: кинетической 5/2 kT, энергией связи иона с поверхностными молекулами воды Есв и энергией, приобретаемой при прохождении ионом скачка потенциала на поверхности Епот. Условием отражения иона от поверхности капли будет превышение энергии связи, т. е. преобладание отталкивания: $E_{cs} > E_k + E_{nor}$. Ион останется на поверхности капли, если будет преобладать отрицательная энергия связи. По абсолютной величине Есв опять-таки должна быть больше $E_k + E_{\text{пот}}$. Наконец, ион проникнет внутрь капли, если положительная энергия отталкивания и отрицательная энергия связи не скомпенсируют сумму $E_k + E_{\text{пот}}$. Принимая, как и для положительного иона, рассчитанные значения энергий для всех слоев молекул, окружающих ион, часть из которых приведена в табл. 3, окончательно находим соответствующие вероятности. Вероятность отражения отрицательного однозарядного иона двухатомной молекулы О2 от поверхности капли составляет 0,45, вероятность адсорбироваться — 0,48 и вероятность преодолеть скачок потенциала на поверхности и оказаться внутри капли — 0.07.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. При расчетах предполагалось, что ион, взаимодействуя с поверхностными молекулами воды, никак не искажает их структуру. Энергия поверхностного натяжения даже для капли радиусом 3 мкм составляет $8,65 \cdot 10^{-5}$ эрг, что на много порядков превышает энергию взаимодействия иона с поверхностными молекулами воды (см. табл. 2).

Кинетика заряжения облачных капель искусственно образованными отрицательными ионами [3] потребует особого рассмотрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинго В. В. Ионы естественной атмосферы как электростатические системы. — В сб.: Труды Второй международной конференции «Естественные и антропогенные аэрозоли». — СПб, 2000, с. 232—238.

2. Klingo V. V. Atomic and molecular ions of natural atmosphere as electrostatic systems. - Proc. 15th ICNAA. - Rolla, Missouri, USA, 2000.

(Klingo V. V. Water molecules orientation is surface layer. — Proc. 15th ICNAA. — Rolla, Missouri, USA, 2000).

3. Клинго В. В., Козлов В. Н., Щукин Г. Г. Физические основы образования заряженных гигроскопических частиц для искусственного регулирования осадков. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2002, вып. 4(552), с. 76—86.

4. Френкель Я. И. Теория явлений атмосферного электричества. — Л.; М., 1949. — 155 с.

5. Фрумкин А. Н., Иофа З. А., Герович М. А. Журнал физической химии, 1956, т. 30, вып. 7, с. 1455—1468.

Lo de la da marca Lordel agreso completeres adagreseros Higo pol Prime realizada de mero, solo noto, mala estado en algorizado en Lo develeterada de mero, solo noto, mala estado de la pola de entrepare realizado en entremanda da sola da seconoción de la pola de entrepare completerado entremanda da seconoción de la pola de entreparta realizada da 10⁻¹⁶ apola da seconoción de la pola da seconoción de la deleterada da seconoción da seconoción de la pola da seconoción completerado da la completada da seconoción de la completada da seconoción completada da seconoción da seconoción de la completada da completada da completada completada da seconoción da seconoción de la completada da completada da completada da seconoción de la completada da completada da fora da completada

. Marina a a apartera e constantera - อาหาร การสุขาหมายครั้งที่สาวา นะ 1964 - 1. สร้างสาขาย ชาร์นา เวลานตร (สร้าง) จะ 6 สุขชานณ์ไปได้รูมสะเทศ วงประ

1997年1月1日) 1997年1月1日日日(1997年1月1日) 1997年1月1日日日(1997年1月1日)

ोर भग्रामधिक में महत्व कि मांग के प्राप्त कि प्राप्त कि स्वार्थित के स्वार्थ के प्राप्त के स्वार्थ भवति के प्र स्वार्थने के स्वार्थ के स्वार्थ के स्वार्थ के साथ भारत के स्वार्थ के स्वार्थ के स्वार्थ के स्वार्थ के स्वार्थ क स्वार्थ के स

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕГУЛЯРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА СЕТИ СТАНПИЙ РОССИИ

and sheets a water she has a

We are participant

В 2003 г. впервые в России в системе Росгидромета было положено начало созданию постоянно действующей сети станций для измерения ультрафиолетовой радиации. В качестве прибора для этого был принят ультрафиолетметр, разработанный в ГГО на базе озонометра M-124 [1, 7] с корригирующей насадкой шаром Лярше, которая обеспечивает прием суммарной УФ радиации от верхней полусферы с соблюдением косинусной характеристики [6]. До этого в СССР и России для измерения УФ радиации в опытном порядке под методическим руководством ГГО действовали станции Воейково, Печора, Киев и Карадаг (Крым).

Как известно [12], ультрафиолетовое излучение располагается в области длин волн 100-400 нм и условно делится на три подобласти: УФ-А от 315-400 нм, УФ-В от 280-315 нм и УФ-С от 100-280 нм. Излучение УФ-С не доходит до земной поверхности из-за поглощения в атмосфере (в основном озоном и молекулярным кислородом). Из УФ-А и УФ-В наиболее сильное воздействие на человека оказывает УФ-В излучение. В ряде случаев УФ-В излучение называют эритемным излучением, поскольку оно вызывает эритему - покраснение кожных покровов человека, переходящее затем в коричневый загар. Поэтому на мировой сети ультрафиолетового мониторинга, включая РФ, измеряется эритемная УФ-эВ радиация. Следует добавить, что, помимо эритемной УФ-эВ радиации, на некоторых станциях определялась также энергетическая УФ-В радиация, которая измеряется, как и в актинометрии, приборами с черной приемной поверхностью или приведенной к ней путем расчета. Эритемная УФ-эВ радиация измеряется приборами, относительная спектральная чувствительность которых соответствует спектральной чувстви-法金括 病 тельности белой кожи человека [12].

Оригинальный метод измерения УФ-В и УФ-эВ радиации для широкополосных приборов со стеклянными светофильтрами был впервые разработан в СССР Г. П. Гущиным и рекомендован для применения на сети станций решением ГУГМС от 17 марта 1977 г. [9], а в усовершенствованном виде, без изменения основных положений, был опубликован в 1999 г. в работе [6], а также в [11].

Оценка погрешности измерения эритемной УФ-эВ радиации по ультрафиолетметру составила 12 % [7, 8] с учетом того, что погрешность шара Лярше равна 6 % [12]. Эта оценка погрешности измерения эритемной УФ-эВ радиации укладывается для существующих приборов в диапазон возможных погрешностей 5—20 %, приведенный для этой радиации в Руководстве ВМО № 8 [10].

Было решено, что по соображениям экономии сеть станций по измерению УФ радиации будет совмещена с действующей озонометрической сетью, а калибровка ультрафиолетметров и обучение сотрудников станций будет производиться в Воейково (НИЦ ДЗА, филиал ГГО).

В настоящее время сеть станций по измерению УФ радиации — сеть ультрафиолетового мониторинга РФ — находится в стадии организации. Все станции этой сети будут снабжены одинаковыми приборами — ультрафиолетметрами — и будут работать по одинаковым программам. Всего на территории РФ предусматривается открытие 17 станций, измеряющих УФ радиацию. Уже начато измерение УФ радиации на 13 станциях. Основные цели проведения ультрафиолетового мониторинга заключаются в изучении УФ климата на территории РФ и удовлетворении потребностей здравоохранения в регулярных данных об УФ-эВ радиации для предотвращения вредной для здоровья людей передозировки этой радиации в санаториях, фотариях и др. [3].

В 2001 г. были произведены официальные сравнения показаний ультрафиолетметра, разработанного в СССР и РФ, и спектрофотометра, разработанного в Канаде [8]. При этом расхождения показаний этих приборов в период сравнений не превысили их погрешностей, т. е. 15 %, а при внесении поправки за счет интеркалибровки не превысили 6 %. В [8] также приводятся сравнительные характеристики и стоимость приборов, участвовавших в сравнениях, причем стоимость канадского прибора превышает стоимость ультрафиолетметра на два порядка. Некоторые данные по ультрафиолетовой радиации, полученные на станциях УФ мониторинга на территории РФ-по усовершенствованной методике, опубликованы в работах [6—8].

Ниже в качестве примера приводятся данные измерений УФ-В радиации, полученные на станциях ультрафиолетового мониторинга Воейково и Якутск (табл. 1 и 2). Из-за ограниченности объема настоящей работы эти данные публикуются выборочно за некоторые годы и только для зимних и летних месяцев. Из таблиц следует, что разброс значений УФ-эВ радиации для приведенного примера составляет в течение года для Воейково 0,3—175,4 мВт · м⁻², для Якутска 2,2—104,1 мВт · м⁻². То, что разброс значений УФ-эВ радиации в Якутске меньше, чем в Воейково, объясняется в основном меньшим интервалом использованных значений высоты солнца для Якутска. Из таблиц видно, что наиболее сильной является зависимость УФ-эВ радиации от высоты солнца. Влияние облачности на УФ-эВ радиацию не однозначно, поскольку не учитывается ее мощность по вертикали.

Таблица 1

No	Huc.	Врем	я мск	Высота			Суммар-	Облач-
n/n	ло	ч	мин	солнца, град.	УФ-В	УФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы
÷,	1				нварь		3	st j red
1	1	11	32	5,1	8,8	0,9	326	10
2	2	12	9	6,4	16	1,7	299	ा ३ €े
3	2	13	1 2.	7,1	18,3	1,9	299	3
4	2	14	7	6	13,8	1,4	299	. 3 65
5	2	14	26	5,3	10,9	1,1	299	8
6* ⁽	3	12	53	7,2	13,9	1,4	325	10
7*	3	14	16	5,8	12,1	1,3	325	່ 10 ²³
8* [:]	4	12	10	6,6	9,6	1,0	299	10
9*	4	13	6	7,3	8,9	0,9	299	10
10 [*]	4	14	6	6.2	6.5	0.7	299	10

Энергетическая УФ-В и эритемная УФ-эВ радиация (мВт · м⁻²) в Воейково за 2000 г.

Продолжение	табл.	J
-------------	-------	---

1	No	Чис-	Врем	я мск	Высота		narentes Narentes	Суммар-	Облач-
	п/п	ло	्रम्	мин	солнца, грал.	УФ-В	УФ-эВ	ный озон, П. ел.	ность, баллы
	11*	5	11	49	6.1	9.4	1,0	337	्र 10
	12*	5	12	10	6.7	7.3	0.8	337	10
	13*	- - 5	12	52	7.4	8,9	0,9	337	10
	14*	5	14		6.4	8,1	0,8	337	10
	15*	6	11	47	6,1	8,3	0,9	327	10
	16*	6	12	16	3 7 - 2,2	9,2	0,9	327	10
	17*	6	13	12	7,5	: 12,8	1,4	327	10
	18*	8	11	46	6,4	6,6	0,7	337 5.5	10
	19*	8	12	8	7,1	7,5	0,8	337	10
-	20*	8	13	3	7,9	7,4	0,8	337	10
	21*	8	14	0	7,1	4,4	0,5	337	10
	22*	8	14	33	5,9	4,4	0,5	337	10
	23*	9	11	20	5,2	5,3	0,5	295	10
	24*	9	11	53	6,6	5,3	. 0,6	295	10
	25*	9	11	55	6,7	10,7	1,1	295	10
	26*	9	14	34	5,8	4,5	-0,5	295	10
	27*	9	14	. 47	5,2 2	3,8	0,4	295	10
-	28*	i 10	े 11 ं.	52	6,7	6,1	0,6	311	10
	29*	10	13	3	8 ⊀⊺	18,3	1,9	311	10
	30	10	14	38	5,8	7,5	0,8	311	10
	31	10	14	53	5,1	6,8	0,7	311	10
	32	11	11	17	5,3	3,7	0,4	294	10
	33	11	- 11	59	7,1	9,8	1,0	294	10
	34	11	13	2	8,2	8,2	0,9	294	10
	35	12	11	16	5,4	2,9	0,3	312	10
	36	12	11	50	6,9	4,5	0,5 8 (312	10
	37	12	13	2	8,3	6,0	∧ 0,6 😜	312	10
a state of the	38	12	.14	4	7,4	6,7	0,7	312	10
	39	14	.11	16	5,6	9,2	1,0 🦽	310	9 _ (

and give according the source approximation

Продолжение табл. 1

No	Чис-	Врем	я мск	Высота	3.4		Суммар-	Облач-	ŀ
п/п	ло	ч	мин	солнца, град.	УФ-В	УФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы	
40	14	11	31	6,4	14,5	1,5	310	4	ŀ
41	14	13	7	8,7	22,2	2,3	310	3	
42	14	14	21	7,2	13,4	≜ 1,4 े	310	10	
43	14	14	51	5,9	10,0	1,0	310	10	
44*	15	11	° 20 ⇒	6	8,1	0,8	374	10	
45*	15	12	1	4,9	10,2	1,0	374	10	•
46*	15	13	11	8,8	12,8	1,3	374	10	:
47*	15	14	28	7,1	5,9	0,6	374	10	
48*	15	15	0	5,6	4,3	0,4	374	10	1
49*	16	11	48	7,5	6,8	0,8	272	10	
50*	17	11	57	8	10,0	1,1	366	10	ľ
51*	18	11	0	5,4	8,1	0,8	365	10	
52*	20	10	51	5,1	11,2	1,1	321	0	
53*	20	11	36	7,7	22,2	2,3	321	0 ^{- 25} 0 - ²⁵ 1	1
54*	20	13	1	9,8	34,5	3,7	321	5	l
55*	20	14	46	7,4	22,2	2,3	321	5	
56*	20	15	26	5	9,9	1,0	321	5	
57*	21	10	54	5,5	9,5	1,0	324	4	ŀ
58*	21	11	31	7,6	16,2	1,7	324	4	
59*	21	13	7	10	24,3	2,6	324	5	ŀ
60*	21	14	59	6,9	13,0	1,3	324	10	
61*	21	15	13	6,1	10,1	1,0	324	10	
62*	22	10	43	5	10,5	1,1	366	10	ł
63*	22	11	17	- 7,1	17,4	1,8	366	10	ľ
64*	22	11	38	8,2	20,1	2,1	366	10	ľ
65*	22	13	2	10,2	31,9	3,4	366	3	1
66*	22	14 ⁰	59	7,1	21,5	2,2	366	4	ľ
67*	22	15	22	5,7	13,6	1,4	366	5	ľ
68*	22	15	33	5	10,9	1,1	366	5	ŀ

Продолжение табл. 1

No	Чис-	Врем	я мск	Высота			Суммар-	Облач-
п/п	ло	Ч	мин	солнца, град.	уф-В	уФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы
69*	23	10	56	6	12,5	1,3	336	2 2
70*	23	11	41	8,5	20,7	2,2	336	4
71*	23	12	15	9,7	26,0	2,8	336	5
72*	23	13	11	10,5	31,4	3,4	336	1
73*	23	14	43	8,2	21,0	2,2	336	1 1
74*	23	15	11	6,7	15,4	1,6	336	2
75*	23	15	35	5,1	10,8	1,1	336	2 2
76*	24	10	48	5,1	12,8	1,3	324	5
77*	24	11	11	7,2	15,8	1,6	324	5
78*	24	13	11	10,7	32,9	3,5	324	4 5 ° d ≥
79*	24	15	25	6 6	13,6	1,4	324	S 3 ⊂ .
80*	25	10	47	5,8	13,4	1,4	296	3. 5 -16
81*	25	11	16	7,7	20,7	2,2	296	3
82*	25	12	7	9,9	35,5	3,8	296	3 - 8
83*	25	13	41	10,7	40,3	4,3	296	3 3 54
84*	25	14	52	8,2	23,8	2,5	296	3
85*	25	15	29	s,: 6.	13,5	1,4	296	e. 3100
86*	25	15	46	4,8	10,1	1,0	296	20 0 AAA
87*	26	10	36	5,3	9,7	i, 1,2 .	283	10
88*	· 26	11	7	7,4	13,6	1,6	283	10
89*	26	11	37	9	24,5	3,0	283	32 10 *20
90*	26	13	2	11,2	32,9	4,0	283	10
91*	27	11	13	8	15,2	1 ,6 e	323	10 ¹
92*	27	11 3	40	9,4	26,6	2,8	323	< €10 ⊡
93*	27	13	7	11,4	38,6	4,1	323	10
94*	27	14	49	8,9	25,6	2,7	323	10
95*	27	15	25	6,8	14,8	1,5	323	10
96*	27	15	45	5,4	8,7	:,≍ 0,9	323	10
97*	28	15	- 38	6,1	12,2	1,3	306	્ર ા0 ેલ્

44. A- 19-14

A CARDON PARTY AND

Продолжение табл. 1

No	Чис-	Врем	я мсқ	Высота	1. L.	indat ježe s tro	Суммар-	Облач-
п/п	ло	P	мин	солнца, град.	уф-В	УФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы
98*	28	15	56	4,8	8,4	0,9	306	10
99* ^c	29	10	15	4,3	8,5	0,9	281	10
100*	29	10	31	5,6	12,8	1,6	281	10
101*	29	11	27	9,2	32,1	3,9	281	3
102*	29	13	15	12	56,1	6,7	281	8
103*	29	14	47	9,5	39,1	4,8	281	10
104*	29	15	34	6,7	19,7	2,4	281	10
105*	29	15	54	5,2	10,4	1,2	281	10
106*	30 -	11	38	10	9,4	1,0	321	10
107*	30	12	59	12,2	26,3	2,8	321	10
108*	30	15	9	8,6	7,8	0,8	321	10
109*	30	15	37	6,8	29,3	3	321	10
110*	30	15	55	5,4	6,8	0,7	321	10
111*	31	10	31	6,1	13,8	1,4	346	5
112*	31	10	55	7,8	19,0	2,0	346	6
113*	31	11	27	9,7	27,0	2,9	346	5
114*	31	12	49	12,4	44,4	4,7	346	5
115*	31	14	56	9,6	25,4	2,7	346	4
116*	31	15	38	7	13,2	1,4	346	0
117*	31	16	6	4,8	7,6	0,8	346	0
		terre e Tarte e	÷		Июль	- 양		
9.0 1	1	1 200	i Liză	vas jos Intessitos	1912 - 1 1912 - 1	ister i so Istalia	1 5-23	
118	1	8.5.5	2	27,4	286,6	27,3	339	
119	1	8	38	31,9	438,8	42,5	339	0
120	1	9	44	39,8	765,5	78,1	339	
121	1	12	56	53,1	1112,0	118,6	339	10
122	1	14	50	48,4	669,6	70,9	339	10
123	1	15	27	45,2	663,1	68,9	339	10
124	1	16	4	41.3	859.8	87.7	339	10

Продолжение табл. 1

No.	YHC-	Врем	я мск	Высота			Суммар-	Облач-
п/п	ло	ų	мин	солнца, град.	уф-В	уФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы
125	2	8	15	29	332,6	31,8	351	7
126	2	8	45	32,7	379,7	36,8	351	8
127	2	9	47	40,1	748,5	76,4	351	8
128	2	13	11	53	1011	107,8	351	9
129	2	14	48	48,6	629,4	66	351	10
130	3	12	40	52,8	960,9	102,5	371	10
131	4	8.	20	29,4	110,9	10,6	333	10
132	4	8	48	32,9	330,2	32	333	10
133	4	10	2	41,5	430,3	44,3	333	10
134	4	12	59	52,9	857,6	91,5	333	10
135	4	14	37	49,3	786,3	82,4	333	10
136	4	15	20	45,7	1264	132,6	333	6
137	4	16	11	40,4	870,3	88,8	333	7
138	5	8	6	27,6	278,5	26,6	319	2
139	5	8	41	31,9	438,3	42,4	319	2
140	5	9	56	40,8	867	88,4	319	4
141	5	12	59	52,8	1345,2	143,5	319	10
142	5	14	41	48,9	565,1	59,2	319	10
143	5	15	29	44,7	432,3	44,9	319	10
144	5	15	50	42,6	339,4	35	319	10
145	6	8	13	28,3	63,1	6	325	10
146	6	8	43	32,1	54,1	5,2	325	10
147	6	13	9	52,7	1091,8	116,5	325	6
148	6	14	27	49,8	1415,7	149,7	325	3
149	6	15	32	.44,4	1123	116,7	325	5 _{551 2}
150	. 6	16	2	41,3	618,7	63,1	325	6
151	.7	8	21	29,2	311,9	29,8	320	1,27
152	7	8	47	32,5	452,2	43,8	320	2
153	7	9	49	39,8	760,3	77,6	320	2

Backsoners side

,

Продолжение табл. 1

÷	No	Чис	Врем	я мск	Высота			Суммар-	Облач-
	п/п	ло	ti siti Ser u si	мин	солнца,	Уф-В-	⊽Ф-эВ	ный озон,	Ность,
	154	7	19	1.5-3	трад. 59 б	605 9	71.9	<u>д</u> , ед, 990	Q
	154		547 61	10	J2,J	171 G	50.9	220	e E
	150		14	100	41,0	414,0	90,2 90 5	020 290	ð
	150	(10 296	44	40,0	210,0	40,0 95 9	320	9
	107		10		41,4	044,7	00,4	040	9
	158	8	8	3	26,9	-294,8	28,1	342	10
	159	8	8	39	31,4	408,3	39,1	342	10
	160	8	9	43	39	646,3	65,3	342	10
	161	8	14	48	48,1	959,9	101,6	342	10
	162	8	15	33	44,1	1031,1	107,2	342	782
•	163	8	16	1	41,2	848,8	86,6	342	·∴ ; 5 ^{.⊖}
	164	9	8	17	28,5	309,1	29,5	320	1
	165	9	8	41	31,5	408,3	39,5	320	1
	166	9	∛÷9″	40	38,5	620,3	62,7	320	73.
	167	9	12	27	51,8	836,8	89,3	320	10
	168	9	14	53	47,6	998,5	105,7	320	7
	169	9	15	35	43,8	900	93,6	320	8
	170	9	16	6	40,6	521,6	53,2	320	5
	171	10	8	57	33,3	434,6	42,1	362	10
	172	10	: .9	45	39	240,5	24,3	362	10
	173	10	13	34	51,8	851,3	90,8	362	8.03
	174	10	<u>ି</u> 15	3	46,7	703,9	73,8	362	5 ³⁸ -
-	175	10	15	46	42,6	333,8	34,4	362	601
	176	10	16	12	39,8	278,7	28,4	362	6
1	177	11	8	14	27,9	257,1	24,5	332	5
ł	178	11	8	54	32,8	461,3	े 44,7 े	332	6
-	179	11	9	51	39,5	719,3	73,4	332	4
	180	11	13	15	52	1411	150,5	332	. 3
	181	11	14	36	* 48,7	1254,7	131,5	332	2
-	182	11	15	35	43,6	981,3	102,0	332	1 8

1. Enter and reach 1975

Продолжение табл. 1

No	Uno	Врем	я мск	Высота	i 3740	R Lass.	Суммар-	Облач-
n/n	ло	а (126) Ч	мин	солнца,	УФ-В	УФ-эВ	ный озон,	ность,
100	1 1	16	0	1рад.	<u>\</u>	82.0	229	1
100	11	.10	0 99	40,4	905 A	02,0	202	1.9
184	12	0	44	40,1	K 000,4	49,4	040	10
185	12	ଁଷ	59	33,3	457,8	44,3	323	10
186	12	10	11	41,6	(600,5	61,9	323	10
187	12	13	25	51,7	1644,3	175,4	323	10
188	12	14	51	47,4	1164,1	122,1	323	3
189	12	15	31	43,9	907,9	94,4	323	10
190	12	15	56	41,4	847,6	86,5	323	10
191	13	्9 ्	42	38,2	537,8	54,3	347	10
192	13	13	8	51,8	856,8	91,4	347	5
193	13	14	38	48,3	1101,6	116,6	347	4
194	13	15	41	42,8	513	52,8	347	5
195	13	16	13	39,4	360,3	36,4	347	8
196	14	8	12	27,2	269,8	25,7	326	5
197	14	8	50	31,9	410,7	39,7	326	3
198	14	5 9	54	39,4	712,3	72,0	326	5
199	14	13	20	51,5	672,1	71,7	326	10
200	14	15	5	46	659,5	69,2	326	10
201	14	15	40	42,8	619,7	63,8	326	10
202	16	8	22	28,2	135,6	12,9	333	10
203	16	8	51	31,7	60,4	5,8	333	10
204	16	13	29	51,1;	723,7	77,2	333	10
205	16	14	47	47,2	529,9	55,6	333	10
206	16	15	34	43,1	392,7	40,4	333	10
207	16	16	9	39,5	517,1	52,8	333	10
208	17	8	11	26,6	243,0	23,2	329	8
209	17	8	46	31	354,3	33,9	329	8
210	17	9	51	38,6	431,6	43,6	329	9
211	17	12	42	51	670.4	71.5	329	8.

. Alternation and a for

Продолжение табл. 1

	No	Unc.	Врем	я мск	Высота	म् मित्र स		Суммар-	Облач-
	п/п	ло	्यः २३३ म्	мин	солнца,	УФ-В	УФ-эВ.	ный озон,	ность, баллы
	212	17	15	40	42.4	570 5	58.8	329	9
	213	17	16	32	36.7	130.0	18 1	329	10
	210 914	18	8	0	26.2	194.0	18.3	313	8
	214	18	0	្រ	20,2	376.6	36.5	313	8
1	210	18	o	50	90 A	641 4	61.3	313	
A set of the set	210	18	12	20	50 7	1428 6	159.5	313	ĥ
	217 918	18	15	23	45.6	647 6	67 9	313	7
1.1.1	210 910	18	15	46	41.6	402 1	A1 4	313	8
	219 990	18	16	14	38.6	105.6	107	313	q
10.00	220	10	10	57	90,0 	358 /	36.9	347	10
	241 999	10	15	41	49	404.9	41.6	347	-2- 10 -22
	222	20	10	-11 6	95.5	305 9	98 7	302	≥< <u>_</u> 205
	224	20	8	31	28.6	308.8	29.5	302	5
	22 1 995	20		58	38.0	879	88 1	302	A 10
	220	20	12	11	50.6	806.0	05.7	302	S R
	220 997	20	10	97	170	853.9	3 on agg	302	2.5 g. 33
	221	20	15	27	43.9	1036 6	106 7	302	S S
	220 220	20	16	3	30 5	680.0	69.5	302	8
	229	20	3 0	11	96	921 8	ິ 91 ຊີ	320	30 g 20
	200	21	o Q	46	20	138 0	41 5	320	રક ટ્રેલ્લ્સ
	201	21 91	0	32	25 0		22.6	320	88 6.88
	202	91	12	20	50.3	1070 7	112 9	320	83. 6 . 98
	234	21	145	44	46 6	1004 4	105 8	320	adaa
	235	21	1.5	20	42.8	8632 7 3	65 1	320	່ <u>ເ</u>
	200	21	16	17	37.8	530 0	54.5	320	10
	200	. 99	8	6	95.9	56 8	от, о 5 и С	354	10
	201 922	- <u>44</u> - 99	Q Q	15	20,2	901 Q	0,±	354	10 10 20
	200	44 99	a	33	25.7	201,0	19,0	354	10
	209	22	19	50	50 9	1020.1	107.0	354	10
	420			00		I… I U 4/ U y 1 ∞ ∞	, <i>d</i>	001	1 . TA

Продолжение табл. 1

No	uwe-	Врем	я мск	Высота	сан на селото 10 страни		Суммар-	Облач-
n/n	ло	्र	мин	солнца, грал.	УФ-В	УФ-эВ	ный озон, Д. ед.	ность, баллы
241	22	15	40	41,6	544,5	56,1	354	10
242	22	16	3	39,2	570,8	57,7	354	10
243	23	8	35	28,6	308,5	29,5	300	10
244	23	9	23	34,4	611,9	59,9	300	6
245	23	9	57	38,3	789	79,7	300	5
246	23	13	18	50	1308,6	138,4	300	4
247	23	14	40	46,5	1231,5	129,1	300	4
248	23	15	31	42,3	967,2	99,6	300	2
249	23	16	3	39	806,9	81,5	300	2
250	24	8	1	24,2	228,9	22,1	299	7
251	24	8	52	30,5	274,6	26,3	299	9
252	24	9	19	33,8	635,2	62,2	299	9
253	25	8	32	27,9	328,3	31,3	312	8
254	25	9	7	32,1	390,8	37,8	312	7
255	25	9	58	38	270,7	27,3	312	1 0
256	25	13	32	49,3	822,3	86,2	312	<u>,</u> 9
257	25	14	.30	46,8	1365,7	143,2	312	6
258	25	15	49	40,1	936,1	95,5	312	<u> </u>
259_{\odot}	25	16	29	35,8	539,1	53,4	312	8
260	26	8	4	24,2	162,6	2 15,7	311	10
261	26	8	43	29,1	315,3	30,1	311	10
262	26	9 -	43	36,1	579,1	57,3	311	10
263	26	13	0	49,4	1070,7	112,2	311	10
264	26	14	53	44,9	432,4	44,9	311	10 se
265	26	15	26	42,1	194,7	20,1	311	1 0 - 3
266	26	16	2	38,5	170,7	17,2	311	10
267	27	8	32	27,5	124,6	11,9	312	10 38
268	27	9	17	32,9	130,6	12,6	312	10
269	27	10	41	41,9	216,5	22,3	312	10

S. N. State I

Продолжение табл. 1

1	No	'Uno-	Врем	ямск	Высота	$ \mathcal{M} \leq \mathcal{M}_{\mathcal{I}} $	mananji ku	Суммар-	Облач-
	п/п	ло	ध	мин	солнца,	УФ-В	УФ-эВ	ный озон,	ность,
	1:00	: <u>)</u> ,		nii China (China	град.			Д. ед.	баллы
	270	27	13	10	49,2	322,6	33,8	312	10
•	271	- 27	- 14	48	45,1	346,5	36,0	312	10
	272	27	15	28	41,7	585,1	60,3	312	10
	273	27	16	16 🗧	36,8	219,7	22,0	312	10
	274	28	8	49	29,4	80,9	7,7	320	10
	275	28	10	10	38,7	178,7	; 18,1	320	10
	276	28	15	5	43,6	385,1	_40,0	320	10
	277	28	15	38	40,6	205,7	21,0	320	10
	278	28	16	22	36	121,9	12,1	820	10
	279	29	8	3	23,5	96,1	9,3	332	10
	280	29	8	30	26,9	173,8	16,6	332	10
	281	29	12	53	48,7	306,2	32,1	332	10
	282	29	15	33	40,8	388,9	39,7	332	10
	283	29	16	1	38	207,8	21,0	332	10
	284	30	8	18	25,2	123,7	11,8	318	10
	285	30	9	13	31,9	224,7	21,7	318	10
	286	30	10	11	38,3	347,5	35,1	318	10
:	287	30	13	12	48,4	1123,2	118,9	318	8
•	288	30	14	41	44,9	869,1	90,3	318	9
,	289	30	15	20	41,8	385,9	39,7	⁶ .318	10
	290	30	15	52	38,8	274,1	27,7	318	10
	291	31	8.	20	25,2	215,6	20,5	311	10
1	292	31	:8 35	59	30	322,7	30,5	311	10
	293	31	.9 10	44	35,2	480,6	47,1	311	10
	294	31	13	32	47,9	655,0	69,3	311	10
	295	31	14)	50	44,1	916,6	95,3	311	8
	296	31	15	31	40,6	593,6	60,5	311	9
	297	31	16	6	37,1	683,5	68,4	311	5
	19.5				17.1925 17.1925			9.0 I I	
	П	риме Рос"	чание	. Звездо	чкой отмеч	чены случа	и, когда на	поверхнос	ти земли в
٠ß	раионе	: роен	ково ИІ	мелся сн	нежный по	кров.			ان این مع این می محمد این می این

Таблица 2

No		Время,	мест. декр.	Высота		Суммерный	Облач-
<u>п/п</u>	Число	18 u	мин	солнца, град.	УФ-эВ	озон, Д. ед.	ность, баллы
199		1.	1.76	1,766			
		18	£.05 •	ABIYCM ZU	14 2.		
1	1	7	00	19,7	20,8	350	10
2	1	8	00	26,6	33,7	353	10
3	1	9	00	33,3	42,3	356	10
4	1	3811	00	43,4	54,4	355	10
5	1	12	00	45,7	52,5	351	10
6	1	<u>ं 13</u>	00	45,6	49,7	351	10
7	1	22 14	00	43,1	54,1 S	351	10
8	2	38 7	00	19,4	11,1	339	.10
9	2	8.0	00	26,4	18.9	339	10
TO	2	9	00	33.0	44.0	344	. 10
11	2	9	58	38.6	31.9	345	10
12	2	11	00	43.1	42.2	345	10
13	2	12	00	45.5	65.2	345	10
14	2	18	00	45.3	32.2	345	10
15	3	0	00	32.8	27.0	344	10
16	3	. ິ ັ 10	00	38.6	29.3	347	10
17	2	.19	00	45.1	55.0	352	10
10	5	14	-00	49.6	55.9	352	10
10	0	14	00	10	0011 7	250	10
19	4	335 6	00	19	011,7 ×	950	10
20	4	8		20	21,1	009	10
21	4	<u>(15</u> ,9	00	32,6	30,7	302	10
22	4	10	00	38,3	43,6	366	10
23	4	11	00	42,7	53,9	366	10
24	4	12	00	44,9	73,1	368	10
25	4	13	00	44,8	40,2	368	10
26	4	14	00	42.3	64.1	361	10 HAS

Эритемная УФ-эВ радиация (мВт · м⁻²) в Якутске за 2004 и 2005 гг.

