

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, ГРОЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ В ГРУЗИИ

¹Бериташвили Б.Ш., ²Блиадзе Т.Г., ¹Мкурналидзе И.П., ³Трофименко Л.Т.,
⁴Хоргуани Ф.А., ⁵Хуродзе Т.В., ²Чанкветадзе А.Ш., ⁶Чумбуридзе З.А.

¹*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета*

²*Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, 0160, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, tamuna.b813@yahoo.com*

³*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации— Мировой центр данных»*

⁴*ФГБУ Высокоточный геофизический институт, Нальчик, КБР РФ*

⁵*Институт прикладной математики им. Н. Мухелишвили Грузинского технического университета*

⁶*Школа «21-й Век» им Л. Маргвелашвили*

В научной деятельности А.И. Карцивадзе важное место занимали вопросы изучения электрических процессов в атмосфере. В семидесятые годы прошлого столетия Институт геофизики АН Грузии совместно с Ленинградским гидрометеорологическим институтом (ЛГМИ) в Алазанской долине проводил систематические исследования грозовых облаков с использованием радиолокационных станций сантиметрового, дециметрового и метрового диапазона. По данным многочисленных данных изучены характеристики грозовых разрядов, и исследована их энергетика, изучены особенности собственного предгрозового электромагнитного излучения облаков [1-5].

Параллельно в начале-середине семидесятых годов прошлого столетия проводились самолетные исследования электрических характеристик атмосферы и конвективных облаков. По этим данным была построена экспериментальная электрическая модель конвективных облаков; изучена электризация самолета в атмосфере и облаках, и найдена связь этой величины с пульсациями температуры; изучена связь электризации самолета в свободной атмосфере с содержанием в ней аэрозолей; исследована взаимосвязь пульсаций температуры в облаках с напряженностью электрического поля; установлено влияние аэрозольного загрязнения атмосферы на характер вертикального распределения в ней напряженности электрического поля и др. [6-11].

В конце семидесятых – первой половине восьмидесятых годов прошлого столетия Институтом геофизики, Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова, Ленинградским гидрометеорологическим институтом и Службой борьбы с градом в Алазанской долине были развернуты обширные полевые исследования по реализации крупномасштабных экспериментов по комплексному изучению грозовых явлений и разработке средств и методов искусственного воздействия на них [12].

На основании лабораторных и полевых (наземное и самолетное воздействие) были проведены оценки норм расхода кристаллизующих реагентов и поверхностно-активных веществ при воздействии на конвективные облака для изменения их электрического состояния [13-18], изучены связи между радиолокационными и электрическими характеристиками подвергнутых и неподвергнутых воздействию кристаллизующим реагентом грозовых облаков [19-24].

В результате этих исследований в частности было установлено, что на один положительный разряд в среднем приходился заряд в 37 Кл, а на один отрицательный – 32 Кл. Средняя величина заряда, приходящаяся на один молниевый разряд по абсолютному значению составляла около 33 Кл. Отрицательные заряды переносятся в среднем с высоты 6.5 км, а положительные с высоты 7.5 км. Соотношение между числом внутриоблачных и наземных разрядов составляет 2.16. Средняя в сезон интенсивность суммарного числа внутриоблачных и наземных разрядов в условиях составляет $(1.7 \pm 0.35) \cdot 10^{-3}$ разряд \cdot мин⁻¹ \cdot км².