New mean of th

n in the state of the second sec

Продолжение табл. 2

No		Время, м	ест. декр.	Высота		Суммарный	Облач-
п/п	Число	ч. ^т ч.	мин	солнца, град.	УФ-эВ	озон, Д. ед.	ность, баллы
27	5	< 7 0	00	18,8	16,0	341	10
28	5	8	00	25,8	22,1	336	10
29	5	9	00	32,4	45,8	335	10
30	5	10	00	38,1	67,1	341	10
31	5	11	00	42,4	85,1	344	10
32 ⁹	6	7	00	18,6	16,4	333	2
33	6	8	00	25,5	24,9	333	8
34	6	9	00	32,1	47,3	333	10
35	6	10	00	37,8	62,6	329	10
36	6	iì	00	42,1	80,9	330	10
37	6	12	00	44,4	104,1	332	10
38	6	13	00	44,3	98,1	332	10
39	6	14	00	41,8	84,2	327	10
40	7	7	00	18,3	14,8	310	10
41	7	8	00	25,3	21,2	310	10
42	7	9	00	31,9	45,7	314	10
43	7	10	00	37,6	67,1	324	10
44	27	11	00	41,9	56,7	323	10
45	7	12	00	44,1	99,9	329	10
46	7	13	00	44,0	94,6	329	10
47	7	14	00	41,5	84,8	310	10
- 48	≥ 8	7	00	18,1	11,4	330	10
49	8	8	00	25,1	24,0	330	10
50	8	9	00	31,6	39,7	331	10
51	- 8	10	00	37,3	56,9	335	10
52	8	11	00	41,6	55,4	337	10
53	8	12	00	43,9	83,1	340	10
54	8	13	00	43,7	75,0	340	10
55	8	14	00	41.2	64.8	336	10

9 C	이름은 구구가	na store i s			· · · · ·		
		Время, м	ест. декр.	Высота	a tana ang ang ang ang ang ang ang ang ang	Current	Облач-
 TT/TT	Число	nest i	6 <u>. 6 .</u> 85	солнца,	УФ-эВ	озон. Л. ел.	ность,
<u> </u>		<u> </u>	мин	град.		·····	баллы
56	9	7	00	17,9	16,9	316	10
57	9	8	00	24,8	22,4	314	10
58	9	9	00	31,4	43,0	312	∠ 10
59	9	10	00	37,1	50,2	317	10°2.
60	9	11	00	41,3	83,4	315	10
61	9	12	00	43,6	98,3	317	10
62	9	13	00	43,4	92,8	314	10 _
63	9	14	00	40,9	62,5	314	10
64	11	7	00 55	17,4	14,5	321	4
65	11	8	00	24,3	23,7	321	- 2 88
66	11	9	00	30,9	42,3	329	o y O o y i
67	11	10	00	36,6	58,7	328	a 2
68	11	11	00	40,8	78,4	332	i, 1 8 ⊗igu
69	11	12	00	43,0	93,6	331	, 8 Sp
70	11	13	00	42,8	52,8	331	
71	11	14	00	40,4	56,2	331	9
72	12	7	00	17,1	11,6	341	10
73	12	8	00	24,1	23,5	341	10
74	12	9	00	30,7	44,4	345	10
75	12	10	00	36,3	58,2	337	₹ 10 -92.
76	12	11	00	40,5	64,5	340	10
77	12	12	00	42,7	77,3	338	្វ 10 🚲
78	12	13	00	42,5	67,7	338	10
79	12	14	00	40,1	40,2	341	: 10
80	14	10	00	35,8	22,5	345	10
81	14	13	00	41,9	87,6	348	× 10 ⊲⊰
82	14	14	00	39,4	55,2	341	10
83	15	7	00	16,4	8,9	326	10
84	15	8	00	23,4	20,6	326	. 10 .

Продолжение табл. 2

Продолжение	табл.	2
-------------	-------	---

	N≌		Время, м	ест. декр.	Высота		Суммарный	Облач-
	п/п	Число	Ч.	мин	солнца, град.	ηΦ-9Β	озон, Д. ед.	ность, баллы
ł	85 ³	15	9	00	29,9	24,8	337	10
-	86	15	10	00	35,5	99,7	343	10
	87	15	11	00	39,6	59,7	345	10
	88	15	12	00	41,8	100,1	345	10
	89 ⁻	15	13	00	41,6	68,3	342	10
	90	15	14	00	39,1	75,3	342	10
	91 ³	16	7	00	16,2	11,4	310	10
	92	16	8	00	23,1	26,4	310	10
	93	16	9	00	29,6	31,5	314	10
	94 ²	16	10	00	35,2	49,6	319	10
	95	16	11	00	39,3	59,5	324	10
	96	16	12	00 1 1	41,5	50,6	327	10
	97	16	13	00	41,3	74,2	327	10
12	98	16	14	: 00 ^è	38,8	73,6	320	10
	99	17	7	00	15,9	12,0	304	0
	100	17	8	00	22,8	23,4	300	3
	101	17	9	00	29,3	40,2	299	3
	102	17	10	00	34,9	53,8	301	2
	103	17	11	00	39,0	73,4	303	2
	104	17	12	00	41,2	53,3	304	3
	105	17	13	00	41,0	84,2	304	2
	106	17	-14	00	38,5	75,8	309	3
	107	18	7	00	15,6	11,1	322	2
	108	18	8	00	22,6	19,7	322	2
	109	18	9	00	29,1	38,2	322	2
	110	18	10	00	34,6	52,3	322	3
	111	18	11	00	38,7	72,0	326	5
	112	18	12	00	40,9 ^{SS}	86,8	320	8
	113	18	13	00	40.7	53.4	320-	10-

Продолжение табл. 2

No	an a	Время, м	ест. декр.	Высота	n produktivni. Literatur (* 1	Суммарный	Облач-
п/п	Число	4	МИН	солнца, грал.	уф-эВ	озон, Д. ед.	ность, баллы
114	18	14	00	38.2	30.4	318	10
115	19	7	00	15,4	8,7	330	10
116	19	8	00	22,3	24,4	330	10
117	19	9	00	28,8	30,8	330	10
118	19	10	00	34,4	45,3	336	10
119	19	11	00	38,4	60,9	334	10
120	19	12	00	40,5	80,1	331	6
121	19	13	00	40,3	74,4	331	6
122	19	14	00	37,8	71,3	332	6
123	20	7	00	15,1	9,9	319	4
124	20	8	00	22,1	26,4	319	4
125	20	9	00	28,5	35,8	321	8
126	20	10	00	34,1	49,7	323	10
127	20	11	00	38,1	61,6	324	10
128	20	12	00	40,2	79,3	320	10
129	20	13	00	40,0	76,8	320	10
130	20	14	00	37,5	64,4	318	10
131	21	7.	00	14,9	9,6	310	10
132	21	8	00	21,8	18,6	310	10 ,
133	21	9	00	28,3	38,0	312	10
134	21	10	00	33,8	49,7	314	8
135	21	11	00	37,8	67,7	311	8.15
136	21	12	00	39,9	78,3	310	4
137	21	13	00	39,7	76,3	311	2 ~ 8 (4)
138	21	14	00	37,2	63,3	311	3.
139	22	. 7	00	14,6	9,2	300	6 .
140	22	8	00	21,5	18,6	300	6 4 G.A.
141	22	9	00	28,0	37,4	305	4
142	22	10	00	33,5	50,1	308	4

To Albert Borth State

A CAR IN THE STREET

Продолжение табл. 2

Nº	Число	Время, м	ест. декр.	Высота солниа	УФ-эВ	Суммарный	Облач- ность.
п/п	1210310	ч	мин _	град.	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	озон, Д. ед.	баллы
143	22	11	00	37,5	71,3	301	6
144	22	12	00	39,6	81,0	304	6
145	22	13	00	39,3	76,9	304	6
146	22	14	00	36,8	65,1	310	8
147	23	7	00	14,3	9,1	308	0
148	23	8	00	21,3	18,4	308	0
149	23	9	00	27,7	32,8	305	6
150	23	10	00	33,2	48,7	313	8
151	23	11	00	37,2	63,5	311	10
152	23	12	00	39,2	76,9	307	8
153	23	13	00`	39,0	74,4	307	8
154	23	14	00	36,5	56,1	308	10
155	24	7	00	14,1	9,1	296	10
156	24	8	00	21,0	23,1	296	10
157	24	9	00	27,4	33,0	298	10
158	24	10	00	32,9	53,9	305	10
159	24	11	00	36,9	64,4	307	10
160	24	12	00	38,9	76,0	307	10
161	24	13	00	38,6	69,1	307	10
162	24	14	00	36,1	45,3	307	10
163	25	7	00	13,8	3,2	315	10
164	25	9	00	27,1	17,5	317	10
165	25	10	00	32,6	29,8	319	10
166	25	11	00	36,5	44,0	316	10
167	25	13	00	38,3	36,3	319	10
168	25	14	00	35,8	48,7	317	10
169	26	7	00	13,5	7,7	296	10
170	26	8	00	20,4	15,5	296	7
171-	26	9	00	26.8	31.1	304	10

Продолжение табл. 2

№ п/п	Число	Время, м ч	ест. декр. мин	Высота солнца, град.	УФ-∌В	Суммарный озон, Д. ед.	Облач- ность, баллы
172	26	10	00	32,3	38,6	304	10
173	26	11	00	36,2	51,3	308	10
174	26	12	00	38,2	51,8	306	10
175	26	13	00	37,9	69,6	302	10
176	26	14	00	35,4	57,5	302	10
177	27	7	, 00	13,3	6,4	288	6
178	27	8	00	20,2	10,4	288	10
179	27	10	00,	32,0	39,0	304	10
180	.27	11	00	35,9	46,9	309	10
181	27	12	00	37,9	59,9	313	10
182	27	13	00	37,6	56,7	313	10
183	27	14	00	35,1	46,1	312	10
184	28	7 , 10	00	13,0	6,1	295	10
185	28	8	00	19,9	19,8	295	10
186	28	9	00	26,3	24,6	309	10
187	28	10	00	31,7	49,1	317	10
188	28	11	00	35,6	60,7	313	10
189	.28	12	00	37,5	76,1	308	10
190	28	13	00	37,2	66,7	308	6
191	28	14	00	34,7	45,9	302	6
192	29	7	00	12,7	9,0	300	6
193	29	8	00	19,6	25,7	300	- 5
194	29	9	00	26,0	34,1	300.	4
195	29	10	00	31,3	52,7	300	2
196	29	11	00	35,2	62,3	300	0
197	29	12	00	37,2	73,5	300	0
198	29	13	00	36,9	66,5	300	0
199	29	14	00	34,4	57,0	300	0
200	30	7	00	12,4	6,5	299	10

1. 281.587.5

Продолжение табл. 2

No		Время, м	ест. декр.	Высота		Суммарный	Облач-
п/п	Число	на страна Ч	, мин	солнца, град.	УФ⊷эВ	озон, Д. ед.	ность, баллы
201	30	[*] 8	00	19,3	22,2	299	10
202	30	9	00	25,7	31,3	293	10
203	30	10	00	31,0	46,2	288	10
204	30	11	00	34,9	49,8	292	10
205	30	12	00	36,8	72,8	285	10
206	30	13	00	36,5	70,1	285	10
207	30	14	00	34,0	53,3	293	10
208	31	7	00	12,2	6,0	292	10
209	31	8	00	19,0	18,9	292	10
210	31	9	00	25,4	28,7	295	10
211	31	10	00	30,7	47,4	295	10
212	31	11	00	34,6	54,8	296	10
213	31	12	00	36,5	56,0	294	10
214	31	13	00	36,1	49,8	294	10
215	31	14	00	33,6	45,4	295	10
~		₹1824 A	d	Бевраль 20()5 z.		na pres Per la casa
	i Isaa	ین ا عد ا				1	
216*	15	10	00	10,0	2,3	472	10
217*	15	11	00	13,0	4,1	488	10
218*	- 15	12	00	15,0	5,9	493	10
219*	15	13	00	15,1	5,9	493	10
220*	15	14	00	13,5	4,6	489	10
221*	15	15	00	10,2	2,7	477	10
222*	16	10	04	9,9	2,2	492	10
223*	16	11	00	13,3	4,8	499	10
224*	16	12	00	15,3	6,7	471	10
225*	16	13	00	15,5	6,7	471	10 i
226*	16	14	00	13,8	4,9	484	10
227*	16	15	00	10,5	2,7	485	10

ulinan sika pertuka

Продолжение табл. 2

№ п/п	Число	Время, м ч	ест. декр. мин	Высота солнца, град.	УФ-эВ	Суммарный озон, Д. ед.	Облач- ность, баллы
228*	17	10	02	10,1	2,2	464	10
229*	17	11	00	13,7	4,1	478	10
230*	17	12	00	15,7	5,9	470	10
231*	17	13	00	15,8	6,4	470	10
232*	17	14	00	14,2	5,4	472	10
233*	22	9	38	10,0	2,2	467	10
234*	22	10	00	11,7	3,3	467	10.
235*	22	11	00	15,4	6,1	461	10
236*	22	12	00	17,5	8,4	466	10
237*	22	13	00	17,6	9,2	466	10
238*	22	14	00	15,9	7,3	459	10
239*	22	15	00	12,5	4,1	467	10
240*	23	9	34	10,0	2,4	461	10
241*	23	10	00	12,1	3,8	461	10
242*	23	11	00	15,8	6,7	459	10
243*	23	12	00	17,8	9,0	458	10
244*	23	13	00	18,0	9,8	458	10
245*	23	14	00	16,3	6,8	463	10
246*	23	15	00	12,9	3,9	464	10
247	24	9	32	10,2	2,9	455	- 10 84 8
248*	24	10	00	12,4	4,0	451	10
249*	24	11_{\odot}	00	16,2	8,3	449	10 Sec.
250*	24	12	. 00	18,2	11,3	449	10
251*	24	13	00	18,4	11,3	449	10
252*	24	14	00	16,6	8,5	449	10
253*	24	15	00	13,2	4,6	449	10
254*	25	9	26	10,1	2,4	462	10
255*	25	10	00	12,8	3,6	463	10
256*	25	11	00	16,5	7,6	457	10

121,402

ILDUUUMMEnue muu

№ п/п	Число	Время, мест. декр.		Высота	ለው ማ	Суммарный	Облач-
		Ч	МИН	град.	а <i>ф-</i> эр	озон, Д. ед.	баллы
257*	25	12	00	18,6	10,8	459	
258*	25	13	00	18,7	10,9	459	10
259*	25	14	00	17,0	8,8	459	10
260*	25	15	00	13,6	5,0	459	10
261*	27	9	18	10,1	2,2	454	10
262*	27	10	00	13,5	4,4	463	10
263*	27	11	00	17,3	8,0	471	10
264*	27	12	00	19,3	10,0	477	10
265*	27	13	00	19,5	11,4	477	10
266*	27	14	00	17,7	9,5	484	10
267*	27	15	00	14,3	5,5	484	10
268*	28	9	14	10,1	2,7	469	10
269*	28	10	00	13,9	5,0	473	10
270*	. 28	11	× 00	17,7	° 4, 9,9 5 5	469	10
271*	28	ec 12 -	00	19,7	12,8	466	10
272*	28	13	00	19,9	12,2	466	10
273*	28	14	00	18,1	9,6	467	10
274*	28	15	00	14,6	5,7	467	10

Примечание. Звездочкой отмечены случаи, когда на поверхности земли в районе Якутска имелся снежный покров.

В табл. 3 приводятся вычисленные коэффициенты корреляции за каждый месяц, полученные между синхронными значениями энергетической УФ-В и эритемной УФ-эВ радиации в Воейково в 1999 и 2000 гг. Из таблицы следует, что полученные коэффициенты корреляции очень высокие (близки к 0,99), что может свидетельствовать, в частности, о хорошем качестве измерений УФ-В и УФ-эВ радиации.

Представляется интересным сравнение данных измерений эритемной УФ-эВ радиации (включая коэффициент корреляции) в безоблачной атмосфере при одинаковом суммарном озоне (X),

Таблица З

And the second	the second second							
		Коэффициент корреляции						
Иссяц		1999 г.		2000 г.				
Logica I and	877 - 25 2017 - 21	0,98		0,99	- 			
I		0,99		0,99				
III		0,99		0,99				
IV	1.0	0,99		0,99				
V		0,99		0,99				
VI		0,99		0,99				
VII		0,99		0,99				
VIII		0,99		0,99				
IX		0,99		0,99				
x	11 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11	0,94		0,99	Ng tra-			
	- 1 - C	0,99		0,99				
XII	1. d	0,98	. A	0,98				

Коэффициент корреляции между значениями УФ-В и УФ-эВ в 1999 и 2000 гг. по месяцам в Воейково

полученных с помощью ультрафиолетметра [8], и средних канадских данных (табл. 4). Из таблицы следует, что расхождение между указанными значениями УФ-эВ, полученными разными методами, не превышает их погрешности [8], что свидетельствует о тесной корреляционной связи между ними (коэффициент корреляции равен 0,99).

e na dec lo completa de la priz que que estantes lo completante de $Tabauya \; 4$

Данные измерений эритемной УФ-эВ радиации в безоблачной атмосфере,

полученные с помощью ультрафиолетметра в Воейково в 1999 и 2000 гг., и средние канадские данные [13] при тех же значениях высоты солнца и суммарного озона

	Высота сол-	X	УФ-эВ мВт- м^{−2}			
дата	нца, град.	д.е.	по ультрафиолетметру	по канадским данным		
12.05.99	32,6	391	39	39		
13.05.99	33,9	400	8 - 18 - 21 - 38 - 19 - 19 - 1	41		
14.05.99	35,4	396	41	45		
1		11 100	실험하는 물건이 가지 않는 문건이	Auronal Anna ann an 1860.		

	-						
en de la composition de la composition Composition de la composition de la comp	Высота сол-	X	УФ-эВ мВт м ⁻²				
дата	нца, град.	Д.е.	по ультрафиолетметру	по канадским данным			
17.05.99	35,8	404	46	46			
17.05.99	41,2	404	67	64			
17.05.99	38,9 🛫	404	59	56			
21.05.99	32,6	359	40	43			
21.05.99	36,3	359	52				
02.06.99	32,2	331	14 an 14 7 1 ⁸ an 1860	47			
02.06.99	39,9	331	86	77			
09.06.99	41,4	321	93	86			
09.06.99	52,6	321	159	140			
09.06.99	46,3	321	117	108			
09.06.99	43,9	321	104	97			
09.06.99	42,2	321	89	89			
12.06.99	33,4	304	52	57			
24.06.99	37	332	68	6 4			
24.06.99	41,7	332	83	84			
26.06.99	42,4	307	102	94			
26.06.99	53,4	307	151	146			
28.03.00	33,1	429	36	36			
28.03.00	29.8	429	28 A	28			

15

23

34

65

27

42

78

120

0,99

Продолжение табл. 4

17

26

36

65

31

43

73

107

 $-\tilde{\Omega}$

÷41.

Как уже упоминалось, в 2001 г. в Обнинске были проведены официальные сравнения показаний приборов для измерения УФ радиации [8]. Результаты этих сравнений и соответствующий ко-

429

347

347

347

339

339

339

311

23,4

25,9

38,4

27,4

31,9

39,8

45,2

Коэффициент корреляции

29,9

28.03.00

20.05.00

20.05.00

20.05.00

01.07.00

01.07.00

01.07.00

11.08.00

эффициент корреляции между данными сравнений, равный в среднем 0,99, приводятся в табл. 5. Столь высокий коэффициент корреляции и близость полученных данных друг к другу свидетельствуют также о доброкачественности полученных данных.

Таблица 5

1.54

Коэффициенты корреляции

4

между значениями эритемной радиации (мВт·м⁻²), измеренными в период сравнений с помощью спектрофотометра и ультрафиолетметра (Обнинск, 16—19 сентября 2001 г.) [8]

Время мск		Высота	Облач-		:	УФ-э	Вм	Вт · м ^{−2}	n thai de start. Na de startes
ч	мин	солнца, град.	ность, баллы	по	спектрофо	тометр	py i	по ультр	афиолетметру
	1997 - A				-	4.7	:	13.1	
	4		16 сентя	бря	$(X_{co} = 2)$	83 Д.	ė.)		이 가슴을 하니?
	gin e		1	82	•	1 and	· .		이는 수환, 역동
10	- T Ö	31.6	3	<u>.</u>	53			2.14	58 199.20
10	28	32.2	3	e 	54			1.11	57
10	41	33.4	3	6.2	58	for a			63 3 3 6 5 6
10	48	34	3		60	1446			67
14	03	34	1		59	5.00 B		a santari Santari	68
14	24	32,7	2		53	t la b Gala		a terra A terra	60
14	32 -	31,5	3	03	50	1042.45 1. 1. 1.		1 (S)	57
15	12	27,6	. 3	915 -	35		:	2.2	40
15	15	27,4	3	8 E -	35				39
ĺ	32		:	$\mathcal{M}_{\mathcal{F}_{1}}^{(i)}$	-			· * * * *	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1
Коэфф	оициен	нт коррел	ияции	22			0,98	87 ₆₆₁ -	$\{ \hat{e}_{i}, $
	25								
			17 сентя	бря	$(X_{\rm cp}=28)$	83 Д.	e.)		
			· ;					en de la composition de la composition Composition de la composition de la comp	
8	32	19.3	0	1999 B.	17	n di seri Li Manag			17
9	19	25.1	. Õ		31			1 A 41	33
9	26	25,9	••••••	a Sola Tanan	34				36
10	58	34,3	0		65	(a.c.))/		G VA 14	74
11	12	35,2	0		69				77
13	49	34,8	0	.)	69	, et 1.	21	din Altan en de	79
en a conservatione e a seña conservativa e servar a conservar en esta de servar esta en esta en esta en esta e									
Коэффициент корреляции									

Продолжение табл. 5

Время мск		Высота	Облач-	УФ-эВ мВт. м ^{−2}					
Ч	мин	солнца, град.	ность, баллы	по спектрофотометру	по ультрафиолетметру				
19 сентября (X _{ср} = 283 Д. е.)									
9 9	49 57	27,8 28,6		9 199 (9 <mark>38</mark> 8 19 44) 41	41 45				
10 10 11	27 36 03	31,5 	(1121) O 11 113 2 2 O 1220 O	e suite seu 2 51 tubble soite tige ets viege 53 table i seus 61	5555 60 69				
13 14	04 02 91	36,1 33,8	0 0	69 57	79 63				
14	59 59	28,3	0	1 	аралара 43 настатия Бралод в 43 настатия Бело со так але от 11 каза				
Коэффициент корреляции									

나는 것은 물건을 가운 가슴을 물었다. 이번 문

the second second second second second

an a mata a ta la

Что касается вопроса о предотвращении вредной для человека передозировки УФ-эВ радиации, то он решается при наличии ультрафиолетметра следующим образом [11]. Учитывается, что ультрафиолетметр позволяет определить оптимальную для человека экспозицию (в прежних публикациях дозу) УФ-эВ радиации по времени приема этой радиации в данное время и в данном месте. При этом определяется промежуток времени Δt , в течение которого на горизонтальную поверхность поступает половина средней пороговой эритемной экспозиции, равной, согласно [3], 40 мВт · ч · м⁻². Для определения промежутка времени Δt с помощью ультрафиолетметра в избранный момент времени измеряется величина суммарной радиации Q_{3B} . Затем находят значение промежутка времени Δt (мин) по формуле

 $\Delta t = 2400/Q_{\rm sB}, \qquad (1)$

19

где Q_{3B} в мВт · м⁻², а значение 2400 — половина средней пороговой эритемной экспозиции (мВт · мин · м⁻²). При существенно изменяющейся облачности измерения величины Q_{3B} производят чаще, чем при безоблачном небе (например, через 5—10 мин), и в процессе измерений уточняют значение ∆*t*.

Пример расчета Δt . Пусть в пункте наблюдений в данный момент найдено, что $Q_{2B} = 40,0$ мВт · м⁻². Тогда по формуле (1) получим

$$\Delta t = 2400/40 = 60$$
 мин.

Указанная экспозиция относится к неподвижно лежащему человеку. Если человек периодически меняет свое положение, то экспозиция увеличивается в два раза. Заметное превышение этой экспозиции при приеме УФ-эВ радиации может оказать вредное воздействие на здоровье человека [3]. Для удобства расчетов величины Δt в работе [11] приводится таблица. С помощью этой таблицы или соответствующей компьютерной программы можно быстро получать значение Δt (мин), если известна величина $Q_{\rm 3B}$ (мВт · м⁻²).

arrelate are a representation for the market of the solution of the

1. Авторское свидетельство № 892395. Озопометр / Г. П. Гущин, С. А. Соколенко. — Бюллетень открытий, изобретений, промышленных образцов и товарных знаков, 1981, № 47. С 09.02.93 г. — Патент РФ.

2. Александров Э. Л., Израэль Ю. А., Кароль И. Л., Хргиан А. Х. Озонный щит Земли и его изменения. — СПб: Гидрометеоиздат, 1992. — 288 с.

3. Белинский В. А., Гараджа М. П., Меженная Л. М., Незваль Е. И. Ультрафиолетовая радиация Солица и неба. — М.: Изд-во МГУ, 1968. — 227 с.

4. Гущин Г. П., Виноградова Н. Н. Суммарный озон в атмосфере. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 238 с.

5. Гущин Г. П., Соколенко С. А. Метрологическое обеспечение и оденка погрешности измерений ультрафиолетовой радиации. — Труды НИЦ ДЗА, 1997, вып. 1 (546), с. 123—134.

6. Гущин Г. П. Методика, метрология и некоторые результаты измерения ультрафиолетовой радиации в диапазонах УФ-А и УФ-В. — Метеорология и гидрология, 1999, № 12, с. 102—110.

7. Гущин Г. П. Основные результаты исследований атмосферного озона, атмосферного аэрозоля и ультрафиолетовой радиации. — Труды НИЦ ДЗА, 2001, вып. 3 (549), с. 76—107.

8. Гущин Г. П., Соколенко С. А., Нерушев А. Ф., Васильев В. И., Шаламянский А. М., Привалов В. И. Сравнение и интеркалибровка приборов для измерения ультрафиолетовой радиации в г. Обнинске 16—19 сентября 2002 г. — Метеорология и гидрология, 2002, № 7, с. 94—101.

9. Методические указания по производству и обработке наблюдений за естественной ультрафиолетовой радиацией / Составитель Г. П. Гущин. — Л.: Гидрометеоиздат, 1978. — 24 с.

10. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. Шестое издание. ВМО, № 8. — Женева, Швейцария, 2000, с. 7.1—7.34.

11. Руководство по измерению ультрафиолетовой радиации / Составители Г. П. Гущин, С. А. Соколенко. — СПб, изд. НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2002. — 27 с.

12. Соколов М. В. Прикладная биофотометрия. — М.: Наука, 1982. — 132 с. 13. Kerr J. B., McElroy C. T., Tarasick D. W., Wardle D. I. The

13. Kerr J. B., McElroy C. T., Tarasick D. W., Wardle D. I. The canadian ozone watch and UV-B advisory programs. — In: Ozone in the Troposphere and Stratosphere. Part 2. — NASA, 1994, p. 794—797.

জ্ঞাৰ প্ৰয়োজ্ঞানু চলাইখন কৰাৰ্থন্য হৈ নিৰ্বাচন কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ নিৰ্বাচন হয়। বিভাগ নিৰ্বাচন হয়ে বিভাগ নি আহালে, বিভাগকৰ বিভাগ কৰে বিভাগ কৰি জিলেজ ভাৱত বৰ বুঁৱাইন জন্ম হয়। বিভাগ বিভাগ কৰে জিলেজ কৰে বৃহত কৰে বাব বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ বিভাগ বিভাগ কৰে বৃহত কৰে বাব বিজ্ঞান হয়। বিভাগ বিজ্ঞান হয় বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কজনাই কৰে বাব বিজ্ঞান হয়। বিভাগ বিজ্ঞান হয় বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ কৰে বিভাগ

l generatives en transformant al service en transformation and an service and an antirynnen en ber han a service en en en berek and service and an an en transformation and an antilater en 2005 en service

รุษทั้งประสาร กรุษมากรุกกรณ์ 10 เหรระ (คร.) หมุมคาม สุดของ มอง (1550-5) กรรุษ ครั้งมาระชากรรณะแรก (การรัฐมาระกรุก) (ของสารรุษที่ 1500-5) ครับที่สมุท 4 46.43 นมาตารที่ - 7 ตั้งกระยุสถานกรรร การการที่ไป 2010-575 (2017) กรรรมหมุมหมือง มะเหรือนกรุษ (178-6)มาก พระเทศราช (1880-575) (2017) รับการ 7.50% (การตั้ง 1963-5%) (1551-10) และ สุดภาพ

(4) In the order of the second sec

uu (KAN) nu enne e gooderooten ourseenske internetie ender ooren op Lutyn oorgi ungene oren reenskere fillen of her oo ooren engel haare en o

and a second s

В. И. Привалов, А. М. Шаламянский, А. А. Соломатникова, С. С. Гулидов

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ОЗОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР. ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА УФ РАДИАЦИИ И ОНТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ АЭРОЗОЛЯ

2013 2489 440

1.2.7 Station 4

ie v saw

Перед озонометрической сетью Росгидромета, как и перед всей мировой озонной сетью, поставлена задача наряду с уже проводящимися непрерывными измерениями общего содержания озона (ОСО) измерять приходящую к земле ультрафиолетовую радиацию (УФР).

Объединение измерений общего содержания озона и УФР совершенно естественно, поскольку, во-первых, уровень приходящего к земле жесткого УФ излучения (диапазон УФ-В) более всего зависит от толщины защитного озонного слоя и, во-вторых, излучение Солнца в УФ диапазоне является источником информации для измерения ОСО.

Приходящую к земле УФ радиацию подразделяют на три диапазона: УФ-А (315—400 нм); УФ-В (280—315 нм) и УФ-С (200—280 нм).

Уровень приходящей к земле радиации в диапазоне УФ-А определяется состоянием облачности, атмосферного аэрозоля, альбедо и мало зависит от содержания озона. Изменчивость УФР чрезвычайно высока: в течение нескольких минут радиация может измениться на несколько порядков.

УФ-В радиация оказывает сильное воздействие на фотобиологические процессы, при переоблучении представляет существенную опасность для биоты, играет большую роль в разрушении небиологических материалов, оказывает сильное влияние на фотохимические процессы в атмосфере. УФ-В радиация очень сильно зависит от содержания озона и его вариаций, поэтому наблюдаемое в последние годы значительное уменьшение содержания озона требует повышенного внимания к уровню УФ-В излучения.

Излучение Солнца в диапазоне УФ-С полностью поглощается озоном в верхних слоях атмосферы.

ВМО на основе достаточно длительного опыта стран, которые ведут регулярные измерения УФР, обобщила результаты этих измерений и определила следующие основные цели мониторинга УФР: получать информацию о реальных уровнях УФ облучения, в том числе в виде УФ-индексов, выявлять географические особенности и определять тренды суммарной УФР, отмечая особенности изменений ее спектрального состава; получать данные о приходящей к земле радиации для изучения специфических процессов, связанных с УФ облучением, для валидации моделей радиационного переноса, для валидации спутниковых измерений.