Разработана опытная методика воздействия на грозовые облака с использованием штатных средств противогордовой защиты. Положительного эффекта воздействия удалось достичь в 53% случаев, в 22% случаев эффект был отрицательным и в 25% случаев - неопределенным. Для существенного ослабления грозовой деятельности облаков в диапазоне $10 < H_m < 12.8$ км в среднем необходимо вводить в облако в течение не менее 20 мин. изделия "Алазани" с интенсивностью J не менее 4 ракет/мин. Для существенного подавления грозовой активности облаков с $8 < H_m < 10$ км достаточно в среднем вводить в облако не менее 2 ракет/мин. в течение не менее 13 мин. При невысокой интенсивности введения реагента в облака происходит рост молниевой активности примерно на 15% ($J = 2$ ракеты/мин). С повышением интенсивности введения реагента в облака происходит уменьшение грозовой активности, которая достигает минимума при $J = 7$ ракет/мин и более. Указанные нормы расхода реагента подтверждаются результатами лабораторных экспериментов и опытами по воздействию на небольшие конвективные облака с борта летающей лаборатории [19-24].

Были получены эмпирические связи частоты молниевых разрядов и величин зарядов, вовлеченных в молниевый разряд, с максимальной высотой радиолокационной отражаемости облаков, радиолокационным критерием грозоопасности, комплексным радиолокационным критерием градоопасности. С учетом этих связей и данных о радиолокационных параметрах конвективных облаков построена карта распределения наземных молниевых разрядов для Кахетии. Проведена классификация облаков по интенсивности их грозовой деятельности для условий Алазанской долины. На основании данных радиолокационных наблюдений построены подробные карты распределения над территорией Кахетии радиолокационного критерия грозоопасности, максимальной высоты радиоэха конвективных облаков; проведена оценка влияния высоты местности на логарифм множителя максимальной радиолокационной отражаемости и грозовую активность конвективных облаков и др.

Созданы эмпирические модели распределения грозовых облаков с вертикальной мощностью более 6 км и плотности молниевых разрядов на Землю для территории Кахетии. Количество облаков в сезон на площади 25 км² меняется от 3 до 35 при среднем значении 11.7, а число наземных молниевых разрядов от 13 до 377 при среднем значении 91. С высотой происходит рост числа грозовых зон и плотности разрядов на Землю. Плотность наземных молниевых разрядов в течение одного дня с грозой составляет 2.15 ± 0.43 разряда на 25 км² в день, а для общего числа наземных и внутриоблачных разрядов – 6.8 ± 1.4 разряда на 25 км² в день. Подавляющее количество молниевых разрядов приходится на грозовые зоны с максимальной высотой радиоэха H_m от 8 до 12 км (около 87%). Наибольшая повторяемость значений H_m приходится на диапазон высот от 9 до 10 км, тогда как наибольший вклад в количество молниевых разрядов дают грозовые зоны с H_m от 10 до 11 км. Градоопасные облака с вероятностью выпадения града более 40% дают около 55% вклада в общую разрядную деятельность [19,20,24-28].

За последние три десятилетия были продолжены исследования атмосферного [24,29-31] и грозового электричества, грозовых процессов, их изменчивости во времени [24,32-42], связи грозовых и градовых процессов [24,43]. Были изучены связи атмосферного электричества с землетрясениями [44-45]. К указанным исследованиям добавились работы по изучению влияния антропогенного воздействия, в том числе и загрязнения атмосферы, на эти процессы [46-57]. Изучены экологические аспекты параметров атмосферного электричества (электропроводность воздуха, концентрация легких ионов в атмосфере), их связи со здоровьем людей, возможностей использования этих параметров, как важного биоклиматического фактора в аспекте лечебно-реабилитационного действия, для повышения курортно-туристического потенциала Грузии [58-66].

Проведено детальное исследование статистической структуры средних месячных и полугодовых значений суммарной электропроводности воздуха (ЭВП) в Душети и метео-геофизических факторов, влияющих на ее изменчивость (аэрозольная оптическая толща атмосферы в Тбилиси; бета-радиоактивные выпадения в Грузии; упругость, содержание водяного пара и относительная влажность воздуха; скорость ветра; температура воздуха и поверхности почвы; продолжительность солнечного сияния; атмосферные осадки) в период с 1966 по 1990 гг. В частности получены следующие результаты [24,29-31].