В последнее десятилетие во многих странах начались регулярные измерения УФР на отдельных станциях, а в ряде стран организованы специальные наблюдательные сети [6]. В основном для мониторинга УФР используются широкополосные приборы, рассчитанные на измерения либо в диапазоне УФ-В, либо в диапазоне активного (чаще всего эритемного) воздействия УФР [6]. Измерения спектрального состава приходящей к земле радиации в диапазоне 280—400 нм являются наиболее полным источником информации об уровне и возможных разнообразных последствия ях воздействия УФР.

Современные требования к спектральной аппаратуре для измерения УФР изложены в документах ВМО [7]. В зависимости от научной цели и от стоимости изготовления и обслуживания УФ спектрофотометры подразделяются на два класса: S-1 и S-2 [7].

Для достижения некоторых из поставленных целей (например, для выявления сравнительно небольших трендов на фоне очень высоких вариаций УФР) требуются высокая точность и высокая степень стабильности долговременных измерений УФР. В то же время для измерения уровня эритемной радиации и УФ-индекса к аппаратуре предъявляются менее строгие требования.

Наиболее высоки требования к приборам класса S-2, которые должны обеспечить продолжительные многолетние измерения во всем диапазоне приходящей УФР (т. е. УФ-А и УФ-В) при соблюдении высокой точности. Несколько ниже уровень требований к аппаратуре класса S-1, он определяется компромиссом между ценой (изготовление и обслуживание) и необходимостью достижения определенных научных целей. В табл. 1 приведены требования ВМО [7], которым должны соответствовать УФ спектрометры типа S-1 и S-2. Типу S-2 примерно соответствуют спектрофотометры Optronik 742 и Bentham DM150; они используются для измерения спектрального состава УФР в диапазоне 290—400 нм, а также для калибровки широкополосных приборов [9]. Озонный спектрофотометр Брюера по основным характеристикам, и прежде всего из-за сравнительно узкого спектрального диапазона (290—325 нм), относится к типу S-1.

Широкополосные УФ спектрометры (с шириной полосы пропускания более 5 нм), предназначенные в основном для измерения уровня и оценки дозы облучения эритемно-активной радиации, представлены за рубежом достаточно широко. На их основе во многих странах развернуты сети станций (США, Скандинавские страны, Новая Зеландия и ряд других стран). Однако от широкополосных приборов практически всех типов к настоящему времени не удалось добиться достаточно надежного воспроизведения и сохранения абсолютной шкалы [8].

Особые требования предъявляются к системе контроля качества и точности измерений УФР и, в первую очередь, к способам калибровки и системе сохранения шкалы в процессе регулярных измерений [6]. Калибровка аппаратуры и поддержание шкалы абсолютных измерений УФР представляют собой весьма сложную не только в техническом, но и в организационном отношении задачу. Для поддержания единой шкалы УФР на мировой сети требуется согласование национальных эталонов, единство характеристик переносных эталонов (эталонных ламп), очень тщательное выполнение процедуры калибровки ультрафиолетметров, детальное знание их характеристик и постоянный контроль характеристик в процессе эксплуатации. Очевидно, к этому не вполне готовы национальные службы даже тех стран, которые уже сравнительно давно ведут регулярные измерения УФР и имеют сети станций для измерения УФР [6].

Ослабление приходящей к земле УФР в значительной степени зависит от атмосферного озона и оптической плотности атмосферного аэрозоля.

Измерение атмосферного аэрозоля считается одним из приоритетных направлений в работе мировой наблюдательной сети.
			Ταблица 1
Требования ВМО	к спектрометрам для из	мерения УФР [7]	
Характеристика	Требования к парамети	рам УФ спектрометров	ХФОС
10, vo	L'NILS-I		
лосинусная зависимость, 70 зенитый угол < 60°	10 11 10	2 10 11 11 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	
изотр. радиация	+ + ×	90 # V	
Минимальный спектральный интер-	290-325	290-400	250-420
Вал, НМ Вальние в Вал, Вахрение АЗ, Конимание в Вахрение АЗ, Конимание в Вахрение АЗ, Конимание в Вахрение в В			27 (j) 27
Воспроизводимость шкалы длин волн,	< ± 0,05	< ± 0,03	$<\pm 0.2$
MH M			
точность установки шкалы, нм Крутизна аппаратной функлии		$< \pm 0.00$	ז י ס א ע
	TU HA 2,0001/2 UI MAR	LU HA 2,0041/2 UI AMAX	
		<10 ⁻⁹ на 6 $\Delta\lambda_{1/2}$ от $\lambda_{\rm Max}$	
Интервал выборки	$<\Delta\lambda_{1/2}$	< <u> </u>	0,2 HM
Максимальная радиация, Вт/(m ² · нм)			
tra λ= 325 tr W			
на λ= 400 нм	5 7	∾	7 3 \
Порог чувствительности, Вт/(m ² ; нм)	2 • 10 - 0 ∨ 2	< 1.10-0	
Рассеянный свет внутри прибора,	< 5 ·10 ⁻⁴	< 1 ·10 ⁻⁶	
$Br/(m^2 + HM)$			5 74 - 711 - 1
Температура прибора	Цолжен быть контроль	Должен быть контроль	Термостаби-
	или стабилизация	или стабилизация	лизирован
Время регистрации спектра	< 10 мин	< 10 мин	с 73 V
Измерение на длине волны λ, с	10 √		Весь спектр
""我们"的"我们"的"我们"的"我们"的"我们"的"我们"的"我们"的"我们"		- 4 - 4 	одновремен-
Сом Марная Поррепиность. 🥠 👘 😳	× +10	ρ 	04

Измерения оптической плотности аэрозоля позволяют получать информацию, необходимую для оценки уровня загрязнения атмосферы, влияния аэрозоля на климат и его изменения, для учета влияния аэрозольного ослабления на оптические измерения со спутников.

Объединение в одной аппаратуре измерений общего содержания озона и УФР — наиболее целесообразный способ организации измерений УФР на станциях озонной сети. Однако для того чтобы одним прибором измерять ОСО и УФР, он должен удовлетворять целому ряду трудно совместимых требований. Главные требования к измерениям УФР — определение суммарной радиации в абсолютных единицах и регистрация сигналов в очень широком динамическом диапазоне, а к измерениям ОСО сочетание измерений по прямому солнцу и зениту ясного и облачного неба.

Совмещение измерений ОСО и УФР реализовано в спектрофотометре Брюера, который регистрирует УФР на нескольких узких участках диапазона для измерения ОСО [3, 5]. В работе [2] были отмечены недостатки этого прибора при измерениях ОСО. Недостатки этого прибора при измерениях УФР — это небольшой диапазон по спектру (285—325 нм, в последних модификациях до 360 нм) и продолжительное время сканирования спектра (5 мин и более). Тем не менее автоматизированные комплексные измерения общего содержания озона, двуокиси серы и спектрального состава радиации в диапазоне УФ-В—главное достоинство спектрофотометра Брюера.

На озонной сети Росгидромета для того, чтобы использовать озонометр М-124 для измерений УФР, применяется специальная корригирующая приставка (шар Лярше). Эта приставка позволяет воспринимать излучение от полусферы неба в дианазоне пропускания первого фильтра озонометра (с максимумом пропускания 302 нм и полушириной 20 нм), а затем пересчитывать его в радиацию УФ-В дианазона.

К сожалению, озонометры M-124 не могут обеспечить достаточной продолжительности не только недавно начатых на сети измерений УФР, но и измерений ОСО, имеющих ряды продолжительностью более 30 лет. Производство озонометров M-124 давно прекращено, действующие приборы эксплуатируются на сети более 20 лет, они изношены физически и устарели морально. Для дальнейшего нормального функционирования озонометрической сети настоятельно требуется ее переоснащение аппаратурой современного уровня.

Переоснащение озонной сети Росгидромета преднолагает создание и внедрение нового поколения приборов, предназнаненных для продолжения измерений ОСО, а также для регулярных измерений уровня и спектрального состава УФР. Кроме того, регистрация спектров УФР позволяет определить спектральное распределение оптической плотности атмосферного аэрозоля (ОПА) и оценить содержание других атмосферных компонентов, влияющих на уровень УФР у поверхности Земли и на результаты измерения содержания озона.

Для реализации этих целей специалистами НИЦ ДЗА (филиал ГГО), ГОИ и Петербургского университета точной механики и оптики был разработан и изготовлен экспериментальный образец ультрафиолетового озонного спектрометра (УФОС).

Основой прибора является спектральный блок—полихроматор с ПЗС-линейкой. Прибор оснащен малогабаритной системой наведения, которая с помощью сочлененных с шаговыми двигателями зеркал и световода поочередно направляет в полихроматор свет от солнца, от зенита неба, от диффузора (т. е. от полусферы неба), а при необходимости от других внутренних или внешних источников света. Полихроматор на дифракционной решетке с ПЗС-линейкой способен выделять спектр радиации в диапазоне от 250 до 420 нм с разрешением около 1 нм и временем регистрации всего спектра от 0,05 до 8 с. Прибор термостабилизирован, полностью управляется персональным компьютером. Внешний вид прибора представден на рис. 1.

Прибор может быть использован для автоматизированных измерений целого комплекса величин: ОСО, спектрального состава УФР и оптической плотности аэрозоля (ОПА). При разработке прибора учитывалось многообразие требований при комплексных измерениях, а также то, что прибор должен работать на станции длительное время без квалифицированного обслуживания.

В процессе лабораторных исследований и натурных измерений были проверены основные характеристики экспериментального образца УФОС: пкала длин волн, аппаратная функция (разрешение) спектрометра, уровень рассеянного внутри прибора



Рис. 1. УФ озонный спектрометр. света, соотношение сигнал/шум. Результаты исследований, выполненных в 2002—2004 гг., подтвердили работоспособность прибора и соответствие рабочих характеристик расчетным. Основные его характеристики приведены в табл. 2, по которой

можно судить о его достоинствах и недостатках по сравнению с действующими на мировой озонной сети приборами. В ходе опытной эксплуатации в конструкцию прибора был внесен ряд изменений.

Исходной информацией для определения уровня приходящей УФР и для измерения ОСО и оптической плотности атмосферы являются регистрируемые прибором спектры УФР. В настоящей

											. 1							
Tabauya 2		УФ озонный спектрометр	ОСО, спектральный состав УФР и ОПА	гои, ниц дза, спб	Полихроматор на	дифр. решетке с ПЗС-линейкой 🤉	Спектр	230-410 HM	Разр. 0,8 нм		1,5-1,2	1813 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017	Автоматизирован	не более 8 с		10	or 8 000	до 20 000
	ения ОСО и УФР	Озонометр М-124		ЦКБ ГМП, Обнинск	Два светофильтра	из цветного опти- ческого стекла, ФЭ	1ф — макс 302 нм	2ф — макс 326 нм	П/ш ~ 20 нм		1,0-1,2 (солнце)	1,6—1,4 (зенит)	Her	0,5 MINH	(2 фильтра)	200 200 100 100 100 100 100 100 100 100	2000	
	сеги ВМО для измер	Спектрофотометр Врюера [5]	ОСО, SO ₂ , спектр УФР	Фирма Sun-Teck, Кайада	Монохроматор на	дифракционной решетке, ФЭУ	Спектр ² 95—325 нм.	$O_3\lambda\lambda = 310,1; 313,5;$	$310,8; 320 \text{ HM SU}_2$ $\lambda = 306,3 \text{ HM}$	Разр. 0,5 нм	0,295		Автоматизирован	но 7 мин	б мин (спектр)	20 20 20	250,000	
	используемых на	Спектрофотометр Добсона [4]		Фирма Веск, Англия	Цвойной кварцевый	монохроматор, ФЭУ	A 306/326	C 311/332	<i>D</i> 318/338 П/ш 0,45/0,9		2,864 (пара <i>AD</i>)	0,880 (napa CD)	Her	0,5 мин (пара AD)	1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997	06 06 06 05 06	100 000	
		Характеристика	Измеряемые вели- чины	Изготовитель	Спектральная сис-		Спектральный диа-	пазон, нм	53.5 191 9 - C. 5 - S. 5 - C.		Чувствительность к	озону (при µ = 2).	Автоматизация	Время одного изме-	рения	Bec, Kr	Стоимость, дол. США	

работе основное внимание уделено использованным в УФОС методам измерения УФР и оптической плотности атмосферы (ОПА). Методы измерения ОСО с помощью УФОС будут изложены в отдельной работе.

Наиболее существенным требованием к приборам, измеряющим УФР, является представление полученных спектров в абсолютных единицах энергетической освещенности. Для этого, прежде всего, необходимо знать спектральную чувствительность прибора в абсолютной шкале.

Ввиду отсутствия в ГГО эталонных источников УФ излучения калибровка УФОС была проведена по эталонам Финского метеорологического института (ФМИ). Калибровка УФОС в рабочем диапазоне спектрофотометра Брюера (290—365 нм) была проведена В. И. Приваловым в г. Йокиойнен (Финляндия) в сентябре 2002 г. В качестве эталонных источников были использованы контрольные галогенные лампы, с помощью которых в ФМИ производится калибровка спектрофотометров Брюера.

К сожалению, установленная по эталонам ФМИ абсолютная шкала была использована для измерений УФР лишь в начале 2003 г., поскольку в дальнейшем в спектральный блок экспериментального образца УФОС и в систему наведения были внесены существенные изменения.

Натурные измерения проводились в Воейково и на Пике Терскол (Приэльбрусье). Наблюдения были выполнены в большом диапазоне высот солнца и погодных условий и позволили выявить достоинства экспериментального образца и его недостатки, которые необходимо устранить при изготовлении следующих образцов УФОС.

Абсолютная шкала УФОС была установлена летом 2004 г. при измерениях, выполненных на Пике Терскол. Способ определения спектральной чувствительности прибора изложен в отчете 2003 г.

«Долгим» методом Бугера (Лангли) были найдены внеатмосферные постоянные УФОС по всей шкале измерений. Примеры определения внеатмосферных постоянных приведены на рис. 2.

Спектральная чувствительность на каждой длине волны определялась по формуле

 $\lg C_{\lambda} = \lg S_{0\lambda} - \lg I_{0\lambda}.$



янных «долгим» методом Бугера. Пик Терскол, 31 июля 2004 г.

В качестве опорных данных S_{λ} (мВт/(м² · нм)) были приняты значения УФР на верхней границе атмосферы, полученные при измерениях со спутника [10]. Внеатмосферные значения спектров УФР lg $I_{0\lambda}$ были получены «долгим» методом. Определив внеатмосферные значения, можно любое измеренное значение I_{λ} привести к абсолютной шкале.

После того как была определена спектральная чувствительность C_{λ} , оказалось возможным спектры УФР, зарегистрированные при измерениях по прямому солнцу, привести к абсолютной шкале.

Спектры прямой солнечной радиации были получены при измерениях в Воейково (74 м над ур.м.) и на Пике Терскол (3003 м над ур.м.) в диапазоне высот солнца над горизонтом от 15 до 65°. Примеры полученных спектров прямой солнечной УФР приведены на рис. 3.

Поскольку УФОС, кроме измерений прямой солнечной радиации, предназначен для измерений глобальной (суммарной) радиации, приходящей к прибору из полусферы неба, необходимо также перевести зарегистрированные прибором спектры суммарной радиации в абсолютную шкалу УФР. Калибровка суммарной радиации была проведена на Пике Терскол способом «солнце—тень»

Полный разовый цикл измерений УФОС состоит из поочередно полученных спектров прямой (I_{λ}) и суммарной (Σ_{λ}) радиации, а также радиации в зените неба (последнее используется для измерения ОСО). Продолжительность регистрации одного вида радиации составляет не более 5 с (при осреднении десяти спектров с экспозицией 500 мс). Общая продолжительность цикла, включая наводку на Солнце, составляет 1—2 мин. Для измерений способом «солнце—тень» при ясном небе сразу же после завершения цикла запускался следующий, но при этом диффузор с помощью экрана (диск диаметром около 5 см на расстоянии 1,5 м от диффузора) затенялся от прямого солнечного света. Фактически регистрировался спектр рассеянной радиации Z_{λ} , точнее, радиация от полусферы минус радиация от закрытого экраном сектора неба с телесным углом 3—5°. Соответственно разность $\Sigma_{\lambda} - Z_{\lambda}$ представляет собой прямую солнечную радиацию, пада-



Рис. 3. УФ озонный спектрометр. Спектральное распределение УФР. a) прямая солнечная радиация в Воейково и на Пике Терскол при m=1,28; δ) прямая солнечная радиация у земли на Пике Терскол (I_{λ}) при разных m и на верхней границе атмосферы (I₀); в) суммарная, прямая и рассеянная радиация на Пике Терскол при m = 1,28.

7930 AM HEREN

 $\mathcal{L}_{\mathcal{T}}^{1}$

ющую на диффузор под углом Θ (высота солнца над горизонтом). Тогда величина

$$C_{\Sigma\lambda}=I_\lambda\sin\Theta/(\Sigma_\lambda-Z_\lambda)$$

<u>a 65</u>

может быть использована для калибровки спектров суммарной радиации в абсолютных единицах. Существенным обстоятельством при калибровке способом «солнце—тень» является то, что отклонение от косинусной зависимости, обусловленное прямым солнечным излучением, «автоматически» учитывается при определении $C_{\Sigma\lambda}$. Определение косинусной зависимости при облучении рассеянным светом — одна из задач дальнейшей работы с УФОС. Примеры спектров УФР, пересчитанных в абсолютную шкалу, приведены на рис. 3.

При регулярных измерениях практически одновременно регистрируются спектры прямой солнечной радиации и спектры суммарной радиации. Рассеянная радиация представляет собой разность суммарной и прямой. На рис. 3 приведен пример полученных при измерениях на Пике Терскол спектров прямой, суммарной и рассеянной радиации. При плотной облачности суммарная радиация не отличается от рассеянной.

Если получен спектр прямой солнечной УФР в абсолютных или относительных единицах, то можно рассчитать спектральное распределение оптической плотности атмосферного аэрозоля в этом диапазоне длин воли:

 $\delta_{\lambda} = (\lg I_{0\lambda} - \lg I_{\lambda})/m - \beta_{\lambda} - \alpha_{\lambda} X \mu / m - \alpha_{\lambda}' X' m' / m,$

где $I_{0\lambda}$ — внеатмосферные постоянные УФОС [10]; I_{λ} — прямая солнечная радиация на длине волны λ ; β_{λ} — коэффициент рэлеевского рассеяния; α_{λ} — коэффициент поглощения озона; X — общее содержание озона; X'— содержание других газов; m, μ и m'— оптические массы (рэлеевская, озонная, других газов соответственно).

Пример спектральных распределений оптической плотности атмосферы (ОПА), рассчитанных по спектрам, которые были получены на Пике Терскол, приведен на рис. 4 *а*. Хорошо выраже-







но увеличение ОПА с уменьшением длины волны, сравнительно небольшие значения характерны для высоты 3000 м, не просматривается зависимость от атмосферы (высоты солнца).

12.1.17

Изменение спектрального хода ОПА на Пике Терскол в течение светового дня показано на рис. 4 б. Наклон полученных кривых ОПА в течение дня изменялся незначительно, но уровень ОПА менялся в больших пределах, что явно связано с образованием и трансформацией облачных и аэрозольных частиц, с восходящими и нисходящими воздушными потоками, характерными для горно-долинной циркуляции. Полученные на Пике Терскол значения внеатмосферных постоянных $I_{0\lambda}$ были использованы для расчета спектров ОПА в Воейково.

К сожалению, летом 2004 г. и весной 2005 г. погодные условия в Воейково не позволили набрать достаточно большое число ясных дней, необходимых для калибровки и проверки спектральных измерений с помощью УФОС. Тем не менее выполненные в Воейково и на Пике Терскол измерения подтвердили возможность использовать спектральную аппаратуру на базе полихроматора для регулярных измерений ОСО (этому будет посвящена отдельная статья), УФР и ОПА.

Таким образом, показано, что с помощью УФОС принципиально возможно: 1) измерять спектральный состав УФР в единицах абсолютной шкалы; 2) обеспечить одновременные комплексные измерения ОСО, спектрального состава УФР и спектрального распределения ОПА; 3) реализовать современный уровень измерений в полевых условиях, т. е. полную автоматизацию процесса наблюдений и обработки.

Для того чтобы реализовать эти возможности на сети станций, требуется наряду с устранением недочетов в конструкции, выявленных при эксплуатации экспериментального образца, разработать и изготовить приборы в разных модификациях. Разные варианты УФОС должны быть, во-первых, максимально приспособлены к условиям регулярных измерений (полярным, тропическим и пр.) и, во-вторых, рассчитаны на оптимальное число измеряемых величин. Для обсерваторий, научно-исследовательских организаций, станций высокого разряда компонентов УФОС должен обеспечить полный комплекс возможных измерений, для станций более низкого уровня УФОС может быть изготовлен в упрощенном варианте, но должен быть рассчитан на более длительные измерения. В настоящее время разработан и изготовлен упрощенный вариант УФОС (без системы наведения на солнце), рассчитанный на измерения ОСО и суммарной УФР на полярных станциях.

1. Шаламянский А. М. Озонометрическая сеть СНГ. — Метеорология и гидрология, 1993, № 9.

2. Шаламянский А. М., Ромашкина К. И., Привалов В. И. Сравнительный анализ методов и приборов для наземных измерений общего содержания озона. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2004, вып. 5 (553), с. 187—206.

3: Brewer A. W. A replacement for the Dobson spectrophotometer. — Pure and Applied Geophysics, 1973, v. 106, p. 108.

4. Dobson G. M. B. Observer's handbook for the ozone spectrophotometer. — 1957b, Ann. IGY, part 1, p. 46—89.

5. Evans W. F. J. et. al. Stratospheric ozone science in Canada: A. N. agenda for research and monitoring. — Atmospheric Environment report ARD-87-3, 1987. — 127 p.

6. Guidelines for site quality control of UV monitoring. — WMO Report No 126. — 45 p.

7. Instrument to Measure Solar Ultraviolet Radiation. Part 1: Spectral instruments. — WMO Report No 125. — 35 p.

8. Strategy for implementation of the Global Atmosphere Watch Programme (2001-2007). — WMO Report No 142, 2001. — 67 p.

9. WMO-UMAP Workshop on Broad band UV-radiometers (Garmish-Patrenkirchen, Germany, 22-23 April 1996). --WMO Report No 120. - 45 p.

10. Woods T. N. et. el. UARS Solar ultraviolet irradiances: Comparison with the ATLAS measurements. — J. Geophys. Res., 1996, 101, p. 9541-9569.

a das 2000 das 2000 augistades de concentrades 2002, 2000 auxores de la construcción de la construcción de la construcción de la constructiva de la construcción da la construcción da construcción de la construcción de la construcción da construcción de la construcción de la construcción da construcción da la construcción da la la construcción de la construcción de la construcción da construcción da la construcción da la construcción da la construcción de la construcción de la construcción da la construcción da la construcción da la construcción da

Bara (Rep. 1997) IN The Restaurant of the state of the

ACCESSION CONTRACTOR CONT CONTRACTOR CONT

3351

Т. З. Зашакуев, В. К. Кремешков, Н. Н. Парамонова, Н. А. Першина, А. И. Полищук, В. И. Привалов, А. А. Соломатникова, В. О. Тапасханов, А. М. Шаламянский

A. Kanada Lang A. Lan

trader et a vera est, das est

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРЕДНОЛАГАЕМЫХ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ (РЕГИОНАЛЬНЫХ) СТАНЦИЙ ГСА ПРИЭЛЬБРУСЬЕ — ПИК ТЕРСКОЛ

В 2002 г. XIII сессия Комиссии по атмосферным наукам Всемирной метеорологической организации (ВМО) одобрила Стратегию осуществления программы ГСА на 2001—2007 гг. [9, 12], главной целью которой является отслеживание долгопериодных изменений состава атмосферы на фоновом уровне в глобальном и региональном масштабах для оценки их влияния на эволюцию климата и окружающей среды. 18 апреля 2002 г. Коллегия Росгидромета приняла решение подготовить предложения о создании глобальных (региональных) станций на территории РФ.

На совещании представителей Росгидромета и РАН от 4 марта 2004 г. был рассмотрен проект Концепции реализации Стратегии Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО на территории России. На основании этого решения Росгидромет включил обследование предполагаемых мест размещения станций ГСА в План инспекций на 2004 г.

На территории РФ необходимо было выбрать места расположения глобальных и региональных станций ГСА, соответствующие требованиям ВМО [9, 12]. Согласно этим требованиям на станциях необходимо измерять следующие компоненты (в порядке их приоритетности в документах ВМО): парниковые газы, атмосферный озон, реактивные (химически активные) газы, атмосферный аэрозоль, атмосферные осадки, радиоактивные примеси, солнечную радиацию, включая ультрафиолетовую, стандартные метеопараметры и ряд других.

Поскольку целью измерений на глобальных станциях ГСА является мониторинг фонового состояния атмосферы, характерного для территорий макромасштаба, то первым и основным условием работы станции являются минимальное влияние местных источников и стоков, деятельности человека, а также отсутствие промышленных и других загрязняющих объектов в радиусе не менее 50 км [13]. В первую очередь, это относится к измерениям приземной концентрации парниковых газов, результаты которых в наибольшей степени могут быть искажены влиянием местных условий. Именно из этих соображений для обследования были выбраны станции, расположенные в горах, где влияние биоты и жизнедеятельности человека существенно ослаблено.

Вторым, не менее важным, условием является обеспечение комплексных измерений, т. е. возможность установки многочисленной прецизионной аппаратуры, которой должна быть оснащена станция, и наличие инфраструктуры, обеспечивающей условия, необходимые для ее длительной и непрерывной работы, для оперативного сбора результатов измерений и передачи их в центры данных [11, 13].

И, наконец, третьим необходимым условием являются наличие квалифицированного персонала на станции и возможность постоянного контроля работы станции курирующими организациями Росгидромета и РАН.

Целью измерений на *региональных станциях* ГСА является мониторинг состояния атмосферы, характерного для данного региона, т. е. условия измерений на выбранной станции должны быть репрезентативны в масштабах этого региона. Остальные условия измерений на глобальной станции, изложенные выше, необходимы и для региональной станции.

В ходе обследования необходимо было оценить степень соответствия выбранных пунктов изложенным выше условиям.

В 2003 г. в ГГО был выполнен предварительный анализ условий измерения на действующих станциях Росгидромета и РАН. По имеющимся в ГГО и представленным УГМС и институтами РАН материалам наиболее полно соответствуют требованиям к станциям ГСА пункты в Забайкалье (Монды, Хамар-Дабан), в Приэльбрусье (Пик Терскол, Шаджатмаз) и на Полярном Урале (Ра-Из).

Летом 2004 г. специалистами ГГО было проверено реальное состояние этих станций и возможность их использования для организации измерений по программе ГСА. Обследование заключалось в проверке условий наблюдения и в проведении измерений ряда компонентов, уровень которых фактически определяет возможности измерений в этих пунктах. Программа выполненного обследования включала те компоненты, ответственность за измерения которых возложена на ГГО. В организации инспекции, в подготовке измерительной аппаратуры, в обработке материалов наблюдений, в анализе взятых проб и в анализе полученных результатов участвовали лаборатория контроля озонного слоя, лаборатория дистанционного мониторинга Газовых компонентов атмосферы, отдел мониторинга загрязнения атмосферы и другие подразделения ГГО. Обследование проводилось при участии представителей УГМС и институтов РАН.

В настоящей работе приведены основные результаты обследования, выполненного в Приэльбрусье на горной станции Пик Терскол в период с 27 июля по 5 августа 2004 г. (Результаты обследования всех пунктов предполагаемого размещения глобальных (региональных) станций ГСА, их сравнительный анализ подготовлены к публикации отдельной статьей.)

Прежде всего, были проверены на соответствие требованиям ВМО к станциям ГСА условия наблюдений, инфраструктура и возможности размещения персонала и многочисленной прецизионной аппаратуры

Одним из предполагаемых мест размещения станции ГСА была станция Пик. Терскол — научно-исследовательская база Высокогорного института Росгидромета (ВГИ) и Высокогорной экологической обсерватории РАН (ВЭО).

Пик Терскол находится на высоте 3003 м над ур.м. на юго-восточном отроге горы Эльбрус на 100 м ниже астрономической обсерватории РАН и Украинской АН на расстоянии 2,3 км к северо-западу от пос. Терскол (численность населения около 1200 человек). На восток, юг и юго-запад от Пика Терскол крутые спуски в долину Азау и к пос. Терскол (2000 м над ур.м.). В 500 м к северу и северо-востоку начинается зона ледников. Почва каменистая, растительность редкая. Закрытость горизонта от 5 до 15°.

На относительно плоской площадке размером примерно 300 × 300 м размещены: помещение лаборатории (четыре комнаты), жилое помещение (три комнаты, кухня и подсобные помещения), склад, небольшая метеоплощадка, вышки для аппаратуры. С северной стороны площадки находится недостроенное трехэтажное здание. К станции и астрономической обсерватории проведена линия электропередачи (10 000 В), имеется водовод от ледника, отопление электрическое. Дорога (серпантин) на Пик Терскол от пос. Терскол в летнее время доступна вседорожникам (ГАЗ-66, Нива и пр.), зимой — вездеходам. Связь сотовая. Почтовые отправления через пос. Терскол или Нальчик. Химических предприятий в окрестностях нет. До ближайшего крупного предприятия — вольфрамово-молибденового горно-обогатительного комбината — 40 км.

В настоящее время на Пике Терскол наблюдения проводятся эпизодически, лишь приземная концентрация озона регистрируется постоянно (аппаратура установлена ЦАО в 2001 г.). Территория и лабораторные помещения давно не использовались и требуют соответственно расчистки и ремонта.

Таким образом, географическое расположение, возможность размещения аппаратуры и организации регулярных наблюдений, условия наблюдений позволяют использовать Пик Терскол как пункт для работы по программе глобальной станции ГСА.

Во время обследования были произведены измерения тех компонентов, уровень которых фактически определяет соответствие пункта требованиям к глобальной станции. Ниже приведены некоторые результаты анализа измерений, выполненных при обследовании.

Парниковые газы (CO₂, CH₄). Опытные измерения концентрации CO₂ и CH₄ на обследуемых станциях производились путем отбора проб воздуха. Измерения концентрации в отобранных пробах выполнялись в лаборатории НИЦ ДЗА. Аппаратура и методика измерений [1, 7] соответствуют рекомендациям ВМО для наблюдений на станциях ГСА [9]. Сопоставимость получаемых данных с данными мировой сети подтверждена результатами международных сравнений [4].

Программа отборов была построена таким образом, чтобы захватить предполагаемые экстремумы концентрации, связанные с характерной для летнего периода сменой процессов перемешивания в течение дня. Отборы проб производились в 6—7 ч утра (период ограниченного перемешивания) и в условиях интенсивного дневного перемешивания (около 18 ч), когда конвективные процессы приводят к возрастанию высоты слоя перемешивания. Для приземных условий такая смена процессов перемешивания при наличии источников примеси приводит к характерному дневному ходу с максимумом концентрации в утренние часы и минимумом в дневные [2, 10]. В высокогорных условиях указанные процессы в дневные часы приводят к возрастанию влияния слоев атмосферы, расположенных ниже точки наблюдений [11]. Утренние значения как характеристика глобальной атмосферы являются более представительными [11].

При анализе данных рассматривались различие значений концентрации, полученных в утренние и дневные часы, характеристики вариации концентрации, а также соответствие уровня концентрации данным действующих станций ГСА.

Данные зарубежных станций доступны для пользователей по 2002 г. включительно, поэтому при сравнениях следует учитывать изменение фонового уровня концентраций, произошедшее с 2002 по 2004 г. Среднеглобальная скорость роста, полученная по результатам обобщения данных сети мониторинга парниковых газов, составляет 1,5 млн⁻¹ в год для CO₂ и близка к нулю для CH₄ [16]. Указанные значения скорости роста оставались стабильными в течение 2000—2002 гг. [16]. Измеренные в 2004 г. на обследуемых станциях значения концентрации следует рассматривать как соответствующие фоновому уровню, если концентрация метана близка к данным действующих станций ГСА для 2002 г., а концентрация CO₂ выше указанных данных на 3-4 млн⁻¹.

Из табл. 1 видно, что изменение условий переменивания приводит к дневному ходу концентрации $\rm CO_2$ и $\rm CH_4$. Дневные значения концентрации $\rm CO_2$ оказываются ниже утренних значений на 7 млн⁻¹, что является характерным для измерений в высокогорных условиях [11] и связано с поступлением из нижних слоев воздуха, обедненного $\rm CO_2$, за счет поглощения последнего растительностью. Повышение концентрации метана в дневные часы свидетельствует о наличий его источников, расположенных ниже места наблюдений. Наиболее вероятным источником метана для рассматриваемой станции является скотоводство.

Разброс данных внутри выборок, представленных в табл. 1, соответствует дисперсии среднемесячных значений для станций, расположенных в фоновых условиях северного полушария. Характерные значения стандартного отклонения составляют 1-2 млн⁻¹ для CO₂ и 10 млрд⁻¹ для CH₄ с увеличением до двух раз в отдельные месяцы [15].

under an andreas and a generative and a conserved a second a second second a second second a second second a s

Осредненные данные о концентрации СН4 и СО2 для станции Терскол для всего массива и характерных выборок утренних (выборка 1) и дневных (выборка 2) значений

	Все дан	ные	Выбор	ка 1	Выбор	ка 2	Все да	нные	Выбор	ка 1	Выбор	ка 2
, s .	CH ₄	. σ	CH_4	σ	CH ₄	്ര	CO_2	σ	CO_2	σ	CO ₂	σ
r'	млрд ⁻¹	n an Arta Maria	млрд ⁻¹	tyr q	млрд ⁻¹		млн ⁻¹	2001	млн ⁻¹	41 Q 1	млн ^{~1}	
	1822	23	1803	11	1838	8	368,6	4,1	372,3	2,8	365,2	1,8
•••••	Прі	имеч	ание. о	— c1	андартн	ое отк	лонени	e.	- 1942 - 1942	- fs.,	r Setter, G	alite i

and the state states and a state of the states Полученные значения СН₄ (утренние данные) ниже наблюдаемых на действующих континентальных станциях, которые изменяются в пределах 1810—1830 млрд⁻¹ [15]. Значения СО₂ для утренних отборов на 7 млн⁻¹ выше данных действующих станций за 2002 г. (364-356 млн⁻¹, согласно [15]), что несколько превышает фоновый уровень с учетом изменения концентрации с 2002 по 2004 г. исходя из среднеглобальной скорости роста.

C. D. HARRY C. M. H. HARRING C. C.

Результаты опытных измерений концентрации двух основных парниковых газов дают основание рекомендовать Пик Терскол для постановки измерений по программе ГСА. По предварительным оценкам Пик Терскол может представлять глобальный уровень концентрации. Положной современных сов

Общее содержание озона, УФ радиация, оптическая плотность аэрозоля. На Пике Терскол были выполнены измерения общего содержания озона, измерения спектрального состава УФ радиации и спектрального распределения оптической плотности аэрозоля. Кроме того, была рассмотрена возможность организации оптико-атмосферных измерений (закрытость горизонта, возможность установки аппаратуры для регулярных измерений и т. д.).

Для проведения измерений на Пик Терскол был доставлен озонометр М-124 и ультрафиолетовый озонный спектрометр (УФОС), предназначенный для комплексных измерений общего содержания озона, спектрального состава ультрафиолетовой радиации, спектрального распределения оптической плотности атмосферного аэрозоля (ОПА). Измерения прибором УФОС представляли особый интерес, поскольку аппаратуру подобного типа предполагается использовать на российских станциях ГСА.

Измерения ОСО, УФР и ОПА проводились с 28 июля по 3 августа 2004 г.

Несмотря на то что условия наблюдений в дни обследования изменялись и наблюдения проводились по прямому солнечному свету и по зениту ясного и облачного неба, вариации содержания озона были весьма небольшими как в течение дня, так и ото дня ко дню.

Устойчивость и стабильность полученных значений общего содержания озона позволяют считать Пик Терскол местом, достаточно перспективным для измерения фоновых значений ОСО.

С помощью прибора УФОС получен большой массив спектров прямой, солнечной, суммарной и рассеянной радиации в диапазоне от 300 до 400 нм. Описание прибора, разработанные методы измерения спектрального состава УФ радиации и ряд результатов, в том числе полученных на Пике Терскол, изложены в работе [5].

Условия наблюдений на Пике Терскол, а именно очень слабое аэрозольное ослабление на высоте 3000 м, позволили с большей точностью и устойчивостью определить внеатмосферные постоянные спектрометра. Поскольку по данным измерений со спутников значения УФР на верхней границе атмосферы достаточно хорошо определены [5], полученные постоянные прибора оказалось возможным перевести в абсолютную шкалу.

Полученные спектры прямой солнечной УФ радиации были обработаны и прокалиброваны в абсолютной шкале радиации. Методом «солнце — тень» были откалиброваны спектры суммарной радиации.

Зная спектральное распределение УФР, можно получить сведения не только об уровне УФ радиации, но также о спектральном распределении оптической плотности аэрозоля. По спектрам, полученным с помощью УФОС, было определено и спектральное распределение оптической плотности аэрозоля (ОПА) в диапазоне 330—400 нм.

Измерения спектрального распределения ОПА помогли выявить некоторые особенности горно-долинной циркуляции воздуха, существенные для организации наблюдений в этом пункте. Пик Терскол с очень низким уровнем аэрозольного ослабления предоставляет уникальные возможности для оптико-атмосферных наблюдений. Нескольких дней наблюдений с использованием УФ озонного спектрометра было достаточно для того, чтобы определить внеатмосферные постоянные УФОС и прокалибровать в абсолютной шкале полученные спектры УФ радиации.

Пик Терскол вполне может быть использован как станция ГСА, поскольку в этом месте нет ограничений для производства наблюдений за общим содержанием озона, УФ радиацией и оптической плотностью аэрозоля, а также актинометрических и других оптико-атмосферных наблюдений.

Химический состав осадков. Фоновая минерализации атмосферных осадков составляет около 2-3 мг/л [3]. Атмосферные осадки на фоновых станциях, расположенных в условиях горной местности, характеризуются уровнем минерализации около 5,0-6,0 мг/л (но не более 15,0 мг/л) со стандартным отклонением около 3,0 мг/л. Удельная электропроводность при этом составляет в среднем не более 10 мкСм/см, а величина рН близка к нейтральной (рН = 5,6). Концентрация соединений азота ниже предела обнаружения или не превышает 0,50 мг/л. Уровень концентрации хлоридов изменяется незначительно и составляет около 0,50 мг/л. Содержание сульфатов не превышает 1,0 мг/л. Повышение общей минерализации обусловлено, как правило, увеличением содержания гидрокарбонатов, которые являются преимущественно продуктом выветривания горных пород. Их концентрация в атмосферных осадках зависит от растворимости продуктов выветривания и может колебаться в широких пределах.

В период пребывания на станции специалистов ГГО осадки не выпадали, поэтому были отобраны только пробы лежалого снега из трех слоев. Пробы атмосферных осадков были в последующем отобраны наблюдателем ВЭО РАН и присланы на химический анализ в ГГО.

Минерализация атмосферных осадков и лежалого снега, отобранных на Пике Терскол, составила 1,9—2,5 мг/л; исключение составили осадки, выпавшие 3 августа, в которых уровень минерализации был выше более чем в два раза. Выпадению осадков 3 августа предшествовал длительный сухой период. Увеличение минерализации осадков обусловлено в основном увеличением концентрации гидрокарбонатов кальция и магния, что естественно в условиях выветривания горных пород.

В пробах осадков и лежалого снега из трех слоев также преобладают: из анионов гидрокарбонаты (их доля составляет около 50 %); из катионов ионы кальция и магния (около 15 %). Концентрация сульфатов ниже предела обнаружения, содержание нитратов в среднем составило около 0,05 мг/л.

Величина pH изменялась незначительно и в среднем составила 6,0.

В питьевой воде из ледника преобладают гидрокарбонаты, ионы натрия, хлориды и сульфаты. Величина рН равна 7,1.

Результаты химического анализа проб атмосферных осадков, лежалого сиега и воды показывают, что станция Пик Терскол удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВМО к станциям ГСА. Станция не подвержена влиянию промышленных выбросов и автотранспорта.

и автотранспорта. Для осадков горной станции Пик Терскол характерно следующее:

ющее: — наибольший вклад в общую минерализацию вносят гидрокарбонаты, что обусловлено влиянием естественных (природных) условий;

— средний уровень концентрации хлоридов (0,4—0,6 мг/л) характерен для вклада циклических солей в минерализацию континентальных осадков;

- содержание сульфатов ниже предела обнаружения;

— атмосферные осадки слабощелочного или щелочного характера, что обусловлено наличием гидрокарбонатов кальция и магния местного природного происхождения.

Станция Пик Терскол может быть рекомендована в качестве одной из глобальных станций ГСА ВМО.

По результатам выполненных в ходе обследования пробных измерений содержания парниковых газов (углекислого газа и метана) и оптико-атмосферных газов (общего содержания озона, ультрафиолетовой радиации и оптической плотности атмосферы), химического состава атмосферных осадков, снега и воды было рассмотрено соответствие прошедших обследование пунктов требованиям ВМО к измерениям по программе глобальной или региональной станции. В отношении станции Пик Терскол было сделано следующее заключение. Измерения на Пике Терскол могут обеспечить регулярную информацию о фоновом уровне парниковых газов и других компонентов, а также о заносах примесей с территории Центральной и Западной Европы и с Ближнего Востока. Пик Терскол является идеальным местом для калибровки оптико-атмосферных измерений, которые должны выполняться по программе ГСА и по другим программам Росгидромета. Инфраструктура и условия наблюдений позволяют без больших капитальных вложений начать наблюдения по программе ГСА. В этом пункте с 2001 г. проводятся наблюдения за приземной концентрацией озона. Во время обследования начаты измерения ОСО и отбор проб осадков. Эти работы продолжают выполнять сотрудники ВЭО.

ほうしんかう 小子 小説 ふんかあかだやん いんしゃ

Для организации измерений по программе ГСА требуется привести в порядок метеоплощадку и окружающую территорию, отремонтировать помещения лабораторий, предназначенные для размещения измерительной аппаратуры, и жилые помещения для персонала станции.

ВГИ и ВЭО РАН готовы оказать всяческое содействие и непосредственно участвовать в организации наблюдений на Пике Терскол по программе ГСА.

Авторы выражают глубокую признательность сотрудникам лабораторий ГГО, НИЦ ДЗА, принимавшим участие в подготовке аппаратуры, анализе проб и обработке полученных данных, а также сотрудникам ВГИ и ВЭО, обеспечившим организацию работ на Пике Терскол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Броунштейн А. М., Фабер Е. В., Шашков А. А. Газоаналитическая установка для осуществления мониторинга концентрации CO₂ в атмосферном воздухе. — Труды ГГО, 1984, вып. 472, с. 11—16.

2. Зинченко А. В., Парамонова Н. Н., Привалов В. И., Решетников А. И. Оценка эмиссии метана в районе Санкт-Петербурга на основе данных измерений его концентрации в приземном слое. — Метеорология и гидрология, 2001, № 5, с. 35—49.

3. Обзор фонового состояния природной среды на территории РФ за 2000 год. -- Метеорология и гидрология, 2001, № 5, с. 35-48.

4. Парамонова Н. Н., Привалов В. И., Решетников А. И. Мониторинг углекислого газа и метана в России. — Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, 2001, т. 37, № 1, с. 38-43. трей выски на макаре насий листе с слад

5. Привалов В. И., Шаламянский А. М., Соломатникова А. А., Гулидов С. С. Ультрафиолетовый озонный спектрометр. Измерения спектрального состава ультрафиолетовой радиации и оптической плотности аэрозоля. См. наст. сборник. san profil soortaata ha haran afa Ataraba ka a

6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52,04.186-89. -М.: Гидрометеоиздат, 1989. — 481 с.

🔅 🛛 7. Сметанин Г. Н., Привалов В. И., Решетников А. И., Парамонова Н. И. Газохроматическая установка для прецизионных измерений концентрации метана в атмосфере на фоновом уровне. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО). Прикладная метеорология, 2000, вып. 2 (548), с. 121-130.

8. Addendum for the Period 2005–2007 to the Strategy for Implementation of the Global Atmosphere Watch Programme (2001-2007). — WMO, GAW, No. 156.
9. Global Atmosphere Watch Measurements Guide. — WMO, GAW, No. 14.

10. Levin I., Glatzel-Mattheier H., Maric T., Cuntz M., Schmidt M. Verification of German methane inventories and their recent changes based on atmospheric observations. — J. Geophys. Res., 104, 3447—10.

11. Necki J.M., Schmidt M., Rozanski, Korus A., Lasa J., Levin I. Six-year record of atmospheric carbon dioxide and methane at a high-altitude mountain site in Poland. -- Tellus, 1999, 55B, 94-104, 3456.

12. Strategy for Implementation of the Global Atmosphere Watch Programme (2001-2007). - WMO, GAW, No. 142. 法的经济法 法产生

13. WMO TD No. 1073.

14: WMO Technical regulation, V.1, Ch B2, GAW, Annex to Resolution 3 an an eastaig (EC-XLIV).

15. WMO WDCGG CD-ROM No.10. Data for Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases. — Published by the Japan Meteorological Agency in cooperation with the WMO, 2004. A new reaction of States of The States of the second

16. WMO WDCGG Data Summary WDCGG No.28 GAW DATA. Volume 4. Greenhouse gases and other atmospheric gases. — Published by the Japan Meteorological Agency in cooperation with the WMO, 2004. ed and based going metrophics. Dott a still manufacture or man

te tot if signifier etc.

each leann scolar

化双苯基乙酰基乙酰乙基乙酰基乙酰乙二乙酰氨基乙酰胺 计输出分词 化结合 网络白嘴 the factor gas will a france when the second strategy that the second strategy is the second strategy and

naan waxa na mayaa ayaa ka waxaa ka maraa ka maraa waxaa and the second lang kali ang kana sa sanga di Arta as Marina と おお avaid mea 紙 いっしたい かねておねの おとうおかれいい スペーアン ひとびちかい 1

ियो । जिस महत्य मुझ्य हुनुहु । के जिस्ति के प्रकृतिक महत्य के सम्प्रदाय के सम्प्रह के सम्प्रह के स्थान के स्थान के स्थान के स्वित के स्थान के

В. В. Клинго, В. Н. Козлов Влияние адсорбированного иона на плоском нерастворимом аэрозольном ядре на гетерогенную конденсацию водяного пара в облаках

Образование облачных капель происходит на гигроскопических и нерастворимых аэрозольных частицах. Рассматриваемый ранее конденсационный процесс на таких частицах не предполагал надичия на их поверхности адсорбированных ионов.

 $(1,1)^{n-1} \in \mathbb{C}^{n+1}$

しょんさ たいがくがす

17832817

Для упрощения расчетов гетерогенной конденсации на аэрозольной частице обычно считают, что она имеет сферическую форму, а конденсационный зародыш на ней — выпуклую форму. Однако даже с таким упрощением геометрических форм частицы и зародыша расчеты фазового гетерогенного перехода чрезвычайно трудоемки. Поправочный коэффициент, учитывающий радиусы частицы и зародыша, имеет очень громоздкий вид. Впервые он был рассчитан в [5]. Его вид приводится, например, в [1].

Расчеты гетерогенной конденсаций сильно упрощаются, если подложка частицы, на которой оказался ион, имеет плоскую геометрическую форму [3, 5]. Очевидно, что геометрическая форма подложки не может иметь качественного значения для эффекта действия иона на гетерогенную конденсацию. Поэтому исследование действия электростатического поля иона на конденсацию проведем в предположении плоской подложки — субстрата.

Из общего принципа расчета гетерогенного фазового перехода водяной пар — жидкая фаза воды запишем разность свободных энергий конечного и начального состояния систем ΔG . Эта разность свободных энергий будет включать, прежде всего, известное термодинамическое выражение без электрического поля иона ΔG_T [3, 5]. Благодаря иону дополнительная разность свободных энергий представляет собой разность объемных энергий электростатического поля иона в жидкой и парообразной фазах в объеме зародыша воды ΔG_E . Кроме того, ион взаимодействует с ближайшими молекулами воды в жидкой фазе и с молекулами водяного пара в парообразной воздушной среде. Найти свободную энергию F этих взаимодействий с пространственно распреде-

денным зарядом иона [2] сколь-нибудь строго не представляется возможным. Ясно только, что из-за большей плотности воды отрицательная энергия взаимодействия иона с непосредственно примыкающими к иону молекулами воды будет по абсолютной величине больше, чем энергия взаимодействия иона с водяным паром. Это может только незначительно усилить эффект нуклеации, поэтому этим пренебрегаем.

Объемная энергия электростатического поля иона в диэлектрической среде простирается от границы области радиусом a, связанной с размерами иона, до границы поверхности радиуса зародыша r. На рис. 1 изображено вертикальное сечение зародыша на плоской подложке. Радиус области a складывается из радиуса иона и линейного размера молекулы воды. Для определенности считаем ион молекулярным ионом естественного атмосферного воздуха (O_2^+ , O_2^- , N_2^+). Радиусы этих нейтральных молекул в модели жестких упругих сфер составляют ~ 1,8 $\cdot 10^{-8}$ см [4]. Радиусы указанных молекулярных ионов, рассчитанные в [2], оказались такими же. Линейный размер молекулы воды равен $3 \cdot 10^{-8}$ см. Таким образом, радиус системы a, начиная с которого рассчитывается объемная энергия электростатического поля иона, будем считать равным $4,8 \cdot 10^{-8}$ см.



134

Выражение для разности свободных энергий конечной и на-
чальной фаз воды с учетом рис. 1 будет иметь следующий вид:
$$\Delta G = -V \frac{N}{18} kT \ln \frac{p}{p_{\infty}} + S\sigma + \left[r^2 - (r\cos\theta + z)^2\right]^{1/2} + \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right) \frac{q^2}{8\pi} \left\{ \int_{0}^{r(1-\cos\theta)} dz \int_{a} \frac{2\pi\rho d\rho}{(\rho^2 + z^2)^2} + \int_{a}^{r(1-\cos\theta)} \frac{\pi a^2 dz}{z^4} \right\},$$
(1)
$$V = \frac{\pi}{3} r^3 f(\theta), \quad S = \pi r^2 f(\theta), \quad f(\theta) = 2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta,$$
$$r = \frac{2\sigma_{12}}{k \frac{N}{18} T \ln \frac{p}{p_{\infty}}}, \quad \frac{1}{\varepsilon} <<1,$$

где V — объем выпуклого зародыша на плоской подложке; S его поверхность на границе вода — водяной пар; N — число Авогадро; k. — постоянная Больцмана; p и p_{∞} — соответственно давление водяного пара и давление насыщенного водяного пара над плоской поверхностью воды; σ — поверхностное натяжение на границе вода — водяной параметр (76 дин/см при температуре T = 273 K); ε — диэлектрическая постоянная воды (~ 90); r радиус зародыша, который очень близок к радиусу просто гомогенного зародыша [1, 6].

Из геометрического расположения зародыша на плоскости подложки (см. рис. 1) находится его объем и поверхность при краевом угле θ.

Для расчета объемной энергии электростатического поля вводится цилиндрическая система координат с началом в точке $O_{\rm m}$ — положение центра иона, $A_1 A_2$ — сечение площади подложки, O — центр сферы с радиусом зародыша r, $OO_{\rm m} = r \cos \theta$, $O_{\rm m} H = r(1 - \cos \theta)$, BC — линия на высоте $z = O_{\rm m} B$.

Суммарная энергия электростатического поля иона находится сперва интегрированием по радиусам окружностей, начиная с радиуса *а* и до поверхности зародыша на высоте *z*, а далее по всем уровням г. Остается включить область электростатического поля вблизи оси z радиуса a от уровня a до верхней точки зародыша. Электрическая часть разности свободных энергий определяется конфигурацией электростатического поля относительно иона в объеме зародыша.

Выполняя интегрирование в (1), запишем выражения для разности свободных энергий отдельно для термодинамической и электрической частей:

1

$$\Delta G = \Delta G_T + \Delta G_E, \quad \Delta G_T = \frac{\pi}{3} \operatorname{or}^2 f(\theta),$$

$$\Delta G_E = -\frac{q^2}{8} \left\{ \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{r(1 - \cos \theta)}{a} + \frac{1}{3a} + \frac{1}{2r \cos \theta} \operatorname{lntg}^2 \frac{\theta}{2} - (2) - \frac{a^2}{3r^3(1 - \cos \theta)^3} \right\}.$$

Чтобы установить реализацию фазового перехода при определенных значениях параметров, следуя [5], исходим из выражения для скорости нуклеации ЛУ — числа зародышей, образовав-いったり だった пихся за одну секунду в объеме зародыша. Если where we are not to all there are the the

$$JV = 10^{25} \exp\left\{-\frac{\Delta G}{kT}\right\} Vc^{-1},$$

<u>新闻的第三人称单数</u>

то условие образования капли будет иметь вид JV ≥ 1. В табл. 1 приведены рассчитанные значения JVc⁻¹ без влияния поля иона $-J_T V c^{-1}$ (взята только часть ΔG_T) и с влиянием поля иона – J_EVc^{-1} ($\Delta G = \Delta G_T + \Delta G_E$). В качестве параметров выступали пересыщение, связанное с радиусом зародыща r (1). и краевой угол 0. Из рис. 1 видно, что ион будет внутри водяного зародыша при условии $a < r(1 - \cos \theta)$. Это условие было учтено при выборе r, связанного с пересыщением p/p_{∞} , и θ .

Из табл. 1 следует, что при среднем значении пересыщения в облаках 1,005 электрическое поле иона оказывает заметное вли-

а г, октор	1.22		ကုိ	1.1	<u></u>	1.52		. 30	с. 14. С		1947 - 1 1 - En 1
nn 1		1.55	10	d ser (ff	234.		S. 15	01	10	1114	
	1977 A.S	. <u>-</u>	61	20	6	•••	10	0,0	4		1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.
H	£10,312(8) 	40	- 4	-74,	2,4		3,6	ः ॥ च	1,2		[119] - 회가 가지 가지지. [119]
a Calada a da C A companya		J.E	36	10	਼ਾ	i sit Ali ize	Ă	0,22	<u>्रम</u> ्	en e	n in a start wat in a start wat wat in a start wat Na start wat in a star
9 101 - 1084 - •			2,3			an alta Alta alta	ni sua Natari	ō	a sea april	n sente Recente	1997 - 1997 - 1994 1997 - 1997 - 1994 1997 - 1997 - 1997 - 1997
.			0	ere Victoria	an a	e . Cist	مريني کې د اور د کور د	- 			
P 4	A			32N)	0.5000		~	2			A Letterary and
	ି ଜ	à va S	2.00	98. C. ³	a ot.	5 F	236	29	186	∞ \hat{v}	and a set first the
a no	- E	ा ः	81	ୁଞ୍ଚ୍ଚ	45	0	000	0	0.0	~	A Barris Constanting
្ល ឆ្នាំរំ ខ្មែរ	е в	No	H	ୖୖୖୄୖୄ	् र ्म (016	ii i	<u> </u>		े ने	in Alexanda (L.
S S S	ଞ୍ଚିତ୍ର	6	10	- 2 :	୍ମ	- 1 10	1.62	ີ 23 ເຊິ່ງ	े. 1,73	Mailte	영화 아님은 것 같아. 17일
BO.B	N I			. A 2 - "			10	ାତ୍ରୁ	୍ରିପ	46.0	고급 : 전 가락을 쓴 것 같아요.
00 1811	OLO HRG	-2160		77. j.	<u>. 19</u>	<u>1997</u>		<u>ः हर्षः</u>			
	иян	E.	-12	-12	13	nelýs, s riv	13	13	13	1000 - 200 1000 - 200	ligin, letto tatok (). Seconderneto all'i
PHIO CONTRACTOR	L'a	de	10	10	10		10	10	10	· · · · · ·	n an an the second s
rea	ະ ສີ	G_E	1	0	4			.6	ò		
ык	e -	1	,82	66	25	12.00	.,56	ി.13	,58		
o To							ন ন		•N	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	S anna a t
IDB CTH	7.1	50 L 25	12	12	13	13	13	13		13	agyah - 671 a dae wa
Î Î Î	331	apr	0	0	0	်ဝ	0	0	-01	်ဝ	Contratifică Aună și can can
аци	Ca	н С			ന	4	ন		8	েল্ল আক্লা	na esta de como a construir de la como de la Como de la como de la c
Леави	C IEI	¥.	,02	03	77	,61	17	45	್ಷ	06	For the state
B 3	Lon Day		0	00		20	വ	, OT	<u>ເດ</u>	ຸ່ມດ	an Albert (1997) - Antonio Antonio (1997) Antonio Antonio Antonio (1997)
a M	°. Est						:3	are e e	_	10 34	1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 -
273	는 요. 태 리 7	° Ð	ຸລເ	10	2	- 2	15	20	30.	Ω.	
kop	n Di				1997 - 1977 - 19		et les montes	- 134 - 147			on an ann an Anna Anna. An an tha an Anna Anna Anna Anna Anna Anna Anna
Ŭ ₽			γ	ာင်	27 € .		Ģ	19,25	r-	مد	A CARLES
đ	6e	¥.	10	10	မိုင်း ဂ	0	10		10	0	a the second
		L L	5		÷	-2	5	Ē	ò	-	
			2,4	1,2	4	ŝ	1,4	00	3,6	1,2	
			· .								
		8	05	H	33	38	86	9	96	Ξ	
		p/p_{∞}	1,005	1,01	1,03	1,038	1,086	1,16	1,396	1,01	

яние на JVc^{-1} , но образование капли происходит только на 4,61 иона из всех 1000 адсорбированных ионов. В случае предельного для облаков пересыщения 1,01 нуклеация реализуется при $\theta = 5^{\circ}$ без влияния поля иона. При больших краевых углах, начиная с 10°, электростатическое поле иона приводит к нуклеации при пересыщении не менее 1,03. По мере увеличения краевого угла требуется все большее пересыщение.

Таким образом, электростатическое поле адсорбированного иона естественного атмосферного воздуха на плоской поверхности аэрозольной частицы, хотя и вносит заметный вклад при малых краевых углах в вероятность гетерогенного фазового перехода водяной пар—вода, но этот вклад слишком мал, чтобы привести к гетерогенному образованию капель на плоском нерастворимом ядре в реальных облачных условиях.

Только в специальных экспериментальных установках с бо́льшим пересыщением водяного пара, чем в облаках, ион способен стимулировать указанный гетерогенный фазовый переход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинго В. В. К уточнению расчета работы образования гетерогенного зародыша на сферической частице. — Труды ГГО, 1991, вып. 536, с. 19—24.

2. Клинго В. В. Ионы естественной атмосферы как электростатические системы. — В сб.: Труды Второй международной конференции «Естественные и антропогенные аэрозоли». — СПб, 2000, с. 232—238. (Klingo V. V. Atomic and molecular ions of natural atmosphere as electrostatic systems. — Proc. of 15th ICNAA. — Rolla, Missouri, USA, 2000).

3. Мелешко Л. О. Молекулярная физика и введение в термодинамику. — Минск, 1977. — 382 с.

4. Чепмен С., Каулинг Т. Математическая теория неоднородных газов. — М.: Изд-во иностр. лит., 1960. — 510 с.

5. Fletcher N. H. The Physics of rainclouds. — Cambridge, 1966. — 389 p. 6. Klingo V. V. Heterogeneous embryo radius on spherical substrate. — Proc. of 14th ICNAA. — Helsinki, 1996, p. 145—148.

А. В. Снегуров, В. С. Снегуров, А. В. Шаповалов, Г. Г. Щукин

ОПЫТ СОВМЕСТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГРОЗАМИ ГРОЗОПЕЛЕНГАТОРОМ-ДАЛЬНОМЕРОМ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ РАДИОЛОКАТОРОМ

and 1、1917年2月17日(2月14日和14日) 计可以出版器 网络拉拉克加斯 经联系公司公司公司的公司 的过去式和过去分词

Известно, что радиолокационный метод наблюдения за конвективными облаками позволяет по ряду измеренных метеорологическим радиолокатором (МРЛ) параметров, в частности максимальной высоте радиоэха, высоте положения зон с максимальной отражаемостью облака, отражаемости облаков на уровне нулевой изотермы и на уровне, расположенном на 2—2,5 км выше уровня нулевой изотермы, дать некоторую вероятностную оценку состояния облака.

В 60—70-е годы проведены маспітабные работы по сопоставлению данных радиолокационных наблюдений и наземных метеорологических станций. В результате выработаны критерии, которые определяют три группы состояния конвективных облаков. Первая группа включает в себя градоопасные и грозовые облака с градом, вторая группа — грозоопасные облака и дивневый дождь с грозой, а в третью группу вошли негрозоопасные облака и ливни [4]. По данным исследований перечисленных выше параметров разработаны радиолокационные критерии грозоопасности, а для фиксации на бланк-картах данных обработки радиолокационных измерений приняты соответствующие обозначения. Когда облако может быть грозовым с вероятностью 30—70 % используется символ (К), с вероятностью 70—90 % символ К) и не менее 90 % — символ К.

Длительный опыт применения радиолокационных наблюдений с помощью МРЛ в различных физико-географических условиях показал, что величины радиолокационных критериев, в частности грозовой опасности облаков, могут изменяться. Для их уточнения требуются объективные данные наблюдений за грозами. Низкая эффективность наблюдений за грозами метеостанций и постов, выявленная еще в 70-е годы [5], не позволяет объективно оценить состояние облаков на значительных территориях [6]. Один из возможных методов повышения надежности данных о местоположении грозовых очагов основан на совместном использовании пассивных систем однопунктовой или многопунктовой пеленгации и метеорологических радиолокаторов. Здесь возможны два сценария. Первый заключается в проведении продолжительных совместных измерений в различных регионах. В результате уточняются имеющиеся критерии грозоопасности. В соответствии со вторым метеорологические радиолокаторы комплектуются однопунктовыми или многопунктовыми пеленгационными системами местоопределения гроз (ПСМГ) и решение о грозоопасности однозначно принимается по данным систем грозопеленгации, а с помощью радиолокатора получают данные о верхней и нижней границах облаков, уровне отражаемости, наличии осадков, их количестве, тенденции перемещения и вероятностной характеристике градовой опасности.

В отечественной практике в 70-е годы [4, 7] имел место опыт стыковки однопунктового грозопеленгатора ПАГ-1 и метеорологических радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. Грозопеленгатор ПАГ-1 предназначен для измерения азимута на частоте 7 кГц. Особое условие работы пеленгатора заключалось в том, что потери информации в зоне 300 км не должны превышать 7%, а с расстояния от 300 до 400 км он должен принимать не более 5% грозовых разрядов. Это достаточно жесткое условие, которое практически никогда не реализуется, так как вероятность обнаружения грозовых разрядов по мере увеличения расстояния уменьшается значительно медленнее [3]. Использование грозопеленгатора ПАГ-1 совместно с МРЛ-1 и МРЛ-2, по мнению разработчиков «Руководства по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2» [4], показало следующее:

— повышается оперативность обнаружения гроз за счет сужения секторов, в которых необходимо вести «более тщательные наблюдения и измерения радиолокационных характеристик облачности»;

— увеличивается надежность распознавания гроз в радиусе 300 км до 15 % по сравнению с результатами, полученными с помощью МРЛ.

Авторы [4, 7] считают, что данные ПАГ-1 более эффективны при расположении гроз на расстоянии более 50 км, и радиоэхо на индикаторе кругового обзора имеет ячеистую структуру. По мнению авторов монографии [7], совместное использование грозопеленгатора с одним ограничителем дальности возможно в следующих случаях:

— облака находятся в радиусе обнаружения МРЛ и за пределами этого радиуса отсутствуют;

— на одном азимуте присутствует одиночный грозовой очаг. К недостаткам ПАГ-1 авторы относят амплитудную селекцию электромагнитного излучения молний на различных расстояниях и наличие только одного ограничителя дальности.

Следующим этапом разработки систем пеленгации гроз, предназначенных для стыковки с МРЛ, стал грозопеленгатор-дальномер «Очаг-2П» [2], в котором предусматривалась работа двух дальномеров и узкополосного пеленгатора, аналога ПАГ-1. Широкополосный импульсный *ЕН*-дальномер, основы которого разработаны И. И. Кононовым [1], обеспечивал работу в зоне до 100 км, а узкополосный амплитудный дальномер — в зоне до 400 км. Были установлены градации оценки расстояния: 0—30, 30—75, 75—200, 200—400 км. Информация о координатах молний выводилась в устройство цифровой обработки и памяти, поступала на индикатор. Практически оператор МРЛ должен был работать с двумя индикаторами — самого МРЛ и грозопеленгатора-дальномера.