Тренды средних полугодовых и годовых значений ЭВП отрицательные, линейные. Динамика изменчивости положительной электропроводности воздуха в Душети практически аналогична динамике изменчивости суммарной электропроводности. Соотношение между ними для различных периодов года составляет примерно 50%.

Проведено исследование парных и множественных линейных корреляционных и регрессионных связей годовых и полугодовых значений электропроводности воздуха с указанными выше метео-геофизическими параметрами.

Рассмотрены две модели регрессии между ЭВП с этими параметрами. Первая модель - простая множественная линейная регрессия между измеренными значениями рядов наблюдений. Вторая модель – интегральная множественная линейная регрессия, одной из независимых переменных в которой является время, а остальные – случайные составляющие соответствующих метео-геофизических факторов. Показано преимущество второй модели перед первой. В частности, в соответствие с ней изменчивость одной из независимых переменных в пределах вариационного размаха при неизменности остальных приводит к следующей изменчивости ЭВП.

По годовым данным: время (годы) – 24.1 %, аэрозольная оптическая толща атмосферы АОТ в Тбилиси (случайная компонента) – 7.6 %, бета-радиоактивные выпадения (случайная компонента) – 12.1 %, содержание водяного пара – 14.3 %, скорость ветра (случайная компонента) – 4.6 %, температура поверхности почвы – 6.9 %, продолжительность солнечного сияния (случайная компонента) – 8.1 %.

Для теплого полугодия: время (годы) – 28.9 %, бета-радиоактивные выпадения (случайная компонента) – 20.3 %, содержание водяного пара – 20.0 %, скорость ветра (случайная компонента) – 3.7 %, температура воздуха – 3.5 %.

Для холодного полугодия: время (годы) – 17.9 %, АОТ (случайная компонента) – 14.9 %, содержание водяного пара – 0.6 %, скорость ветра (случайная компонента) – 12.4 %, температура поверхности почвы – 3.5 %, количество атмосферных осадков (случайная компонента) – 0.9 %.

Получено, что изменчивость дневных значений аэрозольной оптической толщи в атмосфере АОТ в Тбилиси в пределах вариационного размаха может приводить к изменчивости ЭВП от 8.1 % до 28.6 %. Во время северного ветра отмечается рост электропроводности воздуха в Душети и уменьшение загрязненности атмосферы в Тбилиси. Наличие корреляционных связей между АОТ и ЭВП подтверждает репрезентативность АОТ для характеристики загрязненности приземного воздуха.

Изучена статистическая структура и пространственно-временные характеристики числа дней с грозой, связи продолжительности гроз с числом дней с грозами, особенности многолетней динамики интенсивности грозовых процессов на территории Грузии. Рассмотрены особенности пространственно-временного распределения числа дней с грозой по территории Грузии и ее климатическим зонам. Приведена карта трендов числа дней с грозами на территории Грузии за теплые периоды 1936-1962 и 1963-1990 гг. [24, 32-40].

Рассмотрены особенности изменчивости числа дней с грозами в теплое полугодие Р в условиях Грузии в период с 1941 по 1990 гг. При анализе были использованы данные 115 метеостанций. За исследуемый период картина изменчивости числа дней с грозами по отдельным метеостанциям следующая: рост Р отмечался на 43 станциях, уменьшение - на 18, неизменность – на 54 станциях. То есть, по отдельным станциям превалировало отсутствие изменчивости Р.

На территории Западной Грузии среднее в теплое полугодие число дней с грозами меньше, чем в Восточной для всех указанных выше периодов времени (соответственно 32.1 и 37.3). Сравнение двух 20-летних периодов времени 1941-1960 и 1941-1990 гг. показало, что в

общем изменчивость числа дней с грозами как для всей территории Грузии в целом, так и для ее Восточной и Западной частей незначительная.