Грозопелентатор-дальномер «Очаг-2II» в 80-е годы выпускался промышленностью и в ряде случаев дополнял комплект МРЛ. Низкая автоматизация измерений и практически полное отсутствие в арсенале разработчиков вычислительных средств не позволили развивать это направление. Автоматизация радиолокационных измерений и применение современной вычислительной техники в системах определения координат грозовых очагов и разрядов с начала 90-х годов и значительные наработки по обоим направлениям в последующие годы позволили провести стыковку на программном уровне данных наблюдений за конвективными облаками, в том числе и грозовыми.

В экспериментальных работах по совместным наблюдениям за грозовыми облаками использовались штатный МРЛ-5 и однопунктовый грозопеленгатор-дальномер (ОГПД) с аппаратно-программным обеспечением версии «Alwes 2», базовая модель которого «Alwes 0.1» разработана в начале 90-х годов ООО «Алвес [6] и с 1993 г. используется для оперативных и научно-исследовательских работ в НИЦ ДЗА. ОГПД с аппаратно-программным обес-

печением версии «Alwes 2» укомплектован широкополосным пеленгатором, инструментальная погрешность которого не превышает 1-2°, и двумя дальномерами. Первый, спектральный, дальномер [3] — это дальномер ближней зоны с радиусом действия до 80-100 км. Средняя квадратическая ошибка измерения дальности в зоне до 50-60 км не превышает 3-4 км, далее она возрастает до 8—12 км. Второй, амплитудный, дальномер работает в зоне 200-300 км. Эта модификация ОГПД формирует ячейки 20×20 или 30×30, 50×50 км либо секторы по азимуту 5-10° и дальности 20-50 км. В ячейку записывается информация о наличии грозы только в том случае, когда в ней за 15-минутный интервал измерений зарегистрировано более двух грозовых разрядов. Результаты сравнения экспериментальных исследований вероятностных характеристик правильного обнаружения ячеек ОГПД с данными визуальных наблюдений метеостанций и постов, проведенных в середине 90-х годов, приведены в παδπ 1 KERKALLE. -the fill of the second second 121

Таблица 1

$ \sum_{\substack{i=1,\dots,n\\i=1,\dots,n\\i=1,\dots,n}} \sum_{j=1}^{n} \left(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=$	visto en la composición de la composici	ina na Xereni.	Вероятность, %	entre to patient d'anné i
Зона регистрации, км	Размер ячеек, км	правильного обнаружения гроз в ячейке	ошибки в одну ячейку	ошибки более чем в одну ячейку
50—100	7 × 7	51	18	31
101-200	7 × 7	43	14 - A	43
≥ 201300	a	NAT 32 06.0	5 jn 102 m	a na na 58 52 - An
50—100	15 imes 15	72	22	6
101—200	15 ×15	63	31	6
201-300	15×15		43	5.77 9 7 - 1
50—100	30 × 30	81	15	4
101—200	30 ×30	69	26	5
201-300	30 × 30	53	38	9

Результаты сравнения данных измерений ОГПД и метеонаблюдений за грозами

assets a CAR course.

142

Из таблицы следует, что по мере увеличения размеров ячеек от 7 × 7 до 30 × 30 км возрастает вероятность правильного обнаружения грозовых процессов. Таким образом, в амплитудных версиях ОГПД для расстояний 200—300 км ячейка будет обнаружена с вероятностью 80 %, если ее размеры не менее 30 × 30 км и проводится накопление информации за некоторый интервал наблюдений.

Поскольку размеры горизонтальной части молниевых разрядов, в том числе и разрядов в землю, достигают 5-9 км, а в некоторых случаях 20-25 км [7], то может быть оправданным применение ОГПД для подтверждения грозоопасности облака в зоне, по крайней мере, до 50 км (ближнее штормовое кольцо). Для проверки различных вариантов совместной работы ОГПД и МРЛ с мая по сентябрь 2004 г. в пос. Воейково на базе Научно-исследовательского центра дистанционного зондирования атмосферы (НИЦ ДЗА, филиал ГГО) были организованы экспериментальные наблюдения. МРЛ-5 оснащен аппаратно-программным обеспечением «Мерком», позволяющим проводить аналогово-цифровую обработку видеосигнала, вычисление основных радиолокационных критериев грозовой опасности конвективных облаков. формировать файлы с данными измерений основных радиолокационных параметров и специальные файлы, содержащие информацию по ячейкам 4×4 км о радиолокационной отражаемости конвективных облаков на уровнях lg(z) > -2.4 за сеанс наблюдений. ОГПД с аппаратно-программным обеспечением «Alwes 2» ежеминутно формирует текстовые файлы, которые по локальной сети транслируются на сервер, куда также переписываются файлы с данными МРЛ-5. На сервере специальная программа версии «Alwes 2.3» объединяет данные измерений МРЛ-5 и ОГПД.

Поскольку период измерений радиолокационной станцией составляет не менее 3—4 мин, в объединенном файле данные ОГПД обобщаются за указанный период измерений. В результате по данным ОГПД можно принимать решение о грозовой опасности облака как по обобщенным данным о координатах грозовых очагов за 3—4-минутный интервал наблюдений, так и по единичным измерениям координат грозовых разрядов. Последние при совпадении с зоной радиоэха записываются в ячейку 4×4 км, которая выделяется контуром красного цвета. В тех случаях, когда координаты грозовых разрядов не совпадают с зоной радиоэха, на карте местности делаются отметки в виде крестиков красного цвета. В период отсутствия данных МРЛ координаты грозовых разрядов наносятся на карту крестиками черного цвета. Следует отметить, что на первом этапе эксперимента не преe. 34 дусматривалась предварительная статистическая обработка данных измерений ОГПД. На экран выводилась совместная информация в тех случаях, когда наблюдались единичные случаи пеленгации грозовых разрядов. На первом этапе обработки данных сравнивались координаты конвективных облаков и только данные о направлении на грозовые разряды в радиусе до 200 км, другими словами, использовалась методика обработки данных МРЛ-1 и грозопеленгатора ПАГ-1. В качестве информации о дальности грозовых очагов использовались данные о местоположении ячеек с различными уровнями радиолокационной отражаемости. В тех случаях, когда любая из ближайших ячеек с отражаемостью lg(z) > -0,6 совмещалась с единичным пеленгом на грозовой разряд, ее контуры окрашивались красным цветом. В противном случае информация о пеленге на грозовой разряд не выводилась на индикатор. Залися с мантеление та сособай

Сопоставление данных МРЛ-5 и ОГПП производилось следующим образом. В тех случаях, когда в ячейках 30 × 30 км по данным МРЛ-5 наблюдались грозы с различной вероятностью (на карте были значки грозы К. К) и (К)) и в этих ячейках появлялись ячейки 4×4 км с отметкой грозы по данным ОГПД, считалось, что данные о местоположении грозовых очагов совпадают. Если ячейки 4 × 4 км с отметкой грозы по данным ОГПД, находящиеся в ячейках 30×30 км, не подтверждались отметкой МРЛ о грозе, то считалось, что МРЛ пропустил грозу. В тех случаях, когда в ячейках 30 × 30 км по данным МРЛ наблюдалась гроза, а ОГПД ее не отмечал, считалось, что МРЛ дает ложные тревоги. Последние два случая можно интерпретировать с другой точки зрения. Если ячейки 4×4 км с отметкой трозы по данным ОГПД, находящиеся в ячейках 30×30 км, не подтверждались отметкой МРЛ о грозе, то следовало считать, что ОГПД дает ложную тревогу. Если в ячейках 30 × 30 км по данным МРЛ наблюдалась гроза, а ОГПД ее не отмечал, то следовало считать, что ОГПД дает пропуски. В такой двойной интерпретации рассмотрим предварительные данные совместных измерений МРЛ-5 и пеленгатора ОГПД «Alwes 2» за 19 мая 2004 г. (табл. 2).
на простоять собрание в траблица 2

	Вероятнос по да	ть обнаруж нным МРЛ	ения гроз 5, %	Общее	Доля,	Примеча-
	30—70 (飞)	70—90 尺)	> 90 K	случаев	%	ние
Обнаружение	74/41	66/36	42/23	182/100	38	Правиль-
гроз МРЛ+ОГПД	n an Anna an Na mPinta Anna Anna Martana Anna Anna Anna	ana gan sa		te di alia Mang ti s	an an an Na taon	но обна- ружены грозы
Обнаружение	205/82	46/18	1/<1	252/100	53	Ложные
гроз МРЛ		a arend	grad _{ije} ti	A. S. S. S. L	ા દ્વા	тревоги МОП или
la esta de coma	uni per plè	RADASŞ		er ekker vî	门等这时	пропуски
a la mari		n de la companya de l La companya de la comp	an gita ka	ereoreacea -	1 - 7 ,	огпд
Обнаружение	43/100	e go na 1929. Perusta	arian ara 196 3 - Ara	43/100	9	Ложные
гроз ОГПД	n an an a' an a' a' an a' a' an a' a' an a'		1 788		17 - 241.)	тревоги ОГПД
计接入公式 网络花叶 日本			(3~1 원. 1 년 	iggi a ba'	一時	или про-
1 320 11 T - 193	let Kolik	ස සැපියිද මෙ අදෙ මෙ	1 - 160 T.J. (1.1. 1. 1. 1. 1.	an Nachter C	1911 (영감) 영상 영감)	пуски
- 17 203 A. 49	and and the second	n dan Angela Tang tang tang tang tang tang tang tang t	alah jine Mu Na mangané	en avin General avin	na thair. Ta a Ta	мрл
Сумма	279/64	112/26	43/10	477/100	100	n y San Sinan Sinan Ang ang ang ang ang ang ang ang ang ang a

Результаты сравнения данных совместных измерений МРЛ-5 и ОГПД (в числителе — число случаев, в знаменателе — проценты)

わたい そう みたうちち ししょう

Результаты обработки, представленные в табл. 2, показывают, что данные МРЛ о местоположении грозовых очагов с различной вероятностью (30—70, 70—90 и более 90%) подтверждены данными измерения пеленгов ОГПД только в 38% случаев. В 53% случаев МРЛ-5 давал с различной достоверностью отметку о грозе, в то время как ОГПД их не подтверждал, и в 9% случаев ОГПД отмечал грозу в конвективных облаках, которые по данным МРЛ-5 не были грозовыми.

and where a state of the law of the second state of the second sta

Обратная зависимость наблюдается при сравнении числа обнаруженных МРЛ-5 с различной достоверностью грозовых ячеек и числа случаев подтвержденных пеленгатором ОГПД. Числу грозовых ячеек, обнаруженных МРЛ-5 с большей достоверностью (символ К, вероятность более 90 %), соответствует меньшее число случаев (23 %), подтвержденных данными пеленгатора ОГПД. В 41 % случаев пеленгатор ОГПД подтвердил данные МРЛ-5 с меньшей достоверностью. Из тех данных МРЛ-5, которые не подтверждены пеленгатором ОГПД, 82 % случаев приходится на низкую вероятность появления грозы в конвективном облаке. Такое несоответствие возможно при выходе из заданного режима работы МРЛ-5 или в случаях неточного выбора исходных параметров программного обеспечения.

Особенность грозовых процессов 19 мая 2004 г. заключалась в том, что они были достаточно локализованы в зоне до 100 км. Грозовые очаги перемещались со стороны Финского залива к Ладожскому озеру, и по данным наблюдений МРЛ-5 грозовые процессы начались после 14 ч по московскому времени. Первые грозовые разряды пеленгатор ОГПД зафиксировал в 12 ч 52 мин по азимуту 326°. В этот период на удалении 65 км наблюдалось облако с радиолокационной отражаемостью lg(z) > 1.2. Далее облако сместилось в западном направлении, и с 14 ч 24 мин до 14 ч 48 мин в нем пеленгатором ОГПД наблюдались грозовые разряды по азимутам 3 и 250-269°. В 14 ч 24 мин ячейки с отражаемостью lg(z) > 0,6 и lg(z) > 1,4 наблюдались МРЛ-5 на удалениях 81 и 47 км по секторам от 333 до 18° и от 267 до 273°. Только в следующий сеанс, в 14 ч 48 мин, МРЛ-5 зафиксировал конвективные облака с прогнозируемой вероятностью идентификации как грозовые 30-70 % в направлениях 266 и 335° на удалении 81 и 42 км, а также с вероятностью 70-90 % в направлениях 274 и 214° на удалении 63 и 88 км соответственно.

Аналогичные данные цолучены и для других дней с грозами. От грозы к грозе наблюдается некоторое увеличение совместного обнаружения МРЛ и пеленгатором ОГПД грозовых очагов и уменьшение числа грозовых очагов, обнаруженных только МРЛ. Определенную сложность при сравнении данных измерений представляют геометрические размеры ячеек. Если пеленгатор ОГПД и МРЛ-5 записывают информацию в ячейку 4×4 км в случаях, когда ячейки определены некоторой радиолокационной отражаемостью, то программное обеспечение МРЛ-5 при появлении грозоопасных конвективных облаков выделяет ячейку 30×30 км, а если грозоопасное конвективное облако покрывает две и более ячеек, то и им присваивается аналогичная степень опасности. В результате число ячеек возрастает, что и приводит к некорректности сравнения показаний пеленгатора ОГПД и МРЛ-5. По крайней мере, в два раза уменьшается число случаев неподтвержденных пеленгатором ОГПД ячеек 30×30 км, которые выделены как грозовые программным обеспечением МРЛ-5. Сравнение данных за 2004 г. показывает, что грозовые облака в зоне до 100 км МРЛ-5 обнаруживает на 10—20 мин позже, чем пеленгатор ОГПД, программно совмещенный с МРЛ-5.

Учет показаний амплитудного дальномера ОГПД также позволяет на 10—15 % уменьшить число неподтвержденных случаев обнаружения грозовых очагов МРЛ-5. Это обусловлено тем, что при прохождения нескольких грозовых ячеек по одному азимуту, но на различных расстояниях пеленгатор ОГПД, совмещенный с МРЛ, делает отметку о наличии грозы на ближайшей ячейке размером 4×4 км, в то время как вторая по дальности остается в тени и не получает подтверждения пеленгатора. Поскольку погрешность измерения дальности амплитудных дальномеров велика, возможны случаи неправильной интерпретации данных совместных наблюдений. В этом плане представляет особый интерес сравнение данных МРЛ-5 с результатами измерений координат молниевых разрядов более высокоточными средствами в зоне до 100 км с помощью спектрального дальномера и пеленгационной системой местоопределения грозовых разрядов.

Сравнение данных наблюдений МРЛ и спектрального дальномера в составе ОГПД в зоне до 50—60 км показало, что более 70 % конвективных ячеек, обнаруженных МРЛ-5 и идентифицируемых с разной вероятностью как грозовые, подтверждены данными спектрального дальномера и пеленгатора ОГПД, в 10—15 % случаев МРЛ-5 не отмечал грозу. В зоне до 100 км ПСМГ подтвердила почти в 50 % случаев данные МРЛ-5 и обнаружила около 10 % пропусков зон грозовой активности, а в остальных случаях данные МРЛ не нашли подтверждения. Территориально ПСМГ развернута на некотором удалении от места проведения эксперимента, и этим можно объяснить снижение вероятности обнаружения грозовых очагов.

Приведенные в работе данные показывают некоторое увеличение достоверности информации о грозах, полученной МРЛ-5 совместно с ОГПД и ПСМГ в зоне до 100 км. Однако имеют место случаи неоднозначной интерпретации результатов совместных измерений. Требуется проведение дальнейших исследований как алгоритмов систем пеленгации грозовых разрядов, обработки данных радиолокационных измерений, так и способов интерпретации данных измерений ОГПД, ПСМГ и МРЛ.

o exercise alla concercità de la la contra contra de la calega e la contra de la contra d contra de la cont

1. Бару Н., В., Кононов И. И., Соломоник М. Е. Радиопеленгаторы-дальномеры ближних гроз. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976. — 143 с. 2. Гальперин С. М. и др. Грозопелентатор-дальномер «Очаг-2П». — Л.:

Гидрометеоиздат, 1988 - 60 с. С. дольно конструктур связано сражов на

3. Кононов И. И., Петренко И. А., Снегуров В. С. Радиотехнические методы местоопределения грозовых очагов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 222 с.

4. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. — Л.: Гидрометеоиздат, 1974. — 334 с.

5. Сальман Е. М., Дивинская Б. Ш. Вопросы метеорологической эффективности радиолокационных систем наблюдения за облачностью и опасными явлениями погоды. — Труды ITO, 1971, вып. 261, с. 92—107.

6. Снегуров В. С. Концепция сети пеленгации гроз. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 1997, вып. 1(546); с. 92—104.

7. Степаненко В. Д., Гальперин С. М. Радиотехнические методы исследования гроз. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 204 с.

un de la parte de la company de la compa

In experiment, a consideration of the state experiment of the state of

(All and the second second second of a structure of the structure of the structure of the second se second sec

А. В. Снегуров, В. С. Снегуров

К МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ФОРМ БЛИЗКИХ АТМОСФЕРИКОВ

un research a ann an charl chùir a rrughach.

NEEDERA

Интенсивное развитие в конце 80-х — начале 90-х годов аппаратно-программного обеспечения цифровой обработки сигналов, появление быстродействующих аналого-цифровых преобразователей со встроенной памятью и персональных компьютеров позволили в реальном времени проводить оцифровку волновых форм электромагнитного излучения (ЭМИ) молний в микро- и наносекундном диапазоне. Это способствовало продолжению начатых еще в 60-70-е годы в Институте земного магнетизма и распространения радиоволн Академии наук (ИЗМИРАН), Главной геофизической обсерватории (ГГО) им. А. И. Воейкова и ЛГУ [1-5] исследований параметров ЭМИ молниевых разрядов (МР), их временных форм и спектральных составляющих в диапазоне частот от единиц до десятков килогерц. Исследования таких параметров с практической точки зрения интересны тем, что можно подробно и на больших массивах данных изучать вариации амплитудных и фазовых параметров ЭМИ, определять соотношения полезного сигнала и естественного электромагнитного поля в указанном диапазоне частот, оценивать влияние атмосферных шумов на различные алгоритмы измерения дальности и пеленга.

Для регистрации волновых форм ЭМИ молний разработан и построен измерительный комплекс аппаратуры, включающий в себя антенно-фидерную систему, блок аналоговой обработки сигналов, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) со встроенной памятью и персональный компьютер (ПК). Комплекс обеспечивает непрерывную регистрацию электрической E_z и двух магнитных H_x и H_y составляющих ЭМИ. Интервал дискретизации в зависимости от решаемой задачи устанавливается от двух до нескольких десятков микросекунд. Запись информации в память АЦП осуществляется синхронизирующим импульсом порогового устройства, связанного с передним фронтом электрической составляющей ЭМИ. Этим же импульсом выполняется команда записи в память АЦП текущего времени. Источником времени могут служить внутренние часы ПК или любой внешний источник сигналов точного времени. Для синхронизации измерений в территориально разнесенных пунктах используются эталонные сигналы времени на частотах 4996 и 9996 кГц радиостанции РВМ. Сигналы принимаются приемником Ч7-13, который после их соответствующей обработки синхронизирует компаратор Ч7-15.

Коды точного времени через параллельный порт поступают в АЦП. Для записи неискаженной формы сигналов ЭМИ молний используются встроенные в АЩП элементы памяти, где с момента прихода синхронизирующего импульса хранится информация о параметрах сигналов по трем измерительным каналам, включая и предшествующий синхроимпульсу интервал измерений. Далее опифрованные данные по трем составляющим ЭМИ и точное время переписываются на жесткий диск. Таким образом, формируется файл, содержащий исходную цифровую информацию о временном распределении амплитуд сигналов ЭМИ молниевых разрядов. В свободное от записи с АШП время ПК проводит вычисления, например, направления на грозовые разряды и/или расстояния до грозовых разрядов по заданным алгоритмам. Полученная информация записывается на монитор и на жесткий an este el contra sette con a la seguerar de лиск. 28.2.570.00.

Этот комплекс измерительной аппаратуры положен в основу первой версии однопунктового грозопеленгатора-дальномера (ОГПД) «Alwes 01» [6]. В 1993 г. два комплекта ОГПД были установлены на базе ГГО (с 1994 г. Научно-исследовательский центр дистанционного зондирования атмосферы (НИЦ ДЗА), филиал ГГО) и на АМСГ аэропорта г. Великого Новгорода. Они были сопряжены с комплексами для синхронной регистрации ЭМИ молний в двух пунктах.

Различие между измерительным комплексом и ОГПД состоит в наборе специальных программ, которые позволяют в любое время проводить обработку исходных файлов, содержащих информацию в цифровом виде.

В настоящее время разработчики практически отказались от использования в пеленгации грозовых разрядов узкополосных методов. Считается, что если измерение амплитуд магнитных H_x и H_y составляющих ЭМИ молниевых разрядов, по которым вычисляется пеленг, производится в первые 8—10 мкс на переднем фронте сигналов, то в этот момент длина канала разряда в землю достигает высоты нескольких сотен метров. Канал на таких высотах имеет значительную вертикальную составляющую. Следовательно, поляризационная ошибка измерения пеленга, обусловленная влиянием пространственной ориентации молниевых разрядов, минимальна. По мере увеличения времени протекания грозового разряда канал начинает ветвиться и, как известно (см. работу [7]), он может иметь значительную (до 5—9 км) горизонтальную часть. В ряде случаев у молний в землю горизонтальная часть достигает 20—25 км. Следовательно, амплитуды сигналов, измеренные в других точках волновых форм магнитных составляющих, должны быть искажены влиянием горизонтальных частей канала молнии.

Мы попытались проследить, как изменяются значения амплитуды E_z , модуля отношения E_z и суммарной H_{xy} составляющих, пеленти и их разности для соседних отсчетов при измерениях в различных точках волновых форм E_z , H_x и H_y составляющих ЭМИ молний. Обработка исходных файлов производилась следующим образом. Программа обработчик формирует текстовый файл, в котором записываются дата, текущее время, максимальные значения амплитуд E_z , H_x или H_y составляющих ЭМИ молний. Для наибольшего значения H_x или H_y записывается по данному номеру отсчета амплитуда H_y или H_x составляющих магнитного поля. По этим значениям вычисляются отношения амплитуд E_z и H_{xy} составляющих излучения и пеленги.

В программе предусмотрен вывод информации по пяти отсчетам до максимальных значений электрической и одной из магнитных составляющих ЭМИ. Шестой отсчет соответствует максимуму электрической E_z и максимуму одной из магнитных (H_x или H_y) составляющих поля. Выбор одного из максимумов H_x или H_y составляющих магнитного поля обусловлен их зависимостью от направления на источник излучения. Далее программа может вывести в текстовый файл данные практически по любому заданному числу точек отсчетов. Длина записи формы сигнала устанавливается до начала регистрации гроз. В наших экспериментах она составляла 1400 и 2800 мкс. Высокая разрешающая способность комплекса обеспечивала регистрацию форм сигналов ЭМИ молний с интервалом менее 10 мс.

Ниже приведены результаты обработки почти 32 000 волновых форм ЭМИ молний. По рассмотренной выше методике из

1.5 1 2623 0.35 91 2 соэффициенты корреляции между значениями отношения амплиту 0.18 0.36 8 электрической и магнитных составляющих ЭМИ молний **AMILJUITV** 0,29 0,18 1,00 0,37 29 30 8 зменение средних значений и СКО отношения 0,19 0,18 0,16 0,41 ħ COCTABJISTOURY ×. OrcHer 0,37 0,31 0,66 0,40 1,0 0,51 0 0,23 0,22 0,59 0,59 8 0.2436 0,32 0,23 0,44 0,30 0,20 0,50 0,460,30 0,25 0.16 1,00 0,41 0,310,41 0,21 электрической 60 0, 290,19 0,12 0,35 0,37 0,39 0,22 0,282 1,00 0,45 0,36 0,36 0,29 0,29 0,25 0.120,29 0,17 0,21 IIapamerp/orcy Отсчет Среднее. CKO.

152

каждой волновой формы делается выборка значений электрической и магнитных составляющих по 11 точкам (пять до максимального значения, максимальное значение и пять после). Далее по каждой точке вычисляются значения отношения амплитуд электрической и магнитных составляющих поля и пеленги. Для того чтобы исключить влияние на магнитные составляющие поля направления на источник излучения, вычисляются разности пеленгов для соседних отсчетов (точек). В результате получены распределения измеренных и вычисленных значений, которые представлены в табл. 1—7.

Из табл. 1 и 2 следует, что среднее значение отношения амплитуд электрической и магнитных составляющих изменяется в два раза (от 0,9 до 1,8) и минимум приходится на 4-й отсчет. Среднее квадратическое отклонение (СКО) изменяется более чем в пять раз и минимум приходится на 6-й отсчет, которому соответствует максимум одной из магнитных составляющих — H_x или H_y . Коэффициент корреляции (см. табл. 2) максимален (0,66) между отношениями амплитуд электрической и магнитной составляющих ЭМИ молний на 6-м и 7-м отсчетах.

Среднее значение электрической составляющей излучения молний (см. табл. 3) максимально (по условию обработки сигналов) на 6-м отсчете, ему соответствует и максимальное значение СКО. В отличие от предыдущего параметра коэффициенты корреляции между соседними отсчетами (см. табл. 4) значительно выше (от 0,78 до 0,95) и максимум приходится на 7—8-й и 8—9-й отсчеты.

Наиболее интересными с точки зрения пеленгации являются изменения средних значений пеленга и СКО. Из табл. 5 следует, что средние значения пеленгов на первых трех отсчетах (на переднем фронте сигнала ЭМИ молний) различаются не более чем на 1,4°; далее, на 4-м отсчете, различие увеличивается почти на 6°, а на 5-м отсчете — до 16°. На 6-м отсчете, при максимальных значениях амплитуд поля, различие уменьшается до 6°. На заднем фронте сигнала средние значения пеленгов уменьшаются до 125° и затем возрастают до 187,7°. СКО (см. табл. 6) меняется сложным образом — от 90,4° на 8-м отсчете до 105,3° на 4-м отсчете. Коэффициенты корреляции между соседними отсчетами пеленгов максимальны между 6—7-м, 7—8-м и 8—9-м отсчетами.

~	1				•••		. <u>-</u>										÷.	· · ·		
8	े देत हैं। जन	5	6	19 L 19 640	9	94 yr	ः सः		3 Q L	49 (4 C	5 N)	1-1-7	6.04	- 1				5 8.	ie i	0
rr T	े मु	10	0 20 0	9 - 1 - 1 - 1 	'nn	P SA	1.	A.	ÍÌ	de s		17 S. (54 - S	i. Li			284	¥.,	ည္၊
0 T		i he	- - -		01	an an Arra	381.2			<u>1957</u> (*		1.185	C.E.		43.3 fe	9.99	₹ _e s 1	150	199	<u>:</u>]]
		10	N.		¤ E	ets in	e i ha	Ċ	·		18.7	×	t	3	1		10	1.5	_	
્રાષ્ટ્ર	್ಷಷ್ಟ	23	5	e ^{la} rre	£.			<u>.</u>	10	23 J	21	.: K.,	20	$\mathbb{N} U^{\ell}$	ις j		a d	910	ŏ	×,
: 2 5	202.2		1	a di per	<u>.</u>	1.92			< <	1.00			. 4 <u>.</u> .	an Aria Ariang	a An Ad			. n. *	-	ി
S S S S	1.17 <u>1</u> .	2	4	en i lat	2 p				1913 1	25.3	10	er ger	_	1.0		8. ·		<u>. (</u> .)	1	
N.	റ്റ	ကို	20	14 187 P	Ċ.j.	* 4. J.	87.		0		;	t der	·	i Gang				8	88	51
Ĭ		anna Anna		V 2.5	an ta	Ħ.			7.T	19.54	en e		575°	n e			5.4		Ó	0
01	~ ~ ~	۲,٦	ŝ		·	(TB			~~ .				9 9 .	er v.			andra an National	n gui		10.2
8118		4	81		. :				~	a internet National Antonio	r ar	i un di	i . En ge	un de Versite	erene. Refe	steers C	8	94	Ľ	27
Ta	19912-0514-	an an a'	1. A.A.	1.2355	e estat Trans	M N		Ĩ	~~	433 	21-52 2-2-2-2-2-	er syr	Spiriais Anna	ан с та с	- 194 -	. ۶	-f	ó	ó	Ó
S S		্ৰু	က္	an Coast An Air	(HA)	N 8		30	.11	24.15	11312	(<u>)</u>	280			<u> </u>	35.35	<u> </u>		
् जूब		6	78	309 (N) 	1. V Z.			1.8	4.97 J	CEC-	5 A		د د. د	54 m	ά.	0	20	3	90	4
૱૽ૻ૽ૼૢૢૼ	960 C I	8 J	1		-3 ÷-	Ш. М			7	21	H.C	5 * 54	27	->37	121	្អ	0	ο 	<u> </u>	5
ec ec		<u>.</u>	0), i j	MIV		1	• • •	1. A		n die N	7,, 7	-3)	12.12	<u>1</u>			4 T 8	
- C.M	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	10	2 8 0		11	B B) - .	E	.::	$\hat{x}_{i} \hat{x}_{i}$	di e	С. У.	• •	- <u></u>	0	80	-	8	2	20
15	3 A.		18	1.23	ų.,	/ 3) eŭ		rcu	ю.		103	1999 - 1999 -	. ¢1		°,	8,	ୂ	,8 ,8	,7	<u> </u>
Iei	ംപം	7,4	2	10 N.	300109	(H)		Ò	·) 12 Tac		A£.	1397	5	0	0	<u>ب</u>	<u> </u>	<u> </u>
ő		5	.02	, SNG 43	а.	re3		-		78-11		2.4			~	01	~ `	<u>.</u>	~	~
- L	a in		e en el c	ny sa		E IN			'n					ğ	32.	6	2	. 64	୍ଚ୍ଚ୍	õ
UMC.		ŝ	6,1	n den serve Transferie		UNI CT3		1			e en		ne l	H	0	0	0	0	0	0
		1	4	1 		181				<u>alari</u> Sector			<u>د ک</u>	<u> </u>	<u></u>					-
8			ند . د ــــــ	ele el el t Litta	42 C 12 	ре) М		2	4	-417 A	5 1 N 20		8	88	58	69	54	40	20	õ
୍ରତ୍ର		4,3				0 D		4	54 B	87 . L.S.	- A.		÷	Ó	Ó	0	Ó	Ô	0	9
5	897 B.S.C.	Ĩ	5	N90		I K	e la	1			19.5	2.03		<u></u>			<u>. Art</u> e		<u></u>	
N N	1999 A.	. Ch	a	0.1996.99	19 - 19 - 19 19 - 19 - 19 - 19 19 - 19 -	ED.		4	~	21,8		8	82	62	380	44	33	24	12	5
(NIŽ	2	0,4				TCH ICH						Г,	ó	õ	ô	0	0	ିଂ	ó	9
୍ର୍ଞ	- 42, 15	- je	Ś	ne ste	18 3	1 III			4.2	<u>.</u>	1. 31	<u></u>	<u> 2000</u>	<u>. 151</u>	<u>t si j</u>	<u>.</u>	<u> </u>	<u> </u>		
Ia.		ব		4 - 1 <u>5</u> 5	ġ.,	ੜ੍ਹੋ	4.54	83	81. i 1. iu	3.5	ò.	្ត្ត	2	2	0	H	1	3	÷	0
		Ó	21	с. с. ^с .	and s Ta	ଟ୍ଟି	n_{i}		2	301	್ಷ	0.0	0	ೆಂ	5	0	5	6	5	o l
N N	81 Y J	- (6.5	- <u>-</u> -	67.254	1.15	ജ്ം			3.7		<u></u>	<u>.</u>	<u> </u>		<u></u>				· · ·	5.2
HIN	- 	in the	2.	ann air	et e g				42 g	0	8	00	0	ы С	6	0	5	0	8	8
. De		•			1112			-		0	8	50	ິຈ	,1	Ő,	1.	0.	0	0	0
	[e]			e e e									ري . ا				د ر ب رو مر	Ο.		
HX	JC.			iya Marid	i vi si 	and and a		-				• • •			- -					~ 6
)He	o/	-7⊊ - 3 	• •	- 19 - 19 f. 		199		: 	1	lana dit k	n edi Singe		e it,	s di tang		- 14	a	u a n u nu		
- Second	or c	ۍ ن			gaat. C	2.1.2			an:	-	N	ന	4	цО	6	b -	80	6	0	-
No.	JM K	(He			4	10. A.	티신	୍ଧ	5			: 7	<u> </u>				-	8	-	
• <u>\$</u> _~{_{1}}	ୁ ଅନ୍	ି ଅକୁ	02		1 (1	lov,≌ ;	. ¹ .		1	202			đ Mi	Ny C	8 5	.'	i Arte (11		$\mathbb{C}^{[1]}$
	Ë	5	IJ	$x \in \widehat{\mathcal{O}}^{-1}$			čL.	ς.			. j	11	1.1	<u> </u>	, i		: <u>65</u> .	<u>198</u>		

1 10 1 18 16	$\{ g_{i} \}_{i \in I}$					9															
a			7,6	ъ. 8		ţa														0	
'nn	30	÷-0	õ	ୖୖ		<u></u>	$\langle 1; \Sigma \rangle$	0 75	12	¥° a' ¥	a state	o gr	्रि	94. ¹	· ` ?	63 M	25-1			5	
27			-	-		6	$c \sim c$	ale.	2.2	1	4,84	1314	3							11	
a B			8	2		ä			-												
Ľ	60	0	ົມ	्रम्ने		. 		÷.		·	- 25	.1	2			100	0.55	140	g	2	
	· · ·		16	10				1	H							• ·			ິ <u>ບ</u> ິ	Э́	
- 1		1	11		.) · · ·		1.1.1	15	1.		`.	17	5 /					1.1	с. ·	<u>с</u>	ľ
S. 12		:	4	3	·	a	· .		1				2.5	·						1. je	
1.11		O,	30	<u>_</u> 4		÷	\$ 100			• e 4.	 No 2 	· . ·	9	Ç.		•		8	10	4	
			÷	0					6	ĺ								т.	õ	5	
				 M.			80														
1997 - 1997 1997 - 1997 1997 - 1997	20	20	ົດ	<u>,</u>	011	8929 T	<u>ेः </u> ि	12.7	1948		33	<u>a e</u>	-92-		j	۳. in		- K.	9.53d) -		
a trata	100	9.01	2	ര്	177	r dha	- 2 -	1 22	1	2.0	81.		11 g.	. 9.7.	2×10^{-1}	80°.	8	33	4	5	
			•••				୍ରି	1.2	L~		-			***			_ب ا	0	Ó	0	
L.			ິຕົ	0	· · ·	÷ (12	÷		5 - C - C	en de	21 - 2				- 41 L 2	# T D		27	ŕ
E.	11	Ċ	22	<u>ل</u> م الح			: . D e	1	1.5	· · · -	1.1	11	C Y	2. <u>3</u>	1		<u>.</u>		50 - 5 	357	1
Ke.			ਜ	ာ	1.125		5	- - -	N	10		1.	y : 2	83	38	8	12	.9	36	H	2
			×.				IH			1	n en			en en e		. .	Ó	ò.	Ó.	ó	
2		ia.	<u> </u>	Ň	1.1	1994.0	fie -	102		14	te ça		5.2 	5, 3 ⁵	2011) 1	6 7. j	6		0.0	a trà	ľ
୍ରାମ୍	5	<u>.</u>	တို	96		: 03	E.	E	1.		1.54	12.2	14	4	7. j. j.	ч. С. С.	ം പ	<u>.</u> Con	્રે		l
X	्ल	ese .	5	е.с.а.,	in de p	1.13) Pr		<u>.</u>	te a	233	1.17		8	80	-89	62	8	6	
R			L -	~			2	ΤĔ							, f	Ó,	ó	Ó.	Ó	. °	١.
	1 A	0	4	6			2	1		1977 - J.				10/4	150	÷	er anti-	14 - 14 1	1.1.1		ŀ
 - -	1		12	Ō		e (* 1	e e		1.		S	1.17	148					01	<u> </u>		ŀ
- 10 C - 1	12.			n . Le l	200 A.		- 		10			-	e.	8	50	99	62	5	8	30	
31			<u> </u>											-	Ó	Ó	Ô,	O.	Ó	Ó	L
K	12	4	34	05	1999		ି କ୍ଲିମି	s 70			<u> </u>	2.2	10	. 2.7.7	5	0.000		1.11.54		<u>.</u>	ŀ
			5	2 77 0	14.		Ë.	1.2	ाङ	$M^{\prime\prime}$	200	-3.11 ž	~	~	1	5	· · · · · ·		્રેન	01	
6	2		-	5	t,	1.1	. ğ .	4.1	4	12.2	e no		ŏ	₹,	. ര്	4	4	တိ	्ने	Ö	ŀ
Ĝ		20	ó	2		•	6			· · ·	5 - 5 - 5 - 5 		-	0	୍ତି	Ó	0	Ő	°,	0	
	23 N		14	10		2 3	¥ -		<u> </u>	1.5	<u></u>	<u></u>				<u> </u>					P
	1				s i r	20 g.T	2	1.0	8. C	,	1996	0	-	6	Ň	0	-	6	0	~	
			57	1-0			- H	1 1.9	3		. : : : :	õ	က	ē,	01	õ	တ်	<u>,</u>	õ	õ	
GE		N	30	0			° N	1				-	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sector S	1.1	n si	Ë,	တ		• . 37	H		<u>├</u>	-					<u></u>			2424			
<u>ः ः वि</u>	\mathbb{R}^{n}_{i}	ч÷.	-	t., .,	1.1	1.0	đ	5 . S. S.	2.1	<u>ea</u> .	0	5	Ö	00	-00-	6		b -	0	0	ŀ
na gad			5	- 10	÷	, t.,	- \$.	01		Ő	2	2	Ē,	<u>, </u>	-	2	5	T,	-	
a start in a	्रा	- - 1 `	4(ິຕົ			Ö	1			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.1.1.1		• •	र्म्स ्	. Ó.		i den	K	÷.	<u> </u>	1.17	1		<u> </u>	ьŝ	<u>.</u> .		<u>.</u>				Ê
								1		0	10	Н	ŋ	ю	3	00	0	Ó	CN :		ŀ
an a	:	• '			an eo				5	°	2	2		1	1	E.	2	1	1	1	
		E.	••••	•				1			0	0	0	0	0	.0	਼ੁ	0	0	0	
	. 1	50	<u>.</u>	1		14.			Cové			<u>.</u>		17.1							ŀ
the start of	33	5		- <u>-</u>	$t = s_{i}$	12.5	1.58		2.1	19	18.			•3 * i	1				;.? <u>.</u> -	11.2	
jan sea		5			a de		e leg		F			. •	1.							ere e	
••••	~	E.	e,		•				H.	-	2	3	. .	ທີ	s	1-	00	6	0	-	
	17 A	N.	не	2	- iz	5.72	•	1	Ĕ) ¹ 1 1 1 1	. 77 .	5 A. A.		77		т,т	4.7 T	- 1	<u>.</u>	1
205 C	đi e	å	бд	0			0.22.03		-	1.19	an t	187.ª			1.		5. S.	1.25			
	t	19	D.	CK																•, • · ·	ł
		_	-	_																	

Таблица 7

Изменение средних значений и СКО разности пеленгов для соседних отсчетов

Параметр/отсчет. . 1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9 9-10 10-11 Среднее 2,8 4,4 5,1 0,3 -7,2 2,9 -0,4-1,1 0,2 0,4 СКО. 67,3 70,2 71,2 62,4 44,7 24,4 21,6 29,9 38,6 43,1

Если сравнивать средние значения разностей пеленгов на соседних отсчетах (см. табл. 7), то для абсолютных значений можно отметить, что они меняются от 0,2 до 7,2°. СКО минимально для разности пеленгов на 7—8-м отсчетах и составляет 21,6°. Максимальные значения СКО характерны для первых трех разностей и приходятся на передний фронт сигналов ЭМИ молний.

Таким образом, из табл. 7 следует, что на переднем фронте первой полуволны сигналов ЭМИ молний наблюдаются более значительные вариации педенгов, чем на заднем фронте. Это можно объяснить сравнительно малыми средними значениями амплитуд и СКО амплитуд электрической и магнитных составляющих ЭМИ молниевых разрядов. Из табл. З следует, что на переднем фронте (первые пять отсчетов) средняя амплитуда электрической составляющей поля изменяется от 0,4 до 27,4, а на заднем фронте (6-11-й отсчеты) — от 53,5 до 10,7. Следовательно, соотношение сигнал/шум на заднем фронте сигналов в 2-10 раз выше, чем на переднем. Этим объясняется более высокая корреляция средних значений амплитуд электрической составляющей поля (табл. 4) и сравнительно высокие средние значения отношения амплитуд электрической и магнитной составляющих ЭМИ молний и СКО на заднем фронте сигналов (отсчеты 6-11) (табл. 1).

В этой связи возникают вопросы относительно выбора рабочей точки, где производятся измерения амплитуд поля (максимальная амплитуда сигнала, один, два или три отсчета до наступления максимума), чувствительности, радиуса действия пеленгатора и т. д., с тем чтобы обеспечить максимальное соотношение сигнал/шум и минимальную погрешность измерения пеленга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альперт Я. Д. Ораспространении электромагнитных волн низкой частоты над земной поверхностью. — М.: Изд. АН СССР, 1955. — 112 с.

2. Альперт Я. Л. и др. Расчеты амплитуды поля и фазовой скорости низкочастотных волн в приземном сферическом волноводе. — Геомагнетизм и аэрономия, 1972, т. 12, № 6, с. 1020—1026.

3. Забавина И. Н., Штенников Ю. В. Формирование и распространение дневных атмосфериков на расстояниях до 500 км. — Геомагнетизм и аэрономия, 1974, т. 14, № 6, с. 1035—1039.

4. Иньков Б. К. Фазовые методы определения расстояния до очагов атмосфериков. — Труды ITO, 1973, вып. 319. — 135 с.

5. Кононов И.И., Петренко И.А., Сйстуров В. С. Радиотехнические методы местоопределения грозовых очагов: — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 222 с.

6. Снегуров В. С. Концепция сети пеленгации гроз. — Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 1997, вып. 1(546), с. 92—104.

7. Степаненко В. Д., Гальперин С. М. Радиотехнические методы исследования гроз. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 204 с.

ின்றி அடைகளுக்கு பிருந்து காட்டின் மூல்லாம் மாதுமைக்கு பிரையப்புக்கு வில்கது மற்றுக்கு காண்ட முதலாதுகளு புரும்பைய காறி இந்தில் பல பிருட்டுக்கு கிறுகிக்கு பிருட்டு திருட்டு விடுத்தும் பிருக்குள் அடிக்கு கொலக்க கண்ணாதிற்பப்புக்கு பிருட்டு மற்றுகளும் பிருக்கு கிறுக்குக்கு பிருதிய மாதும் பிருக்கு சால்லித் கலைகள் கூற்றில் என்றி பிருக்கு பிருக்கு விடுக்கு பிருக்கு கிறுக்கு கிறுக்கு கிறுக மாதியில் பிருக்கு குறைகள் என்றிய கிறுக்கு விடுக்கு பிருக்கு பிருக்கு கிறுக்கு கிறுக்கு கிறுக்கு மாதியில் கிறுக்கு விடுக்கு கிறுக்கு கிறுக்கு விடிக்கு பிருக்கு பிருக்கு விடுக்கு மாதிய பிருக்கு பிருக்கு பிருக மாதியில் கிறுக்கு விடுக்கு மாதியில் விடுக்கு கிறுக்கு விடுக்கு பிருக்கு மாதிய பிருக்கு மாதிய பிருக்கு பிருக்கு

a de la calego a massima d'a empleta a aseren a sur de la calego de el este la la colo libra el com albora comeña comeña el mere Bello. El cleve mere emilier e i en en propero azon per neger neger para la monoción de la porta comencia da la comenza de menere en 1920 da Q in mouse management is a submitted with the second state of the mouse of the mous - CAREFARE OF LET A COMPLETE A COMPLETE AND A COMPLETE STATES OF 化氯化物 化硫酸盐 化橡胶化硬脂酸盐 经公开 遗传教育的 化氨酸化化化 化分子硬塑 化油的分子 网络新花 a sector de tradição de Marko de Leones de Markes de Colonado e el 1970 de Sector de Colonador de Colonador de A LENG FROM THE OLD A MERICANDER SERVICE MARKAGE THE TO A CONTRACT OF - Defend Planeter (Clareter College) (Clareter College) (Clareter College) (Clareter College) (Clareter College) ten en Bernernalen je open jõg jer han ei enen to fer energe ander se ber station and Percenteriors which the large state of the wave state state and second states and the second states Free and contracting the constant share an and constant share the strategy of the nellige i verske og skreten kort statet i kortskart i opplas ver se statske 。 1943年1日,西南部北部城市 医口腔 自己的复数形式 计分类 ^第日的自己的复数形式自己的一种人物和分子和自己的人 i na an an thuair na ghraidh an an seachadh a' ghraidh an 1975 aibheanach i na 1980 g a a second a second second a car a figure reaction reaction space second as a second second second second second and we we assume that the second states of the second states and the

Е.Г. Пискунова, А.В. Шаповалов

1、11月11日,1月1日1日日日日日日日 1月1日日(1月1日日日)(1月1日日日日) 1月1日日(1月1日日日)(1月1日日日日日

网络哈勒 计分子 医静脉

ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО АКТИВНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ТУМАН КРИСТАЛЛИЗУЮЩИМ РЕАГЕНТОМ

Введение

Несмотря на многочисленные исследовательские и оперативные работы во многих странах мира по рассеиванию теплых и переохлажденных туманов и низких слоистообразных облаков, проблема усовершенствования существующих и разработки новых методов и средств активного воздействия на облака и туманы остается актуальной [2, 5, 7—13].

Одним из распространенных методов активного воздействия (AB) на переохлажденные туманы является засев их кристаллизующими реагентами. В работах [5, 7, 8, 10—13] было проведено численное моделирование различных аспектов таких воздействий самолетными и наземными средствами, в ряде случаев получены согласующиеся с данными наблюдений результаты.

Модель, предложенная в работе [8], является трехмерной нестационарной. В ней рассчитывались: поля скорости ветра и турбулентности, микрофизические процессы на основе кинетических уравнений для функций распределения капель и кристаллов по размерам, уравнение для пересыщения, радиационный теплообмен, теплообмен с подстилающей поверхностью; использовались соответствующие начальные и граничные условия. Поскольку технические средства воздействия позволяли обеспечить большие дозировки реагента, однородный по вертикали засев и быструю прокладку нескольких линий, то авторами исследовались возможность рассеяния мощных облаков и взаимодействие нескольких линий засева при наличии неоднородностей по высоте ветра и турбулентности. Проведено моделирование формирования зон кристаллизации и просвета при засеве с самолета облаков и туманов при различной их мощности, температуре, дозировках реагента. Показано, что при взаимодействии пяти линий засева формирование сплошной зоны улучшенной видимости происходит за 30-40 мин, максимум метеорологической дальности видимости (МДВ) достигается между плоскостями засева, а вблизи плоскостей МДВ уменьшается за счет замутняющего действия кристаллической дымки. В течение 20—60 мин после засева облаков МДВ у земли может уменьшиться до 1—2 км вследствие замутнения выпадающими осадками, а затем вновь увеличивается по мере выпадения кристаллов.

В работах [7, 13] моделировалось АВ на переохлажденные туманы наземными пропановыми установками. Радиус искусственных кристаллов принимался равным 10 мкм, концентрация варьировала в пределах $2 \cdot 10^3 - 7 \cdot 10^4$ π^{-1} , учитывались метеоусловия и расположение установок. Представленная модель позволяет рассчитать развитие зоны кристаллизации. При этом полученные результаты находились в согласии с данными наблюдений [4].

Анализ результатов моделирования [5, 7, 8, 10—13] показывает, что при рассмотренных авторами условиях просветление достигается через значительное время (десятки минут). Представляет интерес численная эценка условий более быстрого расссяния тумана.

Целью настоящей работы являлось проведение детальных расчетов по оценке времени наступления просветления тумана при активном воздействии на него искусственными ледяными частицами (кристаллизующим реагентом). При этом контрольными величинами служили радиус r_n , до которого вырастают ледяные частицы за время t, и метеорологическая дальность видимости L, которая установится в итоге.

Краткое описание численной модели

Остановимся на численной модели, которая использовалась для исследования эволюции микроструктуры тумана при активном воздействии.

Для выполнения расчетов была адаптирована модель, приведенная в работах [1, 6]. Модель описывает процессы диффузионного роста частиц, коагуляции, аккреции, осаждения частиц в поле силы тяжести, а также их перенос воздушными потоками. Поле ветра считается заданным и не изменяется со временем.

Уравнения для функций распределения по массам капель $f_1(x, z, m, t)$ и ледяных частиц $f_2(x, z, m, t)$ имеют следующий вид: $\frac{\partial f_1}{\partial t} + V_x \frac{\partial f_1}{\partial x} + (V_z - V_1) \frac{\partial f_1}{\partial z} = \left[\frac{\partial f_1}{\partial t}\right]_{k} + \left[\frac{\partial f_1}{\partial t}\right]_{a} + \left[\frac{\partial f_1}{\partial t}\right]_{\pi} + \left[\frac{\partial f_1}{\partial$ $+\frac{\partial}{\partial x}K\frac{\partial f_1}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial z}K\frac{\partial f_1}{\partial z}+I_1,$ TOTO STRING MERICIAL $\frac{\partial f_2}{\partial t} + V_x \frac{\partial f_2}{\partial x} + (V_z - V_2) \frac{\partial f_2}{\partial z} = \left[\frac{\partial f_2}{\partial t}\right]_a + \left[\frac{\partial f_2}{\partial t}\right]_a +$ 1997 - MQČE LEGEN VELEZ (1997) 1998 O MELADER - EPSTEL PLAS AND LORFER $\begin{array}{c} -\lambda \overline{x} & \partial \overline{z} & \partial \overline{z} \\ + \frac{\partial}{\partial x} K \frac{\partial f_2}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial f_2}{\partial z} + I_2 + u, \end{array}$ $0 \leq x \leq L_r, 0 \leq z \leq L_2, 0 \leq m < \infty, t > 0,$ где L_x , L_z — верхние значения границ пространственной области; $V_r(x,z)$ и $V_z(x,z)$ — составляющие вектора скорости воздушных потоков по осям Ox и $Oz; V_1(m), V_2(m)$ — установившиеся скорости падения жидких и твердых частиц; К(x, z) - коэффипиент турбулентной диффузии. Для описания коагуляционных процессов в облаке применялось интегродифференциальное уравнение: - NA RE ARGARADE BE BELIEF REPERENT OF THE REPORT OF THE $\left[\frac{\partial f}{\partial t}\right]_{u} = -f_1(x, z, m, t) \int_{0}^{\infty} \beta_1(m, m') f_1(x, z, m', t) dm' +$ A nosae

27.2900 201352747 820 70676 199259 5 m/2

 $f_1(x, z, m - m', t)\beta_1(m, m - m')f_1(x, z, m', t)dm', \qquad (2)$

$$\beta_1(m,m') = \pi(r(m) + r(m'))^2 |V_1(m) - V_1(m')| E(m,m'), \qquad (3)$$

где r(m) и r(m') — радиусы сталкивающихся частиц, $V_1(m)$ и $V_1(m')$ — их скорости падения, а E(m,m') — коэффициент захвата.

Расчет взаимодействия капель и кристаллов производился на основе следующих соотношений: $\left[\frac{\partial f_1}{\partial t}\right]_a = -f_1(x,z,m,t) \int_0^\infty \beta_2(m,m') f_2(x,z,m',t) dm', \qquad (4)$ Eventer of an c $\begin{bmatrix} \frac{\partial f_2}{\partial t} \end{bmatrix}_{\alpha} = -f_2(x, z, m, t) \int_{0}^{\infty} \beta_2(m, m') f_1(x, z, m', t) dm' +$ $+ \int \beta_2(m, m - m') f_2(x, z, m - m', t) f_1(x, z, m', t) dm',$ (5) $\beta_2(m,m') = \pi(r(m) + r(m'))^2 |V_1(m) - V_2(m')| E(m,m').$ (6)

При записи уравнений (4) и (5) предполагается, что столкновение кристаллов с каплями приводит к замерзанию последних. Испарение капель и сублимационный рост ледяных кристал-

лов описывались следующими выражениями:

entralia ante sera

a ser i se te se

$$\frac{dr_{\rm B}}{d\tau} = D \frac{\rho_{\rm BX}}{\rho_{\rm B}} \frac{1}{r_{\rm B}} \frac{\mu}{M} \frac{E_{\rm B}}{P} (f-1), \qquad (7)$$

$$\frac{dr_{\pi}}{d\tau} = D \frac{\rho_{\text{BX}}}{\rho_{\pi}} \frac{1}{r_{\pi}} \frac{\mu}{M} \frac{E_{\text{B}}}{P} (f - \frac{E_{\pi}}{E_{\text{B}}}), \qquad (8)$$

где D — коэффициент молекулярной диффузии пара, $\rho_{\rm BX}$ плотность воздуха, *Р* — давление воздуха, $\rho_{\rm B}$ и ρ_{π} — плотность воды и льда, µ и M — молярные массы водяного пара и воздуха, E_в и E_л — давление насыщенного водяного пара при температуре тумана над водой и льдом, f — относительная влажность воздуха.

При внесении в переохлажденный туман ледяных кристаллов вследствие разности парциального давления насыщенного водяного пара над водой и льдом происходит быстрая перегонка пара с капель на кристаллы. При этом если концентрация ледяных кристаллов оказывается меньше, чем концентрация капель, то перераспределение взвешенной в воздухе воды с большего числа частиц на меньшее приводит к увеличению дальности видимости в смещанной системе. При выпадении крупных кристаллов видимость еще увеличивается.

Метеорологическая дальность видимости в тумане рассчитывалась по формуле [3]

$$L = \frac{b}{n_{\rm B} r_{\rm B}^2 + n_{\pi} r_{\pi}^2},$$
 (9)

где b — безразмерный коэффициент, $n_{\rm B}$ и n_{π} — объемная концентрация капель и ледяных частиц соответственно, $r_{\rm B}$ и r_{π} — их радиусы.

· "这些你的是你们的,我就是你们的。""你们的是你的。"

1

Результаты расчетов -Сладова жите как жите собрать в формация село.

В результате решения совместно уравнений (1)—(8) (с соответствующими начальными и граничными условиями) при задании начальных значений термодинамических параметров тумана были получены результаты по рассеянию переохлажденного тумана при активном воздействии на него искусственными ледяными кристаллами. При этом расчеты велись для тумана при температуре воздуха -3...-10 °С, атмосферном давлении 900...1000 гПа и скорости ветра 0...5 м/с.

В каждом расчете при разных концентрациях (n_n) искусственных ледяных частиц определялись: время просветления (т); радиус (r_n) , до которого вырастут ледяные частицы; дальность видимости (L), которая при этом установится.

В табл. 1 и 2 приведены некоторые результаты расчетов, полученные при варьировании параметров тумана и искусственных ледяных частиц.

В первом варианте из представленных в табл. 1 водность тумана Q = 0,2 г/м³, средний радиус капель тумана $r_{0B} = 5$ мкм, концентрация капель тумана $n_{0B} = 3,8 \cdot 10^8$ м⁻³, дальность видимости $L_0 = 65$ м. Метеорологические параметры следующие: температура воздуха -5 °С, атмосферное давление 1000 гПа, ско-

Relative States and 2

2 3 4 4 3 5 5

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	- 11 5- 12845" (* 14 	После во	оздействия	,
Цо воздействия	$n_{\pi} \mathrm{M}^{-3}$	т мин	<i>г</i> _л мкм	LM
$Q = 0,2 \text{ r/m}^3,$	10 ⁴	83 60,8	- 168	2190
r _{Ob} = 5 мкм,	$5 \cdot 10^4$	22,4	102	
$n_{0B} = 3.8 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3}$, 10 ⁵	14,0	81	950 -
L ₀ = 65 м,	$2 \cdot 10^5$	9,0	64	746
$r_{0\pi} = 2 \text{ MKM}$	$3 \cdot 10^5$	6,8	56	654
dur s	4 · 10 ⁵	5,6	51	596
1. A.	5·10 ⁵	4,9	48	547
		4,4	45	513
	° 7 ⋅ 10 ⁵	4,1	43	476
42 A 1	10 ⁶	3,1	38	429
$Q = 0,2 \ r/m^3,$	10 ⁴	64,6	173	2065
r _{0в} = 10 мкм,	5 · 10 ⁴	22,6	102	1189
$n_{0B} = 4.8 \cdot 10^7 \text{ m}^{-3}$, 10 ⁵	14,5	82	933
$L_0 = 130 \text{ M},$	$2 \cdot 10^5$	9,3	65	732
$r_{0\pi} = 2$ мкм	$3 \cdot 10^5$	7,3	57	629
	$4 \cdot 10^5$	6,1	52	563
	5 · 10 ⁵	5,3	49	527
	$6 \cdot 10^5$	4,8	46	485
	$7 \cdot 10^5$	4,4	44	458
	10 ⁶	3,5	39	406
$Q = 0.3 \text{ r/m}^3$,	10 ⁴	78,4	191	1699
$r_{0\rm B} = 5 {\rm mkm},$	$5 \cdot 10^4$	27,8	114	958
$n_{0\rm B} = 5.7 \cdot 10^8 { m m}^{-3}$, 10 ⁵	17,7	91	751
$L_0 = 43 \text{ M},$	$2 \cdot 10^5$	11,6	73	578
$r_{0\pi} = 2$ мкм	$3\cdot 10^5$	9,0	64	497
	$4 \cdot 10^5$	7,4	58	454
1. 1979 - 1	$5\cdot 10^5$	6,4	55	416
	$6 \cdot 10^5$	5,6	51	398
	$7 \cdot 10^5$	5,1	49	376
	10 ⁶	4,0	43	333

Параметры тумана и ледяных частиц до и после активного воздействия

163

i sata Arta i

Таблица 2

na na se	and a second	После воздействия									
До воздействия	<i>п</i> _л м ⁻³	т мин	<i>г</i> _я мкм	Charles L 'M							
$Q = 0,3 \text{ r/m}^3,$	104	83,3	197	1601							
$r_{0B} = 10$ MKM,	$5 \cdot 10^4$	29,1	116	921							
$n_{0B} = 7,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-3},$	10 ⁵	19	93 🦷	710-							
$L_0 = 87 \text{ M},$	$2 \cdot 10^5$	ା ି 11,9 ି	74	567							
$r_{0\pi} = 2$ мкм	3 · 10 ⁵	9 , 3	65	488							
	≤ 4 · 10 ⁵	7,7	59	445							
	5 · 10 ⁵	6,7	55	409							
	$6 \cdot 10^5$	6	52	383							
	2 7.10 ⁵	5,5	49	362							
2 - 2 - 1	10 ⁶	4,5	44	315							
$Q = 0.6 \ r/m^3$,	104	107,2	224	1241							
$r_{0B} = 5^{5}$ мкм,	$5 \cdot 10^{4}$	41,9	140	. ×°≎ 635 –							
$n_{0B} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3},$	10 ⁵	26,7	C 112	498							
$L_0 = 22 \text{ m},$	$2 \cdot 10^5$	17,8	91	377							
$r_{0,\pi} = 2 \text{MKM}$	$3 \cdot 10^5$	13,5	79	330							
(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	$4 \cdot 10^5$	S 11,1	72	300							
	5 · 10 ⁵	9,9	68	271							
	6 · 10 ⁵	8,6	63	258							
	$7\cdot10^5$	7,8	60	244							
	10 ⁶	6,2	54	216							
$Q = 0,9 \ r/m^3$,	10 ⁴	155,7	269	858							
$r_{0B} = 10$ мкм,	$5 \cdot 10^4$	57,5	163	465							
$n_{0B} = 2,1 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3}$	10 ⁵	36,7	130	365							
$L_0 = 29 \text{ M},$	$2 \cdot 10^5$	24	105	281							
$r_{0\pi} = 2$ мкм	$3 \cdot 10^5$	18,3	92	246							
le 教育語	$4 \cdot 10^5$	15,4	84	221							
	$5\cdot 10^5$	13,2	78	206							
i setti i	$6\cdot 10^5$	11,7	73	193							
	$7 \cdot 10^5$	10,9	70	180							
	10 ⁶	8,5	62								

Параметры плотного тумана до и после активного воздействия

164

рость ветра 1 м/с. Воздействие моделируется кристаллами радиусом $r_{0\pi} = 2$ мкм при их концентрации $n_{\pi} = 10^4 \dots 10^6$ м⁻³. Время полного испарения капель тумана обозначено через т.

При концентрации искусственных кристаллов 10^4 м⁻³ рассеяние тумана происходит медленно (первая строка табл. 1), но видимость устанавливается значительная, так как кристаллов не слишком много и они, собрав воду, выпадают.

При концентрации искусственных кристаллов 10^6 м⁻³ рассеяние тумана происходит быстро (около 3 мин), но видимость устанавливается поменьше (430 м). Это связано с тем, что кристаллов теперь гораздо больше, и они не оседают быстро, так как достаточно легкие.

Аналогично интерпретируются другие расчетные варианты, приведенные в табл. 1 и 2.

Были проведены и другие расчеты, в которых учитывался спектр капель тумана. Не останавливаясь подробно на них, отметим, что при учете распределения капель тумана по размерам время просветления тумана несколько увеличивается. Соответствующие оценки проведены авторами.

Следует отметить, что полученные в данной работе результаты не противоречат данным численных экспериментов других авторов при близких условиях рассеяния переохлажденных капель.

аключение в выстрание в составляется на составляется на составляется на составляется на составляется на состав Заключение

S ALA I I THE REPORT OF COMPARED AND A AND A

Полученные численные результаты позволяют сделать следующие выводы. Время просветления переохлажденных туманов зависит от параметров тумана, метеорологических факторов, концентрации вносимых искусственных ледяных кристаллов и может составлять от единиц до десятков минут.

При концентрациях кристаллов более 5-10⁵ м⁻³ время просветления плотного тумана составляет 5—10 мин, при этом установившаяся дальность видимости составляет 200 м и более (при том, что начальная видимость составляла 20—30 м). Для создания зон просветления в слоях переохлажденных туманов мощностью 200—300 м необходимо обеспечить концентрацию искусственных ледяных частиц 10^6 м⁻³. При этом оценочное время наступления просветления составляет 3—5 мин в зависимости от водности тумана и его дисперсности. С увеличением радиуса капель время их испарения увеличивается.

Учет распределения капель тумана по размерам (ширины спектра) приводит к увеличению времени наступления просветления по сравнению с монодисперсными частицами.

べいたいあったな しんたいしつ げんしくびいてき

сли остадаться возгология на настично с список литературы

reactive, there is near the gr

1. Атабоков Б. А., Федченко Л. М., Шаповалов А. В., Шоранов Р. А. Численные исследования образования и роста града при естественном развитии облака и активном воздействии. — Метеорология и гидрология, 1994, № 1. с. 41—48.

2. Баханов В. П., Буйков М. В. Моделирование искусственной кристаллизации, осадкообразования и рассеяния переохлажденных слоистообразных облаков. Обзор. — Обнинск: изд. ВНИИГМИ МЦД, 1985. — 43 с.

3. Бекряев В. И. Практикум по физическим основам воздействия на атмосферные процессы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — 144 с.

4. Земсков А. И. и др. Сравнение рассчитанных по трехмерной модели и измеренных в экспериментах зон просвета при искусственном рассеянии туманов. — Труды ЦАО, 1989, вып. 174, с. 16—25.

5. Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990. — 464 с.

6. Коган Е. Л. и др. Численное моделирование облаков. — М.: Гидрометеоиздат, 1984. — 186 с.

7. Котова О. П., Красновская Л. И., Хворостьянов В. И. Влияние дозировки реагента и скорости ветра на эволюцию зон просвета при наземном рассеянии переохлажденных туманов. — Труды ЦАО, 1987, вып. 164, с. 18—28.

8. Котова О. П., Хворостьянов В. И. Численные эксперименты с двумерной и трехмерной моделями по исследованию зон кристаллизации и просвета при рассеянии облаков и туманов с самолета. — Труды ЦАО, 1989, вып. 174, с. 53—67.

9. Мазин И. П., Шметер С. М. Облака. Строение и физика образования. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 282 с.

10. Манжара А. А., Баханов В. П. Моделирование эволюции зон просвета и искусственных осадков в мощном переохлажденном слоистом облаке при засеве твердой углекислотой одной линии. — Труды УкрНИИ, 1984, вып. 203, с. 29—44. 11. Хворостьянов В. И. Трехмерная нестационарная микрофизическая численная модель искусственной кристаллизации и рассеяния туманов и низких облаков. — Труды ЦАО, 1987, вып. 171, с. 51—61.

12. Хворостьянов В. И. Моделирование искусственной кристаллизации и рассеяния туманов. — Метеорология и гидрология, 1984, № 3, с. 21—30.