Линейная корреляция между средним на одну метеостанцию числом дней с грозами в теплое полугодие в Восточной P_E и Западной Грузии P_W достаточно высокая для всех указанных трех периодов времени (R не менее 0.69). Отношение P_E/P_W составляет для 1941-1990 гг. 117 %, 1941-1960 гг. – 114 %, 1971-1990 гг. – 122 %. То есть, в Восточной Грузии по отношению к Западной Грузии, произошел некоторый рост числа дней с грозами в 1971-1990 гг. по сравнению с 1941-1960 гг.

Временные ряды P_W , P_E и P практически устойчивы во времени и не имеют выраженной тенденции к росту или убыванию. Имеется незначительная тенденция роста со временем отношения P_E/P_W [24, 32-40].

Позднее в результате анализа данных 148 метеорологических станций Грузии о числе дней с грозами в период с 1891 г. по 2006 г. были получены уточненные значения среднего числа дней с грозами в год для каждой метеостанции, построена карта распределения периодичности среднегодовой величины количества гроз над территорией Грузии, оценены значения числа молниевых разрядов на Землю как для каждой метеостанции, так и для 12 административных регионов Грузии, изучена зависимость грозовой активности от высоты местности и др. [41,42].

Исследованы связи грозовых процессов с градовыми. Показано, что для территории Грузии в целом и ее западной и восточной частей между средним на метеостанцию числом дней с градом и грозами в 1941-1990, 1941-1960, 1971-1990 гг. в основном наблюдалась значимая положительная линейная корреляционная связь. В период с 1941 по 1990 гг для указанных территорий отмечаются отрицательные тренды градообразующего фактора гроз (отношение числа дней с градом к числу дней с грозами). При этом выявлено, что в первый период времени (1941-1960, низкий уровень загрязненности атмосферы) между градообразующим фактором гроз и числом дней с грозами наблюдалась обратная корреляционная связь, которая изменилась на прямую во второй период времени (1971-1990, высокий уровень загрязненности атмосферы, активные воздействия на облака) [24,43].

Выявлены эффекты землетрясений в изменчивости содержания почвенного радона и электропроводности воздуха в условиях Грузии. В частности получено, что за неделю до апрельского 2002 года землетрясения в Тбилиси отмечался резкий рост содержания почвенного радона. После недели с землетрясением произошло резкое его падение в почвенном воздухе. Отношение максимального содержания почвенного радона (неделя с землетрясением) к его среднему значению до землетрясения изменялось от 1.4 (Делиси) до 4.1 – 4.2 (соответственно Поничала и Мамкода). Во время землетрясения происходит также рост ЭПВ. В ряде случаев резкий рост ЭПВ наблюдается за день до землетрясения. Иногда этот рост отмечается в день с землетрясением, или днем позже. Делается вывод о перспективности использования данных о почвенном радоне и параметрах атмосферного электричества в качестве возможных предвестников землетрясений в условиях [44,45].

Изучено влияния аэрозольного загрязнения воздуха (в том числе и радиоактивного) на изменчивость параметров атмосферного электричества в условиях Восточной Грузии. В частности, как было показано выше, исследование статистической структуры и долговременных изменений электрической проводимости воздуха в Душети и их связей с некоторыми метеорологическими и геофизическими факторами показало, что антропогенное загрязнение атмосферы оказало существенное влияние на уменьшение электропроводности воздуха в период с 1966 по 1990 гг. [24, 29-31].

Исследовано влияние антропогенного загрязнения атмосферы (включая активные воздействия на градовые облака) на изменчивость грозовых процессов [24,46-55].

Получена эмпирическая модель связи сезонной продолжительности гроз в Телави с количеством введенного в облака реагента и уровнем бета-радиоактивных выпадений. Показано, что в целом в годы с воздействием (1967-1984) значения числа дней с грозами и продолжительность гроз в Телави не меняются, происходит рост средней продолжительности грозового дня. В сезоны с бета-радиоактивным фоном менее $3.0 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{сутки}$ (8 сезонов) число дней с грозами в Телави не меняется, растут продолжительность гроз в сезон и продолжительного грозового дня. В сезоны с бета-радиоактивным фоном более $3.0 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{сутки}$

(10 сезонов) в Телави отмечается уменьшение числа дней с грозами, неизменность сезонной продолжительности гроз и рост продолжительности грозового дня.