13. Хворостьянов В. И. Моделирование и схемы зон просвета при наземном рассеянии переохлажденных туманов. — Метеорология и гидрология, 1986, № 3, с. 30—37.

un en l'anterpresent de la presente de la grande de la presente de la presente de la presente de la presente d and an is to this for the second a second second as langu di ^{en}ergi terlen alah da kelaja di keleberah pertendak di kuba kelah di kelah kelaja di kelaja di karaka 人名卡布莱姆 化过分量 化二氯胺 医输出的 计输出的 网络哈姆斯特特 化化常有式 建物性 无论,就是这种时候,你们就能让你会感觉了,你们还是这个保证的,你就是我们的问题,我们们的问题,我们们的问题。 1977年,1918年前,1919年9月1日,1967年,1967年,1919年,1918年,1918年1月1日,1918年年,1918年,1918年年,1918 自己的 我们有什么 医颈外的 医囊肿的现在分词 医白色线 属于 机合金 基督 医切开的现在分词 in a special sector of the sector sector in the sector sector sector sector sector sector sector sector sector and the same international states of the property of the second states of the 网络龙手龙 医外外部 网络马克马马 经公司 化丁基乙基丁酸丁乙基乙基乙基乙基乙基乙基乙基乙基乙基乙基 e en altanta e la recipie de la completa en la la decensión de la recipie de la completa de la completa de la c 出了这些"这"。 "你说我们来说这些你的?" "你把你们的**没好那么**你说道道,你就是你们还是你 an esta constante elle contra e dependencia della subsette contra della subsette contra della della della della en de la company de la comp - 1990 - 1991 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 199

Л. Н. Бычкова, В. И. Слуцкий

ti sta se e

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ПРИ СНЕГОПАДАХ ПО ДАННЫМ МРЛ В АЭРОПОРТУ ТОМСК

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) — одна из важнейших характеристик, определяющих безопасность взлета и посадки самолетов. Диагноз и прогноз МДВ являются приоритетной задачей в работе коллектива аэрометеорологической станции (АМСГ). Руководитель Росгидромета А. И. Бедрицкий в одном из докладов отметил, что в прогнозах дальности видимости в туманах и снегопадах число ошибок наиболее велико, и поэтому "...актуальной остается задача разработки простой и надежной методики прогноза видимости в снегопаде, тумане и высоты нижней границы облаков (с учетом физико-географических особенностей аэродрома)" [2]. Дальность видимости, особенно ее критические значения, близкие к минимумам погоды, тесно связаны с наличием или отсутствием таких атмосферных явлений, как дымка, туман, осадки, причем снегопады обусловливают значительно большее ухудшение видимости по сравнению с другими видами осадков.

Метеорологические радиолокаторы (МРЛ) используются для наблюдения за пространственно-временной динамикой зон осадков, в том числе снегопадов, и косвенной оценки МДВ в них уже давно. Более того, в основном нормативном документе, разработанном в ГГО [7], даны рекомендации по расчету МДВ в различных видах осадков, в том числе и в снегопадах, основанному на физико-статистической модели, учитывающей связь радиофизического поля (радиолокационной отражаемости) и физических параметров метеорологического объекта (в данном случае интенсивности и структуры осадков и т. д.). Однако указанная методика с учетом многофакторности связей и скудости исходной информации, по мнению самих разработчиков, требует корректировки в различных физико-географических районах с учетом сезона года. Рекомендации, изложенные в [7], по-видимому, реализованы на многих АМСГ, однако публикаций по данной проблеме чрезвычайно мало (например, [4]) или они малоинформативны по своей сути. Так, М. В. Билетов и его соавторы (Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище) [3] тезисно указали, что для прогноза видимости в снегопаде в качестве предикторов, помимо радиолокационной отражаемости, использовались «метеорологические параметры, оказывающие влияние на структуру снежинок и скорость их выпадения». Обмен опытом организован слабо. Нам известно, что с помощью МРЛ прогнозируется видимость в Кемерово, Новосибирске. Расчет видимости с применением радиолокационных данных по методу В. А. Диневича [4] успешно применяется в аэропорту Уфа. Определение видимости там производится по графикам для мокрого и сухого снега в отдельности на основе данных о ветре и радиолокационной отражаемости. При наличии дымки, дыма вводится поправочный коэффициент.

Как правило, исследование по оценке видимости в снегопадах предполагает следующие этапы:

1) климатическая характеристика и аэросиноптические условия снегопадов (для стратегического планирования экономической эффективности деятельности аэропорта);

2) оценка распределения МДВ в снегопадах;

3) формирование синхронных массивов с информацией о МДВ и радиолокационной отражаемости в ближней зоне;

4) дифференциация массивов для сухого и мокрого снега;

5) оформление прогностических таблиц или графиков как результата статистической обработки указанных выше массивов;

6) оценка оправдываемости радиолокационного диагноза и прогноза МДВ при снегопадах.

По материалам В. И. Акимова [1], за Уральским хребтом на общем фоне низких значений относительной повторяемости видимости менее 500 м выделяются три очага повышенной ее повторяемости (10—18 %) с максимумом на юге Западно-Сибирской низменности, что является следствием прохождения западных и южных циклонов и усилением фронтальной деятельности при приближении к окаймляющим низменность горам. Карта, характеризующая распределение показателей МДВ по территории СССР [1] в январе. (центральный месяц сезона), свидетельствует о том, что территория Томской области входит в зону повышенной повторяемости видимости менее 1000 м.

Таблица 1

1875 1 SM 6	landren it s <u>itteau</u>	777979	2010	1225	1.78.37	<u>. 55</u>		<u>. 1932 (</u>	<u>.</u>	1.2007			
Вид Продолжитель-		ала так каза а боласт <mark>Месяц</mark> ата сталасти стала											
🗄 осадков	в ность, число дней		X	XI	XII	7 T 2 E2	Π	пı	IV	V.			
Ливневой	Среднее	0,7	6,5	14,9	18,7	15,1	13,6	10,8	7,2	1,1			
снег	Максимальное	4,0	17,0	26,0	26,0	20,0	21,0	1 6, 0	17,0	3,0			
Обложной	Среднее	0,1	3,8	11,4	17,6	14,7	10,8	7,6	3,6	0,0			
CHEL	Максимальное	1,0	11,0	20,0	22,0	26,0	21,0	13,0	16,0	0,0			
Максималл продолжит	ьная суммарная гельность*, ч [6]	143	305	395	450	413	374	265	189	129			
Количеств	о осадков*, мм	62,5	56,9	52,1	47,0	31,8	24,1	18,2	32,3	36,2			
*Без раз	вделения по фазе (ж	идки	еитв	ердые) и ви	ду (ли	вневь	ie n ol	5 ложн	ње).			

Климатические показатели снегопадов. Томск, 1991-2000 гг.

Необходимость поиска метода краткосрочного прогноза видимости в снегопадах очевидна и убедительно обосновывается климатическими показателями (табл. 1).

A terminal statements in the second statement in the second statement in the second statement of the second statement in the second state

Наибольшая повторяемость (доля времени, %) ограниченной горизонтальной видимости в зимний период связана с метелями, туманами и снегопадами. Повторяемость МДВ менее 0,5 км составляет в среднем 0,1 % при ливневом снеге и 0,3 % при обложном. Максимум повторяемости горизонтальной видимости менее 0,5 км отмечен в феврале (0,7 %), менее 1 км — в апреле (1,5 %), менее 2 км — в марте (23,6 %).

Систематическая работа по использованию радиолокационной информации для диагноза и прогноза метеорологической дальности видимости в осадках за холодный период на АМСГ Томск стала проводиться с 1989 г. в два этапа. На первом этапе на местном материале корректировались результаты исследований, проведенных на МРЛ-2 Кемерово. В 1992 г. на АМСГ Томск был демонтирован радиолокатор МРЛ-2 и установлен МРЛ-5. При этом выяснилось, что оправдываемость не только прогноза, но и диагноза МДВ заметно понизилась. Возникла необходимость провести новое исследование прогнозирования МДВ по данным МРЛ-5, анализу основных результатов которого посвящена настоящая работа.

В качестве исходных привлечены материалы метеорологических и радиолокационных наблюдений за два зимних периода (октябрь—апрель 2001—2002 и 2002—2003 гг.). Радиолокационные наблюдения за облачностью и связанными с ней явлениями проводятся ежечасно, круглосуточно и через 30 мин в режиме «шторм» [7]. Измерение отражаемости $\lg Z_1$ производилось на удалении 5—10 км при углах возвышения антенны 0,2—10°, что соответствует высоте 100—500 м над поверхностью земли в зависимости от расстояния. Следовательно, МРЛ при такой установке антенны, к сожалению, не отражает влияния метелей, которые играют существенную роль в формировании МДВ.

Наблюдения за видимостью на аэродроме Томск проводятся с использованием инструментальных средств (ФИ-1) или визуально по дневным и ночным ориентирам. Инструментальные наблюдения проводятся при МДВ 2000 м и менее. Определение МДВ производится через каждые 30 мин, а при видимости менее 1000 м непрерывно. Наблюдения за атмосферными явлениями (АЯ) проводятся визуально, круглосуточно и непрерывно, фиксируются начало и конец, а также интенсивность, оценка которой, безусловно, носит качественный и несколько субъективный характер. Наставление [5] рекомендует различать три категории интенсивности: умеренную, т. е. обычную для данной станции в конкретный сезон, слабую и сильную. Слабая и сильная интенсивность отмечается в тех случаях, когда характер явления значительно (!) отличается от умеренной интенсивности. Для осадков, тумана, дымки значение интенсивности явления жестко связывается с МДВ (слабая — МДВ более 2 км. умеренная — 1—2 км, сильная — менее 1 км).

Известно, что в настоящее время при стандартной программе наблюдений (нет "снежных" плювиографов) можно рассчитать только осредненную интенсивность зимних осадков, количество которых измеряется через 12 ч, фиксируя их общую продолжительность в этот период. Более точные значения могут быть получены при кратковременных единичных осадках в течение полусуток. Характеристика интенсивности, оцениваемая по МДВ, плохо коррелирует с обычной интенсивностью (мм/ч) жидких осадков, значения которой связывают с радиолокационной отражаемостью. Это одна из существенных причин ухудшения качества цепочки радиолокационная отражаемость lg Z_1 — интенсивность (мм/ч) — MДВ. Приведем два характерных примера:

Дата 27.10.2001 г. 13.10.2002 г.	
Продолжительность, ч 2,7 10,2	la a bart. Mangkama
Количество, мм	e le pres
Интенсивность, мм/ч	n station
Интенсивность (по МДВ) Слабая Слабая и уме	ренная
lg Z ₁ От -0,6 до 0,4 От -0,9 до 0,	6
МДВ, км	प)
· 如果的 我们的过去式和过去分词 "自己的人就能的人们,这一次,这一次已经的时候,你们不能是否还能够	1. de 1

За два зимних сезона отобрано 2548 случаев параллельных радиолокационных и метеорологических наблюдений. Режим осадков за исследуемый период характеризуется данными, приведенными в табл. 2. По интенсивности (критерий — значение МДВ) осадки распределяются следующим образом: сильные — 3 %; умеренные — 31 %; слабые — 66 %.

-characteristic contracteristic contractions in the second of the system T_{ab} and T_{ab}

Суммарная повторяемость (доля времени, %) различных видов осадков. Томск, октябрь—апрель 2001/02 и 2002/03 гг.

Вид осадков	Повторяемость, %
Ливневой снег	a moren
Обложной снег	este) 2014 e 2 25,8 9 253 e e reser
Ливневой мокрый снег	1997 - 2000 II. 1 3,4 1996 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 -
Обложной мокрый снег	an ^a naraise a . 3,3 ,7 (harmond
Ледяная, снежная крупа	STEREE™ 2 00 0,9 00 NCQUI → 23.0
网络温尔尔马马莱莱 化合合体 计成本 医子宫的 法部分	

Пространственно-временная структура зоны зимних осадков чрезвычайно сложна, ибо изменяется не только распределение гидрометеоров по размерам в единице объема, но также форма и фазовое состояние частиц. Основная проблема формирования массивов для последующей статистической обработка заключа-

က														4				
B		\mathbb{C}	2	1	<u>ି</u> ଟ୍ର୍	Т.	ē. 3	်းလို	ຕັ		81	∇f		ğ	$\{ i_i \}$	<u>، ۱</u>	- 8 ¹ .	ξ.
nn	i de service			1 2 6	্ ন্য	F		္မက့္	4	-1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1	112	2	Ng ta	'n		œ.	10	
6л	5 55		0	4. N. P					· · · · · · · ·					10		÷.	Ó.	
La.	en daste	4.2	Ê,	12.5		. 1 - 1 - 2 -	- 10 - 12 - 1 		ତ୍ତ ୟ କ	i.	the st	- 19. -	50 M2	La.	<i>.</i> (A	. V	
	410131	2.5	. I.	- 9:P.		<u> (6)</u> -		<u></u>	<u></u>		2 <u></u>	CZ	1	220	\$145	007	200	
12	2.34. d		ွာ	- e e	0	R.	2.424	-30°			1.24	s. 0		34.2	1. N		22 A.	X
-	56.576 - 51		9	n an gann	ີ່ຕົ	* . 57	are and		992 -	·	5.61			A.9. 1			ан Гарана (19	
·		• • • •		1 K K 1 U			5. Q 11 2						STARE O	A., 197	7.29.3.	2	6.0	
	00		8,	o NVÇ¢		Ϋ́,	172.00	S	$\Delta_{\rm eff} = 0$	2	. <i>.</i> .	•	1	9 B)	es i	Ŧ	्रम्ःः	ť.
$\langle \psi \rangle^{(2)}$	s Š ater	i si 74			e e C			r, itt.	* .	11	1993 - S	(*) ;	e. 5		las.	οQ	υC.	
	. g	ъ. ^с	2.00	13	10	л о Г		.01	а ю -	ora i	- <u></u>		ay is ye	wer .	8 18	0	0	r
	E C	£34-	ó		ົມ	ŝ		ó	O,			1 - X 7 - X		na stari	NC:	· ·		•
	rp					<u>_</u>	11111	· ~~~	<u> </u>			- E	$\mathcal{F}\mathcal{H}_{L}$		6	6	er Edit	
	ò a	Z_1	4		0			0								Ŀ.,	4	с. ^т
	ой вд	(lg	9		ŝ	÷.	Å.	ੰਜੀ	£						NG NG	0	-	
	H H	P.		٩			. E	k <u></u>		nb	مند المناطقة المناطقة مستقدمة المناطقة المنا				5	4	ò	
		50	.3	cm	°,	Ę.	ŏ	ိယ့္	Ξ,	- LO					¥	Ó	r.f	
		ыMa	Ϋ́	Ĩ Ĥ			187		0	HC					14 14			
20	N N N	К. Ж	~	10	5.7		ି ଟ୍ରି	1	18	ne	- <u></u>	0.35	94.9 9	54.3	Ĩ		1.00	(
	95	083	o,	្រីរ	1.10	15 T	СH	<u>, 5</u>	2141 C F	HC	n po	ve -	er er det i		H	3	0	
	0.0	oTI		lət			E M			ne.		a 1 4 4	alat inda	1999 - 1999 - 1999 1999 -	6	0	਼ਿ	· ·
		5	୍ଚ	H		2	'n	õ	ব	H	ំ ក្ន	19.01	1963	. 30		្ន	2011 201	
	pa	CH8	õ	ି ନିର୍	്ന്പ്	. य े :	3	୍କୁ	0	2	1 K		Vet:	i ii	ă.	ဝုိ		
23	ୁ କ୍ରି 🗸	Į O E	77	28			E H			_ S	- 2013	11		2.4	X	୍ର -	e le cal	;
. ,	») II	Ĥ	-	20		ب	ен	°,		Hq					Ĕ	- 1		
	2 ×	NK.E	0	1	. '	-	ep	·	4-1-1-1-	้า	•			8	11.8	୍ଦୁ	े हैं, जीवें जनम	
	S No.	F					V.M			<u>c</u>	e 11		. 🔿	s que	0	- 1	сў.	
	H	йh	2	1.1	୍ରି	5	. · · ·	ු	<u> </u>	مەر	50 g Z	19.0		•	E.	÷.	2- 4 -	
	SIC.	Pa		6 . Sr	·			·	<u> </u>	· ; · ;					0	, T	0	
	00		4		0	2				,			1 · · · ·		Ĩ.	Ť		•
12.5	p. BT	^ت ه`	ó	9 A.	∼_î	s,		- S. S.	ale at L) 	537 (R C	: :N	n deg	
$\mathcal{T}_{\mathcal{A}}$	e a	1	÷	₹° ¥	تىپلىكە		$\mathcal{M}^{\mathrm{SUM}}$			۰. ·	_ <u></u>		° 3	, С. Э	Ē.	9	<u></u>	
T	ъ и		ω.	8.57	. н		$r \sim 1$. 6	2	43			9 50	ns.	ğ.	. .	10°	
	На		0		Ŋ	-		ស៊	36		ଁଟ		Ì .		MIN	•	+	
			-						· · · ·		4	• *	. · · ·	· · · ·		0,0	ພ	
	re		0			4 ⁰	152.4		4	di i	ं 🚔		0.01	14	Å P	ा) (
	- N	2		11 35	<u>, 1 -</u>	190	15 6		11.21	1.1	<u></u>		e 4,55	·			$\mathcal{F}^{(1)}(\mathfrak{g},\mathfrak{g})$	
• 4.	Ŭ.		G	657.5		,- 1.,			• •. •		က္		, ·			1,0	0	
	Ē		Ó			, f					14 17	ra fa a				1	jo A	•
	u © tikiti	122	i s											2011		VI	. No 12	1
	(4) - ¹		10	1971	•		1.18	ုတ္ရ	က်	2.12		8	1 E. 1		(i, j)	. •1	1.197.5	
			-				A	က္	4		, H	਼ਜ		z X. G			: . .	
×,	4 S		đ	e		·				·			1	- 	a ta 13 Las		਼ੁਦ	
÷ •	•		Гад		1949	лй	· · \$	1312 A.	ый	12	1	Л	6 19 E.	<u>,</u>	1992 A.	•	KJ	
-1.	S. 251 - 4	SH S	ŪQ.	14.2	ой	- dj	it ab	ой	្តថ្មី		ой	ī	Tures.	i di w	: 1 4	ياني: سو	ъ́	
	1. S. A.		Hel	TE LE	X	ð	11 j. j.	λX	OH	: : : : :	×	Ő	1.97		S. 1	N	E.	
	اندر محمد ر	بنستي ب	0		<u> </u>	<u> </u>		<u>ن</u>	N		<u>Ú</u>	Z]		e de la c		Z	
-				• • •		•		×.*	es tra co	• •			*	1,				
								17	3									

лась в синхронизации значений $\lg Z_1$ и МДВ для заданного вида снегопадов. В табл. З приведена относительная повторяемость дискретных значений $\lg Z_1$ в зависимости от вида снегопада и интенсивности (в терминах МДВ). Имеет место значительный разброс, хотя наблюдается некоторая тенденция роста радиолокационной отражаемости при увеличении интенсивности снегопада, а также в мокром снеге по сравнению с сухим.

Дальнейшая статистическая обработка исходных материалов предусматривала расчет средневзвешенного значения $\lg Z_{\rm cp}$ для заданного интервала МДВ по соотношению

$$\lg Z_{\rm cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{m} \lg Z_i n_i,$$

12

где lg Z_i — значение радиолокационной отражаемости, n_i — число случаев наблюдений заданной градации, N — общее число случаев для заданной градации, m — число градаций.

Итоговый результат представлен в виде переводных таблиц (табл. 4), на входе которых — градации радиолокационной отражаемости, а на выходе — градации МДВ. Эти таблицы применяются в оперативной работе.

Таблица 5 используется в переходные сезоны, когда велика вероятность выпадения смешанных осадков или мокрого снега. Кроме того, ее рекомендуется применять в зимний период при температуре воздуха выше -2 °С с учетом того, что в зимних температурных инверсиях, характерных для Сибири, формируются слои с положительными температурами.

По массиву измерений (МДВ ≤2 км) за период октябрь — декабрь 2004 г. (66 случаев снегопада) проведена проверка оправдываемости радиолокационного диагноза и получены следующие результаты: общая оправдываемость 82 %, из 12 неоправдавшихся прогнозов в четырех случаях фактическая МДВ больше прогнозируемой, в остальных — ниже.

В заключение следует отметить, что использование МРЛ для прогноза видимости в снегопадах в настоящее время пока недостаточно эффективно и работу следует продолжать. Синоптики АМСГ Томск уже сейчас в оперативной работе более заинтересо-

Таблииа 5

and the second of the second Видимость при снегопаде в мокром и сухом снеге по данным МРЛ-5. Томск

Мокрь	ій снег	Сухоі	і снег
$\lg Z_1$	МДВ, км	$\lg Z_1$	МДВ, км
	≥ 2,5	rational ≤ −0,7 7, see 2,	stant - ≥ 2,5 , st
-0,5 ÷-0,3	2,0 ÷2,4	—0,6 <i>÷</i> −0,3	2 ,0 ÷ 2,4
-0,2 ÷0,2	1,5 ÷ 1,9	-0,2 ÷0,1	1,5 ÷1,9 -
0,3 ÷0,7	1,0 ÷1,4	0,2 ÷0,4	1,0 ÷1,4
0,8 ÷1,2	0,5 ÷0,9	0,5 ÷1,2	0,5 ÷0,9
≥ 1,3	<0,5	≥1,3	<0,5

na da se site a deserva a

and an each and a sub-

ванно и целенаправленно учитывают радиолокационную информацию о движении зон снегопадов, особенно снежных зарядов. 经财产保险人工的保险部分 医肾上的 医脑静脉的 医白色素 医小孢子的 法法定的法庭的

n Na wasa kuta a kulo waka ji kabuta СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ e de la compañía de l (4) 1.5.4. Provide Contraction (Contraction) (Contraction)

الأرجع المعاري

1. Акимов В. И. Распределение относительной повторяемости видимости в осадках на территории СССР. — Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1983, вып. 107, c. 37-45. n en la necesión d'a soles conservation and the

2. Бедрицкий А. И. О деятельности Росгидромета в 2001 году и задачах на 2002 год //Использование и охрана природных ресурсов в России. Ежемесячный бюллетень. — М.: НИА-ПРИРОДА, 2002, с. 122-133.

3. Билетов М. В., Золоторев В. Н., Круссер И. В. Методика прогноза видимости в снежных зарядах при комплексном использовании радиолокационных и аэросиноптических данных // Тез. докл. Всерос. науч. конф. о современной географии и окружающей среде (24—26 сентября 1996 г.). — Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1996, с. 71-72.

4. Диневич В. А. Оценка видимости в снегопадах по данным МРЛ // В сб.: Радиолокационная метеорология. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981, вып. 470, c. 109-113.

5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып 3. Ч. 1. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 300 с.

6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные Вып. 20. - СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. - 717 с.

7. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. — СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. — 273 с.

А. И. Петров, Г. Г. Петрова, И. Н. Панчишкина 建位 机 动脉管机 化冷凝化物 认定的破坏的现在分词 建合物数式空籍

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКА МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА

В обмене зарядами между атмосферой и землей важную роль играет механический перенос зарядов в вертикальном направлении, так как в случае попадания отрицательного заряда на земную поверхность или перемещения положительно заряженных объемов воздуха от земли под действием механических сил эти процессы можно рассматривать как дополнительный генератор электрического поля атмосферы (так называемый конвективный токовый генератор).

Ток механического переноса в атмосфере определяется как конвективными движениями объемного заряда о с вертикальной скоростью υ, так и диффузионными потоками заряженных частиц. Для существования заметной диффузионной составляющей тока механического переноса в атмосфере, кроме наличия турбулентной диффузии, должно установиться неравномерное распределение объемного заряда.

Таким образом, обозначив плотность тока конвекции в атмо-医肾管室 化化化化化化化化化化化化物 сфере CONSTRAINED AND AND A BREAKED AND AND AND AND

的过去。如此我们的现在我们是能能。这个人,这个人,也

这些地带,在小手上的脸上的说话。在

NET TO REPORT

а.плотность тока диффузии

N 🕈 - S Diffusione a conserva-

Cubical Article conditional (Provide States of Conditional)

$$e_{i}$$
 and e_{i} and e_{i

где k — коэффициент турбулентной диффузии, $\frac{\partial \rho}{\partial z}$ -– вертикальная составляющая градиента объемного заряда, получим выражение для плотности тока механического переноса:

$$j_{\rm MII} = j_{\rm R} + j_0 = -k \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho v$$

Плотность тока механического переноса на границе атмосфера-земля і_{мп} аналитически не определяется. Можно лишь предположить, что он является некоторой функцией физических параметров, характеризующих состояние прилегающего к земле слоя воздуха [1]: с косто на систем сересовското собстоя с костониет

「読んとうたかなな」の若ちがないため、彼らいとおいてきの話をした。

· 化试验 的复数形式 化化合物物质试验 计数字 化化合物的 化化合物的 化化合物的 化合物的 В связи с этим для выяснения роли механического переноса в обмене зарядами между атмосферой и землей экспериментальные исследования вертикального электрического тока на гранипе атмосфера-земля имеют большое значение.

Для одномерной стационарной задачи выполняется условие div i = 0, т. е. плотность полного вертикального тока в атмосфере $j = \lambda E + j_{\text{ми}}$ остается постоянной по высоте. Следовательно, плотность полного вертикального тока на границе атмосфера-земля *i* = *i*_λ + *i*_{мп} должна быть равна плотности полного вертикального тока в атмосфере ја стало в сулетника се работе са а столенија аоти

ne forest in our explored we state the second term and a subscription $\operatorname{div} j = \operatorname{div} \lambda E + \operatorname{div} j_{\operatorname{MII}} = 0, \quad \text{as a set of } j = 0$. กรรมสาย (1965) แก่ 5.5% (การสายพยุษณ์) การ ระบบกฎ (1966) (การสาย (1967) การสาย การสาย **LAN** (NOTE STATES of the set of $div \lambda E = -div j_{MI}$. The set of the se

Таким образом, если плотность тока проводимости в атмосфере λE изменяется с высотой, то ¹ 略称到 "这一家就是这一家的功能的",这些

where
$$\delta$$
 is the constraint of the Mathematical Advance $d(\lambda E)^{*}$ with j is injected as the second δ is the $div \lambda E = \frac{d(\lambda E)}{dz} \neq 0$ and the second δ is the second second dz is the constraint of the second dz is th

5 12 - 10 EC - 27 E

化碱化合物 人名法法阿斯 使法的现在分词 人名法法 使者的人名德赖马纳法 Результаты наблюдений многих авторов, в том числе и результаты нашего эксперимента, указывают на значительное изменение плотности тока проводимости в прилегающем к земле метровом слое воздуха. Таким образом, в любом выбранном сколь угодно тонком слое воздуха образуется объемный заряд, пропорциональный $\frac{d(\lambda E)}{dz}$, который изменяет величину и распределение объемного заряда в этом слое.

Наличие неравномерного распределения объемного заряда вблизи земной поверхности в условиях турбулентного перемешивания приводит к появлению диффузионной составляющей тока механического переноса из атмосферы на землю *i*_д. Поскольку на границе земля—атмосфера скорость вертикального движения воздуха равна нулю, то ток конвекции отсутствует.

Таким образом, измерив плотность полного вертикального тока на землю и плотность тока проводимости на разных уровнях, можно оценить величину и характер изменения плотности тока механического переноса в атмосфере.

На рис. 1 представлены профили плотности полного тока, плотности тока проводимости и плотности тока механического переноса.

Значения плотности полного тока *i* и плотности тока механического переноса $i_{\rm MII}$ на границе атмосфера—земля непосредственно измерены методом пластины, а плотность тока проводимости рассчитывалась как разность $i_{\lambda} = i - i_{\rm MII}$. Плотность тока проводимости в атмосфере получена как произведение электропроводности и напряженности электрического поля атмосферы $j_{\lambda} = \lambda E$ на соответствующем уровне. Плотность полного тока в атмосфере *j* принималась равной плотности полного тока из атмосферы на землю *i*. Значения плотности тока механического переноса в атмосфере подсчитывались как $j_{\rm MII} = j - \lambda E$. Измерительный комплекс описан в ранее опубликованных работах [2, 3].

Из рис. 1 видно, что плотность тока проводимости значительно изменяется в слое 0—5 см. Дивергенция тока проводимости, изменяя величину и распределение объемного заряда в этом слое, по-видимому, влияет на диффузионную составляющую тока механического переноса из атмосферы на землю. Это можно заметить по синхронным изменениям div λE и $i_{\rm MH}$ в течение суток (рис. 2).

Заряд, сообщаемый током механического переноса поверхности земли, для обоих пунктов наблюдений совпадает по знаку с зарядом, который образуется в прилегающем к земле слое атмосферы в результате дивергенции тока проводимости. Для измерительной площадки, расположенной на берегу оз. Байкал, обе величины положительны, а в Михайловке Ростовской области они принимают отрицательные значения.









Рис. 2. Отношение (%) среднего суточного хода плотности тока механического переноса (1) и дивергенции плотности тока проводимости (2) к среднему за период значению.


Таким образом, можно предположить, что в генерации объемного заряда в нижнем слое атмосферы участвует ток проводимости легких ионов, а процесс диффузии приводит к попаданию этого заряда на поверхность земли.

经济的复数形式 医丁基甲酚 化硫酸化硅酸钠 建乙酸酸盐 化二甲基苯乙酰胺 机

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изергин А. М. Прямой метод измерений вертикального конвективного тока из атмосферы на землю. — Уч. записки КГПИ, 1958, 15, с. 38—69.

2. Petrov A. I., Petrova G. G., Panchishkina I. N. Variations of vertical "atmosphere—earth" current components and its probable interpretation / In: Proc. 10th Int. Conf. Atm. Electricity, 1996, p. 548—551.

3. Панчишкина И. Н., Петрова Г. Г., Петров Н. А. Вертикальный электрический ток в атмосфере и на границе атмосфера—земля // Труды V Российской конференции по атмосферному электричеству. — Владимир, изд. ВлГУ, 2003, т. 1, с. 121—124.

e de la companya de l a here a constructive second and a construction of the second second second second second second second second an manan'n an bin na manan maan i sina an an an 化、不可能力 医肌肉的 化化物物 化二乙酰胺 机能和分离 化甲基基化 网络 21. The second of the first second present strategies and a second second と、通知の感覚しています。 かんしか 見られずない しかめん ひゃくやくやく and the second · 金融资源 - 二年 - 2017年 - 2017 · "这些话,这些我们的问题,我们的问题,我们的问题,你是你们的问题,你们的问题,你们的问题,你们的问题。" an ing di katan mananan karanan dari bara dari dari karanan katar katar 1、1947年19月1日(1911年)(1913年)(1913年)(1914年)(1914年)(1914年)(1914年) "我们最后,你就是这个人,这些你是我们可能能好了了,不能能够了这种问题,这个孩子,不能不能让我让 化过度 经收益 化动力的 编词 法法公共 计分子 化氯化合化 计通过分 计算统 法无法投资条件 CARL LARDS REPORTED TO A CONTRACTOR OF A CONTRACT STREET AND A SUBntelle an general na se presentation de la construction de la construction de la construction de la construction en este de la companya de la company · 是你有意义的"小哥"说的"小哥都是你了。"小哥不能说道:"你们的你们,就是你能够不能的。" na sente a construction de la construcción de la construcción de la construcción de la construcción de la const 这些人,我就是这些人,她们可能就是这些人的问题就是我们的人,不是你们的人,你们们还是你们的人,你们们不是不能的人。" and the second of the second second

А. И. Петров, Г. Г. Петрова, И. Н. Панчишкина, Т. В. Кудринская

ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АТМОСФЕРНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ

wonne werden waarde in der Berlin dere verste lagene is die een verste al Исследования пространственно-временных вариаций атмосферно-электрических характеристик в приземном слое обнаруживают их значительную обусловленность метеорологическими процессами вблизи земной поверхности. В значительной мере это, по-видимому, связано с тем, что последние влияют на поступление в атмосферу и перенос таких важных для атмосферного электричества примесей, как аэрозоли, радиоактивные газы, водяной пар. Анализ результатов наблюдений показал, что особое значение для электрической структуры приземного слоя в теплый период года имеют факторы, определяющие его перемешивание: стратификация атмосферы, скорость и турбулентность воздушных потоков. В общих чертах эти эффекты обнаружены при атмосферно-электрических наблюдениях вблизи земной поверхности в середине прошлого века [1-3]. Подробно же их роль исследовалась, например, в работах [4-11]. Показано, в частности, что суточные вариации полярных электропроводностей атмосферы на самых нижних уровнях и закономерная суточная трансформация их вертикального профиля в слое 0-3 м связаны с характерным изменением условий перемешивания в течение суток при наличии радиоактивного дыхания почвы [9, 10]. Последнее условие, по-видимому, важно, и влияние перемешивания на электропроводность атмосферы опосредовано тем, что перемешивание перераспределяет в приземном слое такой важный для нижней атмосферы ионизатор, как радиоактивные эманации подстилающей поверхности. Обнаружено, что при слабом эманировании почвы полярные электропроводности вблизи земли сравнительно мало изменяются в течение суток и с высотой независимо от интенсивности перемешивания атмосферы. Такая ситуация, в частности, типична для зимних месяцев, когда земля покрыта снегом, а почвенные поры закрыты из-за ее промерзания, что создает естественный экран для выхода из почвы в атмосферу радиоактивных газов.