Рост загрязненности атмосферы в Телави и Тбилиси способствует увеличению сезонной продолжительности гроз. При этом высокий радиоактивный фон ($B > 3.0$ Бк/м²·сутки) препятствует этому росту при уровнях загрязненности атмосферы в Тбилиси со значениями АОТ до 0.140-0.150 и в Телави 0.120-0.130.

Зависимости средних по пятилеткам в период с 1948 по 1982 гг значений продолжительности грозового дня P_d от аэрозольной оптической толщи атмосферы для Тбилиси и Душети описывается полиномом четвертой степени, а для Телави – третьей степени. В частности, в Тбилиси с ростом АОТ до значений 0.150-0.160 увеличивается и P_d с 1.2 до 2.2 час. С увеличением загрязненности атмосферы до АОТ = 0.180 продолжительность грозового дня убывает до 1.5 час. То есть, возможно, срабатывает эффект “перезасева”.

Проведены оценки влияния параметров аэрозольного загрязнения атмосферы (АОТ в Тбилиси, B - бета-радиоактивные выпадения, ЭПВ в Душети) на такие характеристики грозовых процессов, как количество молниевых разрядов Y и их интенсивность N , логарифм множителя максимальной радиолокационной отражаемости облаков LgZ_m , радиолокационный параметр грозоопасности R_c . Эмпирические модели связи интенсивности грозовых процессов с аэрозольным загрязнением атмосферы получены на основании парного и множественного линейного и нелинейного корреляционного и регрессионного анализов данных.

Связь числа молниевых разрядов в Душети с АОТ в Тбилиси описывается полиномом второй степени. С ростом АОТ от 0.120 до 0.170 количество разрядов убывает примерно от 6000 до 2800. Затем, с ростом АОТ от 0.170 до 0.210 число разрядов в сезон увеличивается до 4000.

Связь числа молниевых разрядов с ЭПВ также описывается полиномом второй степени. В данном случае при изменении ЭПВ от $31 \cdot 10^{-15}/\text{ом} \cdot \text{м}$ до $40 \cdot 10^{-15}/\text{ом} \cdot \text{м}$ число разрядов меняется слабо. Дальнейший рост ЭПВ до $48 \cdot 10^{-15}/\text{ом} \cdot \text{м}$ приводит к увеличению числа разрядов примерно от 2000 до 8000 в сезон.

Связь между числом молниевых разрядов и B имеет вид полинома третьей степени. При значениях $B \leq 3.0$ Бк/м²·сутки вариации числа разрядов большие и связь их с B не прослеживается. Однако с дальнейшим ростом B отмечается и рост количества разрядов. Так, число грозовых разрядов в Душети увеличивается от 2000 до 8000 при росте B от 6 до 15 Бк/м²·сутки.

Связь интенсивности молниевых разрядов в Душети с АОТ в Тбилиси описывается полиномом четвертой степени. С ростом АОТ от 0.110 до 0.125 интенсивность молниевых разрядов уменьшается с 115 разр/час до 40 разр/час. Затем при изменении АОТ от 0.125 до 0.185 интенсивность молниевых разрядов меняется слабо. При дальнейшем росте АОТ от 0.185 до 0.195 интенсивность грозовых разрядов увеличивается от 30-40 разр/час до 70 разр/час.

Связь интенсивности молниевых разрядов с B описывается полиномом третьей степени. В данном случае при изменении B от 1.5 до 10 Бк/м²·сутки интенсивность разрядов меняется слабо. С дальнейшим ростом B до 20 Бк/м²·сутки интенсивность молниевых разрядов увеличивается примерно с 60 до 100 разр/час. Последующее увеличение бета-радиоактивного фона до 26 Бк/м²·сутки связано с уменьшением интенсивности молниевых разрядов со 100 до 50 разр/час.