Сложность исследования атмосферно-электрических процессов в атмосфере связана с их многофакторностью. Применение физико-статистических методов при анализе результатов измерений характеристик атмосферного электричества позволяет более обоснованно систематизировать и группировать материал исследований, что, как показывает опыт, способствует большему их успеху [11].

С учетом вышеизложенного были проведены физико-статистические исследования полярных электропроводностей атмосферы вблизи земной поверхности по результатам измерений (описание комплекса см. [8—10]) в летние месяцы 1992—1998 гг. в двух пунктах Кашарского района Ростовской области, расположенных на расстоянии 15 км друг от друга: Михайловке и Первомайском. Пункт Первомайское расположен на водоразделе, на открытом, сухом, хорошо вентилируемом черноземном сельскохозяйственном поле. Площадка пункта Михайловка находится в 200 м от берега небольшой степной речки на песчаной почве, поросшей низкой степной травой, и окружена невысокими лесонасаждениями. Размер ее составляет примерно 400 × 600 м. Травостой непосредственно под датчиками убирался на площади около 20 × 20 м так, что надпочвенные части растений срезались, а задернение верхнего слоя почвы корнями сохранялось.

По результатам измерений были построены эмпирические распределения полярных электропроводностей атмосферы на высоте 0,05 м как для всех часов суток, так и отдельно для дневных и ночных часов. При рассмотрении полученных распределений было обнаружено, что в среднем для суток эмпирические распределения далеки от нормального. Размышляя над причинами, обусловливающими отклонение эмпирического распределения от нормального, следует иметь в виду, что наличие асимметрии и эксцесса может указывать на неоднородность выборки, если в одну совокупность сведены две или большее число нормальных подсовокупностей, каждая из которых характеризуется своим набором основных параметров [12].

На рис. 1 представлена повторяемость значений полярных электропроводностей для всей совокупности данных и для тех однородных по физическим условиям — подсовокупностей, ко-



Рис. 1. Эмпирические кривые распределения повторяемости (число случаев) положительной *LP* и отрицательной *LO* электропроводности для разных выборок в Первомайском (*a*, *б*) и Михайловке (*b*, *c*) Кашарского района Ростовской области в летний период.

Число часов и условия измерений см. в табл. 1.

184

Физические характеристики приземного слоя атмосферы в период атмосферно-электрических измерений в пунктах Кашарского района Ростовской области

Число часов	Выборка	Характе- ристика	<i>t</i> (°С) на высоте 2 м	Градиент t(°С) в слое 0,5—2 м	Ско- рость ветра (м/с) на высоте 2 м	Коэф. турб., (м ² /с) по Орленко	Пара- метр страти- фика- ции	Град. потен- циала- на ур.зем- ли, В/м			
Первомайское											
117	Сутки	Среднее	23.5	0,0	2,0	0,03	0,9	16			
6 19.77	9.38 STOR	Ст. откл.	5,9	a ka ng alan	1,5	0,04		17			
52	День	Среднее	28,8	-1,2	2,8	0,05	1,5	14			
4.11	en Bruccus	Ст. откл.	3,7	a. e. ard	1,4	0,05	- NG NG 101	20			
14	Тихая	Среднее	19,6	2,0	0,3	0,00	0,1	7.37			
	ночь	Ст. откл.	4,0	uo n yai	0,3	0,00		5			
. 50	Ветреная	Среднее	19,3	0,6	1,6	::0,01	0,5	20			
ા સ	ночь	Ст. откл.	3,3	59 199 -33	1,0	0,02	त्रे हर ्ग औ	15			
матімалацай визані Михайловка ча адулачаніца і ізгар											
221	CVTER	Спетнее	176	ೇ ಕ್ಷಿದಿನಿವರೆ. −0.1	15	0.02	10	46			
<i>~~</i> 1	O'y IIII	Ст. откл.	7,9	· · · · · ·	1,3	0,04		28			
119	Лень	Срелнее	23.5	-0.7	2.3	0.04	1.2	58			
0 1 0		Ст. откл.	4,3	· · · ·	1,0	0.04		24			
102	⇔್ಷ:12000 Ноч ъ	Спелнее	10.6	0.5	0.5	0.01	0.2	32			
		Ст. откл.	4,9		0,7	0,02		26			
in the second	Real de la compañ Presenta de Real de		<u></u>	n an airte Daoine airte				n an			

торые ее составляют. Очевидно, неоднородность полной круглосуточной совокупности значений полярных электропроводностей связана с тем, что в данном регионе условия перемешивания в атмосфере сильно изменяются ото дня к ночи. Летом ночи в Ростовской области, как правило, тихие с низким коэффициентом турбулентности и инверсией температуры (t), а в дневное время атмосфера интенсивно перемешивается.

Исследования показали, что в Михайловке достаточно было. выделить в отдельные группы дневные и ночные часы. В Перво-

Пункт		Q : 2	Глубина, м	
наблюдений	1	0,1	0,6	0,9
Первомайское		2297	4727	5793
Михайловка		433	1587	2004

Концентрация радона-222 в почвенном газе (Бк/м³) в пунктах Кашарского района Ростовской области по данным трековых дозиметров (комплекс КСИРА)

майском ночное распределение характеризовалось двумя вершинами, что заставило нас продолжить поиск составляющих его групп. Оказалось, что в Первомайском штилевые ночные часы без дымки, тумана, запыленности атмосферы при наличии глубокой температурной инверсии (табл. 1) в отношении наблюдающихся значений электропроводности выделяются в отдельную группу. Другую ночную группу составили все остальные ночные замеры. Условно эти группы названы «тихая ночь» и «ветреная ночь». Из рисунка видно, что ясные тихие ночи с глубокой инверсией температуры воздуха вблизи земли в Первомайском (см. в табл. 1 данные о градиенте температуры воздуха и параметре стратификации) характеризуются аномально высокими значениями полярных электропроводностей. Причиной наблюдающейся ситуации, очевидно, является высокое по сравнению с Михайловкой содержание радона-222 в почве на площадке пункта Первомайское (табл. 2). Именно в такие часы из-за радиационного выхолаживания почвы распределение температуры в ее поверхностном слое таково, что способствует интенсивному выходу радона-222 в атмосферу [10]. В условиях отсутствия перемешивания приземного слоя, о чем можно судить по значениям коэффициента турбулентности и скорости ветра (см. табл. 1), радон накапливается вблизи земной поверхности и обеспечивает высокую степень ионизации нижних слоев атмосферы.

В группу «тихая ночь» вошли около 20 % всех ночных часов в Первомайском. В Михайловке замеры с аномально большими значениями электропроводности также наблюдались, но очень редко: они составили 3—5 %. Поэтому они не образовали отдель-





Число часов наблюдений см. в табл. 1.



Рис. 3. Эмпирические (Э) и нормальные (Н) распределения относительных частот положительной LP и отрицательной LO электропроводности атмосферы на высоте 0,05 м в летний период в Первомайском (а, б) и Михайловке (в, г) Кашарского района Ростовской области.

ную группу и были отброшены как «хвосты» распределения после соответствующей процедуры статистической обработки.

На рис. 2 представлены вертикальные профили полярных электропроводностей для рассматриваемых выборок. Обращают на себя внимание особенно значительные вертикальные градиенты полярных электропроводностей для «тихих ночей» в Первомайском.

Из рис. З видно, что эмпирические распределения относительных частот значений полярных электропроводностей для выделенных подсовокупностей более близки к нормальному, чем для полной совокупности данных. На наш взгляд, это связано с большей однородностью физических условий, в которых получена каждая из выборок, составивших полную совокупность данных. Возможно, это необходимо учитывать при анализе результатов наблюдений, группируя данные, и при моделировании атмосферно-электрических процессов в приземном слое, особенно для пунктов наблюдений с интенсивным эманированием подстилающей поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Law J. The ionization of the atmosphere near the ground in fair weather. — Quart. J. R. Met. Soc., 1963, 89, p. 107—121.

2. Higazi K. A., Chalmers J. A. Measurements of atmospheric electrical conductivity near the ground. — J. Atm. Ter. Phys., 1966, V. 28, p. 327—330.

3. O'Donnel G. A. Electric conductivity and small ion concentration of the atmosphere at one meter above ground and conductivity at ground level. — J. Atm. Ter. Phys., 1952, V. 2, p. 201—215.

4. Israelsson S. On the conception "Fair weather condition" in atmospheric electricity. — Pure Appl. Geophys., 1978, V. 116, p. 149—158.

5. Knudsen E., Israelsson S., Hallberg B. Measurements of the electrode effect over flat, snow-covered ground. — J. Atm. Ter. Phys., 1989, V. 51, N 6, p. 521—527.

6. Петров А. И., Петрова Г. Г. Вертикальные профили полярных электропроводностей и плотности объемного заряда в электродном слое атмосферы. — Труды ГГО, 1988, вып. 514, с. 12—16.

7. Петров А. И., Петрова Г. Г. Результаты измерений электропроводности в электродном слое атмосферы. — Труды ГГО, 1990, вып. 527, с. 12—17.

8. Петров А. И., Петрова Г. Г., Панчишкина И. Н., Кудринская Т. В., Куповых Г. В., Клово А. Г. Электропроводность воздуха и концентрация радона в приземном слое. — Труды V Российской конференции по атмосферному электричеству. — Владимир, изд. ВлГУ, 2003, т. 1, с. 124—127.

9. Petrov A. I., Petrova G. G., Panchishkina I. N. Measurements of polar conductivities in the surface layer of the atmosphere. — In: Proc. 10th Int. Conf. Atm. Electricity. — Osaka, Japan, 1996, p. 188—191.

10. Petrov A. I., Petrova G. G., Panchishkina I. N. On factors determining the variations of the electric characteristics of a surface layer. - In: Proc. 11th Int. Conf. Atm. Electricity. - Alabama, USA, 1999, p. 547-550.

11. Petrov A.I., Petrova G. G., Panchishkina I. N. Statistic structure of variations of vertical «atmosphere—earth» currents. — In: Proc. 12th Int. Conf. Atm. Electricity. - Versailles, France, 2003. te recellente

1

12. Урбах Е. Ю. Биометрические методы. — М.: Наука, 1964.

Benda ya ka kanak

มหาศักริณีที่ได้และกระกระกระการและกลุปัจหมุ่มมี ที่เหตุ (ประกฏโลยมีอยุเม นี้) เข้ามีหยุ่ม 57.00B and and take and an a point of the set of the િયત્ર કે આ ગણવાડી અને પ્રદાર્ભવાય કે જે આ પ્રતિ કે બનાવા છે. આ ગણવાડી પ્રતિ પ્રાપ્ય પ્રાપ્ય પ્રાપ્ય પ્રાપ્ય કે าษอส เสขาหมากการเวลาส สาไซวินักการที่มีสุขภายสาว การเจริสสา คล โดยมหลาย เก an material products and a constant, a fairly star share share share ender a de la companya de l and have the second and state of the second state of the second state of the second state of the second second user of these duperts

LOLADARIA MARKED

and the state of the second state methods to be the the the state of the second state of the second state of the STRATELY OF STREET WE SAW STLE CHEM

the sector of a dissinguishing the sector sector of a sector of the sect and the second second

ale le l'essèclement des sans pleticulers de diffe d'este d'étaites de la complete de la complete de and a state of the second of the second state of and the second state of the second st

annengementa en treglillatare es lítera en líterar está (source está a compañía lítera).

(1) Solution of the state of the set of t

and way in the strategy a second of the Forester . I have been

serve me nem else elses a colores 😤 l'acter d'al se a sacro el 🖓

and a second

чести жазна замение страть СОДЕРЖАНИЕ ОТ Цель на мака – На сво
see na service and the second s
。 "我们一些我爱你是你的爱爱你的是我们就是你的你的?"他说道:"你是你的我们。" 第二章
Е. Л. Махоткина. Л. Г. Махоткин — вклад в геофизику (к
зи-летию со дня рождения).
Г. Г. Щукин, В. О. Тапасханов, А. В. Шаповалов.
К проблеме доплеровских измерений в системе дистанционного об-
наружения грозо- и смерчеопасных облаков
А. Д. Егоров, И. А. Потапова, Д. В. Привалов. Систе-
матические погрешности обращения лидарных сигналов малой
мощности
В. Н. Морозов. Расчет электрических зарядов и полей в элек-
троактивной зоне грозового облака
В. Н. Морозов. Распределение электрического поля, создава-
емого нестационарным током заряжения грозового облака в атмос-
фере с неоднородной электрической проводимостью 51
В. В. Клинго, В. Н. Козлов. К взаимодействию молекуляр-
ных ионов естественной атмосферы с поверхностью водяных капель 68
Г. П. Гущин, С. А. Соколенко, И. Г. Ляпина. Некото-
рые результаты регулярных измерений ультрафиолетовой радиа-
ции на сети станций России
В. И. Привалов, А. М. Шаламянский, А. А. Солома-
тникова, С. С. Гулидов. Ультрафиолетовый озонный спектро-
метр. Измерения спектрального состава УФ радиации и оптичес-
кой плотности аэрозоля
Т. З. Зашакуев, В. К. Кремешков, Н. Н. Парамоно-
ва, Н. А. Першина, А. И. Полищук, В. И. Привалов,
А. А. Соломатникова, В. О. Тапасханов, А. М. Шала-
мянский. Обследование предполагаемых мест размещения гло-
оальных (региональных) станции ГСА Приэльорусье — Пик Терс-
КОЛ
В. В. Клинго, В. Н. Козлов. Влияние адсорбированного
иона на плоском нерастворимом аэрозольном ядре на гетерогенную
конденсацию водяного пара в облаках
А. В. Снегуров, В. С. Снегуров, А. В. Шаповалов,
1. 1. Щукин. Опыт совместных наблюдении за грозами грозо-
пеленгатором-дальномером и метеорологическим радиолокатором . 159
А. В. Снегуров, В. С. Снегуров. К методике исследова-
ния временных форм близких атмосфериков
Е. Г. Пискунова, А. В. Шаповалов. Численные экспери-
менты по активному воздействию на туман кристаллизующим реа-
гентом

Л. Н. Бычкова, В. И. Слуцкий. Метеорологическая дальность видимости при снегопадах по данным МРЛ в аэропорту Томск 168

भ्रम्भुभे तम्मा २३ - २३ व्याप्त २ - व्याप्ताम् हार्य प्रायत्व हा हार्यम् व्याप्त व्याप्ति । २०१८ - २९९८ २०१५ में १९४० त्वर त्वर हो से प्राप्ते - २९९४ व्याप्ताः १९९१ में १९२४ हुए स्वायत्व हो हो राज्य । विभावत्वप्रदार्थ ता स्वायत्व हो स्वायत्व भ्रम्भ भ्रियत्व व्याप्तान्त्व क्रियत्व त्यात्व त्यात्व त्यात्व हो त्या स्वायत्विभ्रम् त्या

i en energi anteringo margenario con di elementi di elemini. Ne per elemento e contra del contra

්සිද්ධාර්තයක් අති වීම වැඩිම් වැඩිම වැඩිම වැඩිම විද්යාවන් වැඩිම විද්යාවන්න විද්යාවන්න වැඩිම වැඩිම විද මොහොත කාමය කමනකාව වීම වැඩිම මොහොත වැඩිම වැඩ මොහොත වැඩිම වැඩ

B. B. B. A. Spire, M. M. K. B. Strand, J. B. Stratter, eds. endogenetics, and a second spire, and a second spire,

Ref. (1) A first and a second state of the second sta



Уважаемые читатели!

Вы можете приобрести книги, выпускаемые ФГУП «Гидрометеоиздат», в интернет-магазине научно-информационного портала GIMIZ.RU

> Контактная информация: тел/факс: (812) 352-08-15, 352-08-25 e-mail: gimiz@peterlink.ru pr@gimiz.ru

Труды НИЦ ДЗА

a services a service set of

and the two methods with

negal a Presidencia d Выщуск 7(555) с селото статъ статъ селото селото

ПРИКЛАДНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

Редактор О. В. Лапина. Художник Л. А. Унрод. Технический редактор Н. Ф. Грачева. Корректор Г. Н. Римант.

ЛР № 020228 от 10.11.96 г.

1.4.5.1 Подписано в печать 18.05.06. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 12,5. Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 11,71. Тираж 300 экз. Индекс 379/05. Гидрометеоиздат. 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38. Mar 5 -

Официальный научно-информационный портал GIMIZ.RU

УДК 551.521

Л. Г. Махоткин — вклад в геофизику (к 90-летию со дня рождения). Махоткина Б. Л. Труды НИЦ-ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 3—8.

Приводится обзор научной деятельности Л. Г. Махоткина в целом, описание основных направлений его работ. Подробно освещается его вклад в изучение радиационных процессов атмосферы и классическую актинометрию.

and and a second of the second of the second s

УДК 551.5

К проблеме доплеровских измерений в системе дистанционного обнаружения грозо- и смерчеопасных облаков. Щукйн Г. Г., Тапасханов В. О., Шаповалов А. В. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 9—29.

Рассмотрены вопросы разработки программно-математического обеспечения распознавания интенсивных атмосферных вихрей по данным доплеровских МРЛ для системы дистанционного обнаружения грозо- и смерчеопасных облаков в ЮФО.

Представлены алгоритмы анализа метеорологической информации по радиолокационным данным с использованием доплеровского канала, проанализированы методы цифровой обработки сигналов на базе сигнальных процессоров и архитектурно перепрограммируемых логических интегральных схем и возможности их применения в информационно-вычислительных комплексах МРЛ.

Ил. 3. Библ. 17.

УДК 551.510.7

Систематические погрешности обращения лидарных сигналов малой мощности. Егоров А. Д., Потапова И. А., Привалов Д. В. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 30—34.

Рассматривается проблема достоверности, с которой оптические характеристики атмосферы определяются по результатам измерений сигналов обратного рассеяния малой мощности. Случайные погрешности определения этих характеристик существенно зависят от алгоритмов, используемых для обработки измеряемых сигналов. Приемлемые алгоритмы для анализа лидарных данных базируются на новом строгом решении лидарного уравнения, включающего мощность фоновой засветки. Строгое решение было использовано для определения коэффициента ослабления атмосферы.

Для разработки лидарных методов было выполнено обращение эхо-сигналов, принятых в процессе зондирования однородной атмосферы из одной точки пространства. Был найден критерий однородности, применимый для компьютерного тестирования лидарных систем. С использованием данных эксперимента был выполнен анализ погрешностей определения искомых характеристик. Результаты анализа показали. Что на основе нового строгого решения лидарного уравнения найдены эффективные алгоритмы обработки сигналов малой мощности. С другой стороны, небольшие систематические погрепиности существенно влияют на результаты решения обратной задачи.

Ил. 2. Библ. 2.

YAK 551.594 \$P\$ 1997年,1995年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年,1997年

Расчет электрических зарядов и подей в электроактивной зоне грозового облака. Морозов В. Н. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып.7(555), c. 35-50.

n The All Market Annal Annald and a state of the Приводятся результаты расчетов распределений с высотой плотности электрических зарядов на частицах крупы и ледяных облачных частицах и напряженности электрического поля, создаваемого этими частицами в электроактивной зоне грозового облака. Используется механизм электризации, основанный на столкновении с отскоком крупных ледяных частиц с мелкими ледяными частицами. Показана возможность генерации больших значений напряженности электрических полей в электроактивной зоне (> 1 кВ/см) в предгрозовой стадии раз-医骨骨骨 化乙酰氨基乙酰氨基乙酰氨基乙酸氨基乙酰氨基乙酸氨基乙酸 вития облака.

Библ. 13.

УДК 551.594

Распределение электрического поля, создаваемого нестационарным током заряжения грозового облака в атмосфере с неоднородной электрической проводимостью. Морозов В. Н. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 51—67.

ensi,asoleops al el altra ela el 18 el 1800 la trata o conella altra el su sparema, el

Представлены расчеты установления стационарного электрического состояния в атмосфере при включении нестационарного тока заряжения грозового облака. Показано существование двух стадий в процессе установления этого состояния, определяемых временем электрической релаксации вблизи земной поверхности. Даны оценки характерных времен, определяющих эти стадии изменения электрического поля, при действии тока заряжения грозового облака.

Библ. 13.

a kipali ila Sa

2499年1月1日日本1月前期1月1日9月1日。

УДК 551.5

К взаимодействию молекулярных ионов естественной атмосферы с поверхностью водяных капель. Клинго В. В., Козлов В. Н. Труды НИЦ ДЗА (фалиал ITO), 2006, вып. 7(555), с. 68—76.

Рассматривается результат столкновения иона с поверхностью водяной капли. Вероятность положительного двухатомного однозарядного иона адсорбироваться (остаться на поверхности водяной капли) равна 0,61. С вероятностью 0,39 положительный ион при столкновении с каплей отразится от ее поверхности. Вероятность отражения отицательного однозарядного иона двухатомной молекулы O_2 от поверхности капли составляет 0,45, вероятность адсорбироваться — 0,48 и вероятность преодолеть скачок потенциала на поверхности и оказаться внутри капли. — 0,07. Кинетика заряжения облачных капель искусственно образованными отрицательными ионами потребует особого рассмотрения.

Библ. 5.

.6 .Rond

нию кзпель на плоском нерастворимом ядре в реальных облачных условиях. пар — вода, но этот вклад слишком мал, чтобы привести к гетерогенному образовайонвдоя вдохэдэп отояогай отоннотого тетерогая и халуу улавэатог перехода воряной электростатическое поле ядеорбированного иона естественного атмосферного возтицах, при чаличии на их поверхности адсорбирозанных конов. Получено, что -эег хиянапсосонатов образование облачных капель на плоских аэрозольных час-

, was a standing of the test test and and a same a contrary was the contrary was the Козлов В. Н. Труды ИМИ ДЗА (филиал ITO), 2006, вып. 7(555), с. 133-138. адре на гегерогенную конденсацию водяного пара в облаках. Клинго В. В., Виняние адсорбирояванного нона на плоском нерастворимом аэрозольном

a he personale and pour apple that a statement of personal and because a statement of the second second second NIR 2212 Constants a set of the state of the nga mwanakana nakanin kutukana katakana kata katakana na sa katakana mingi dari

ют без больших хилиальных жинжений кножение и о рограмме глотствующей требованнам ВМО. Инфраструктура и условия наблюдений позволязов и других компонентов, если станция будет оснащена ациаратурой, соотвене могут обеспечить регулярную информацию о фоновом уровне парниковых га-Результаты обследования показали, что измерения на ст. Пик Терскол впол-

держания озона и УФР, химического состава атмосферных осадков. -оо отэцего компонентов: содержяния парниковых газов, общего соты. В ходе обследования были произведены измерения наиболее важных с точки ры, обеспечивающей условия, необходимые для длительной и непрерывной рабосоте 3000 м, так же как на других станциях, проверялось наличие инфраструктука существенно ослаблено. Кроме того, на ст. Цик Терскол, расположенной на выстанции, расположенные в горах, где влияние биоты и жизнедеятельности человеискажена влияния местных условий. Поэтому для обследования были выбраны ной концентрации парниковых газов, которая в наибольшей стецени может быть тов в радаусе не менее 50 км. Прежде всего, это относится к измерениям приземти человека, а также отсутствие промышленных и других загрязняющих объек--тыл станциям — минимальное влияние местных источников и стоков, деятельносзации длигельных измерений на станциях ГСА. Основное требование к глобальниями ВМО к условиям наблюдений, к инфраструктуре, к возможностам органиной службы атмосферы ВМО. Обследование проводилось в соответствии с требовактов предполагаемого размещения глобальных (региональных) станций Глобаль-Представлены результаты обследования на ст. Пик Терскол — одном из пун-

ский А. М. Труды НИЦ ДЗА (филал ITO), 2006, вып. 7(555), с. 122-132. -нимвлящ "О. З аонаховля Р. А., Тапасханов В. О., Шаламин--и П.,. И. А. и и врамонов. Н. . Першика Н. А., Полицук А. И., При--шэмэдИ .. 8 . Г. азүуляшяс колучет лип — элуүддлскидП. АЛТ йишиягу (хын Обследование предполагаемых, мест размещения плобальных (региональ-

УДК 221-210.534

กล่วง ถูกๆ ผู้สืบเสมอิณหาย หมู่เกมา บริษณณา พรีโตบรรจ

51

241.79

医髂后端 经管理公司 计分子分子系统 医

.4 .nN .2 .ndsT

Рассмотрены возможности переоснащения озонометрической сети Ростидромета приборами современного уровня, в том числе для внедрения измерения ультрафиолетовой редивция. Изложены требования ВМО к аппаратуре, предвазначенной для измерения общего содержаныя озона (ОСО), ультрафиолетовой редиалия (ЧФР) и оптической плотности атмосферного азрозоля (ОПА) на мировой сети. Приведены результаты избораторных и натурных исследований, выполненных в 2002—2004 гг. для разработки комплектых методов измерения, выполненных в 2002—2004 гг. для разработки комплектых методов измерения указансети. Приведены результаты избораторых и методов измерения, выполненных в 2002—2004 гг. для разработки комплексных методов измерения, умето обобе внимание уделено описание прибора и методов измерения у измерения изстранизация. Поряведены результаты опътных спектромето состобобе внимание уделено описание прибора и методов измерения и измерения и нах в 2002—2004 гг. Дриведены результаты опътных истодов измерения и тамерения обобое внимание уделено описание прибора и методов измерения и тамерования удер и ОПА. Особое внимание уделено методу абсолютной калибровки. УФР при измерения у тамерения и на Пике Терскол. Показано, что ультрафиолетовый озонный спектрометр соответствует современным требованиям ВМО к аппаратуре для измерения УФР и особоба внима и реахол. Показано, что ультрафиолетовый озонный спектрометр соответствует современным требованиям ВМО к аппаратуре для измерения УФР и особоба в по ряду позиций и превосходия ати требования.

Ультрафиолеговый озонный спектрометр. Измерения спектрального состава УФ радиации и оптической плотности атмосферного азрозола. Привалов В. И., Шаламянский А. М., Соломатникова А. А., Гулидов С. С. Труды HNII, ДЗА (филаал ITO), 2006, вып. 7(555), с. 106—121.

and and states and a second and a **All Red States** and a second and a second a second and a second and a second a second a second and a second and **All Red States** and a second **All Red States** a second **All Red States** a second a **All Red States** a second a **All Red States** a second a **All New York a second a se**

The state of th

Приводятся данные некоторых измерений естественной ультрафиолетовой рациации на сети мониторинга УФ радиации Росгидромета и результаты их краткого анализа. Рассчитаны и приведены коэффициенты корреляции между некоторыми всличаными УФ радиации, которые оказались близкими к 0.99. Предлоторыми всличаными УФ радиации, которые оказались близкими к 0.99. Предложена методика измерения оптимальной для человека экспозиции УФ-зБ радиаизие с помощью ультрафиолетиствети для человека экспозиции УФ-зБ радианаторияки зомерения оптимальной для человека экспозиции УФ-зБ радиаими с помощью ультрафиолетиствети для человека экспозиции и с санаториях, фотариях, на пляжах и других местах с целью предотвращения нередаторики этой радиации, вредной для здоровья человека.

-ультаты регулярных измёрёний ульграфиолёговой радиастанций России Тущин Г. П., Соколёнко С. А., Лялик. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГТО), 2006, вып. 7(555), с. 77—105.

えらた やけい パインウィー

УДК 551.594

Опыт совместных наблюдений за грозами грозопеленгатором-дальномером и метеорологическим радиолокатором. Снегуров А. В., Снегуров В. С., Шаповалов А. В., Щукин Г. Г. Труды НИЦ ДЗА (филиал FTO), 2006, вып. 7(555), с. 139—148.

ひょうしゅがいん

-55.265 NOV

Рассмотрены данные совместных наблюдений за грозами метеорологическим радиолокатором МРЛ-5 и грозопеленгатором-дальномером. Предварительные данные обработки показали, что применение одного пеленгатора, совмещенного с МРЛ, не дает значительного эффекта. Увеличение эффективности наблюдений с помощью МРЛ-5 возможно при использовании высокоточных систем местоопределения грозовых разрядов, в ближней зоне до 80—100 км — однопунктовых грозопеленгаторов-дальномеров со специальной обработкой сигналов, в зоне до 200—300 км — многопунктовых систем местоопределения грозовых разрядов.

Табл. 2. Библ. 7.

1. 51 37 F1 52 17 5 5 10 1 1 1

УДК 551.594

К методике исследования временных форм близких атмосфериков. Снегуров А. В., Снегуров В. С. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 149—157.

133249 208.8.8.6

Дано краткое описание аппаратуры, методики измерений и обработки данных по регистрации временных форм близких атмосфериков. Табл. 7. Библ. 7.

Charles and Alexin Constraints Lower Product

УДК 551.5

Численные эксперименты по активному воздействию на туман кристаллизующим реагентом. Пискунова Е. Г., Шаповалов А. В. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 158—167.

Работа посвящена численному анализу эффективности рассеяния переохлажденных туманов внесением искусственных кристаллов. Расчеты проведены с применением детальных уравнений микрофизики системы капель и ледяных кристаллов. В каждом варианте задавались характеристики тумана, метеорологические параметры и параметры источника ледяных частип. На основе модели рассчитывалось изменение со временем концентрации и размеров капель и ледяных кристаллов, а также метеорологической дальности видимости. Приведены методика и некоторые результаты расчетов для источников искусственных ледяных частиц различной мощности.

Табл. 2. Библ. 13.

УДК 551.501.8

Метеорологическая дальность видимости при снегопадах по данным МРЛ в аэропорту Томск. Бычкова Л. Н., Слуцкий В. И. Труды НИЦ ДЗА (филиал ITO), 2006, вып. 7 (555), с. 168—175.

Приводятся результаты комплексного анализа радиолокационной отражаемости и метеорологической дальности видимости (МДВ) при снегопадах, различных по виду и интенсивности, на основе материалов АМСГ Томск. В итоге представлены переводные таблицы, на входе которых — градации радиолокационной отражаемости, а на выходе — градации МДВ с учетом вида снегопадов. Полученные результаты используются в оперативной работе метеорологического радиолокатора (МРЛ-5) для холодного и переходных сезонов года. Вибл. 7. Табл. 5.

УДК 551.594

Экспериментальные исследования тока механического переноса. Петров А. И., Петрова Г. Г., Панчишкива И. Н. Труды НИЦ ДЗА (филиал ITO), 2006, вып. 7(555), с. 176—181.

Приводятся результаты экспериментальных исследований плотности тока механического переноса и плотности тока проводимости в зависимости от высоты на берегу оз. Байкал и в с. Михайловка (Ростовской обл.). Рассчитывается суточный ход плотности тока механического переноса, величина которого сравнима по величине с плотностью тока проводимости.

Ил. 2. Библ. 4.

VIR 551 594 (de la la de Antoni Meri Pris de trève produce esteres de serve

Физико-статистический анализ атмосферно-электрических характеристик приземного слой. Петров А. И., Петрова Г. Г., Панчишкина И. Н., Кудринская Т. В. Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2006, вып. 7(555), с. 182—190.

I THE REPORT OF THE AND ADDRESS AND ADDRESS AND ADDRESS ADDRESS ADDRESS ADDRESS ADDRESS ADDRESS ADDRESS ADDRESS

12. C. S. E. C. 1868

sent de miner e l'al de la desta de marchen de la complete de la complete de la complete de la complete de la c

Приводятся результаты физико-статистических исследований полярных электропроводностей вблизи земной поверхности на территории Ростовской области. Построены эмпирические кривые распределения частот положительной и отрицательной электропроводностей, а также вертикальные профили этих величин.

Ил. 3. Библ. 12.