Связь продолжительности грозового дня в Душети P_d с АОТ в Тбилиси по данным месячных наблюдений (1971-1973 гг) описывается полиномом второй степени. С ростом АОТ от 0.110 до 0.150-0.160 значение P_d убывает примерно с 170 мин. до 115 мин. Дальнейший рост АОТ от 0.160 до 0.195 связан с увеличением продолжительности грозового дня с 115 мин. до 140 мин.

Соотношение между продолжительностью грозового дня и B имеет вид полинома третьей степени. С увеличением B от 1.5 до 10 Бк/м²·сутки значение P_d растет примерно от 90 мин. до 140 мин. В диапазоне значений B от 10 до 20 Бк/м²·сутки продолжительность грозового дня меняется слабо. Дальнейший рост B до 26 Бк/м²·сутки связан с увеличением P_d до 180 мин.

Связь LgZ_m с АОТ в Телави описывается полиномом третьей степени. С ростом АОТ от 0.090 до 0.180 значение LgZ_m уменьшается примерно с 2.7 до 2. Затем при росте АОТ от 0.180 до 0.230 величина LgZ_m растет от 2 до 2.6.

Характер связи радиолокационного параметра грозоопасности с АОТ аналогичен связи LgZ_m с АОТ. Вначале с ростом АОТ от 0.090 до 0.170 значение R_t убывает примерно с 16 до 10. Затем при росте АОТ от 0.170 до 0.230 величина R_t слабо растет от 10 до 12.

Связь LgZ_m с В имеет вид полинома третьей степени. В данном случае при изменении В от 1 до 10 Бк/м²·сутки значение LgZ_m слабо убывает примерно от 2.4 до 2.2. С дальнейшим ростом В до 16 Бк/м²·сутки величина LgZ_m увеличивается примерно с 2.2 до 3.0.

Характер связи радиолокационного параметра грозоопасности с В аналогичен предыдущему случаю и также имеет вид полинома третьей степени. В данном случае при изменении В от 1 до 6 Бк/м²·сутки значение R_t слабо убывает примерно от 13 до 11. С дальнейшим ростом В до 16 Бк/м²·сутки величина R_t увеличивается примерно с 11 до 14.5.

Представлены также примеры моделей двумерных нелинейных зависимостей параметров грозовой активности от АОТ и В. Показано, что в целом эти связи имеют достаточно сложный характер. Загрязнение атмосферы в зависимости от его характера и уровня может приводить как к росту, так и к уменьшению интенсивности грозовых процессов [24,46-55].

Предложена концепция взаимодействия облачности с аэрозолями [2,24,56]. В концепции отмечается разнообразие взаимосвязей между процессами, протекающими в облаках и безоблачной атмосфере. С одной стороны аэрозоль, модифицируясь в атмосфере и попадая в облачную среду в результате увлажнения или взаимодействия с облачными каплями, способствует образованию ледяных ядер и кристаллов. Изменение фазового состояния облачной среды приводит к изменению ее электрической активности (внутриоблачные, межоблачные, наземные разряды). Разрядная деятельность изменяет химический состав облачной среды (образование озона, окислов азота и др.), а также непосредственно действует на образование твердой фазы в облаках. Указанные газы вместе с радоном, окислами серы и др. компонентами в условиях высокой увлажненности и космической ионизации приводят к интенсивной генерации ядер конденсации. Конденсация на этих ядрах водяного пара приводит к локальным пересыщениям и активации инактивных ядер в межкапельной среде и образованию ядер кристаллизации и ледяных кристаллов, то есть опять-таки к изменению фазового состояния облачной среды. Одновременно действие высоких концентраций озона на инактивные аэрозоли почвенного происхождения в межкапельном пространстве активизирует их в смысле льдообразования. Фазовые переходы и процессы ионизации приводят к изменению электрической активности облака и цикл повторяется снова.

Пробивая тропопаузу мощные вертикальные потоки воздуха могут переносить в стратосферу значительные количества водяного пара, аэрозолей, озона, окислов азота, серы и других примесей. Таким образом, мощные конвективные и грозовые облака могут вносить существенный вклад в изменение химического состава атмосферы, содержания в ней аэрозолей.

Совокупное взаимодействие молниевой активности облаков, ионизации воздуха, их аэрозольного и химического состава в зависимости от содержания и вида последних может приводить как к интенсификации осадков (в том числе и твердых), так и к уменьшению их. Первое, в частности, возможно, когда освоение влаги ядрами конденсации и кристаллизации приводит к образованию крупнокапельной или капельно-кристаллической системы, способствующей дальнейшему быстрому коагуляционному росту облачных элементов. Второе может происходить при чрезмерном образовании ядер конденсации и кристаллизации (например, в сильно загрязненной местности), когда в результате освоения ими влаги создается мелкодисперсная капельная или капельно-кристаллическая система, затрудняющая дальнейший коагуляционный рост облачных частиц и выпадение жидких и твердых осадков (так называемый эффект “перезасева”).

Поэтому в соответствии с этой концепцией не следует ожидать прямых связей между грозовой и градовой активностями, осадками и аэрозольно-газовыми загрязнениями атмосферы и др. Указанные взаимосвязи должны характеризоваться региональными особенностями, обусловленными как физическими условиями процессов образования облачности, так и

количеством и видом аэрозольно-газового загрязнения воздуха (в том числе размерами, химическим составом и конденсационной и льдообразующей активностью твердых минеральных и антропогенных частиц аэрозолей, могущих оказывать существенное влияние на образование крупных капель и зародышей градин).

Авторами отмечается, что данная концепция не претендует на завершенность и предусмотрено ее дальнейшее развитие [2,24,56].

Выявлен эффект влияния Ингурского водохранилища на продолжительность гроз П, которая в период с 1981 по 1987 гг., по сравнению с фоновой станцией Кутаиси, по данным метеостанции Джвари, в среднем за сезон увеличилась на 77%. Этот эффект проявляется с июля по октябрь месяцы и максимален в октябре, когда рост П, по сравнению с Кутаиси, составляет 161%. В июле этот рост составляет 72%, в августе – 44%, в сентябре – 138% [57].

В последние годы особое внимание уделяется экологическим аспектам параметров атмосферного электричества (электропроводность воздуха, концентрация легких ионов в атмосфере), изучению влияния их на здоровье людей, особенно в условиях сильно загрязненной атмосферы города Тбилиси. Помимо этого рассматриваются возможности использования этих параметров, как важного биоклиматического фактора в аспекте лечебно-реабилитационного действия, для повышения курортно-туристического потенциала Грузии [58-65].

В частности, проведено исследование изменчивости среднемесячных значений ЭПВ как фактора чистоты атмосферы, и оценено ее влияние на здоровье людей. Временной ход среднемесячных значений ЭПВ(+) в 1966-1990 гг для всех месяцев удовлетворительно аппроксимируется линейным уравнением. Наибольшая скорость убывания ЭПВ(+) отмечалась в августе, а наименьшая – в декабре. Существенной разницы в значениях и динамике изменчивости среднемесячных значений ЭПВ(+) и ЭПВ(-) нет, коэффициент униполярности близок к единице. Для всех месяцев в исследуемый период значение ЭПВ(+) было выше минимально необходимого для здоровья человека. ЭПВ(-) для зимних, весенних и осенних месяцев в большинстве случаев была меньше указанного уровня. В холодное полугодие наибольшую роль в вариациях среднемесячной декадной смертности в Тбилиси по поводу сердечно-сосудистых заболеваний в пределах вариационного размаха по сравнению с другими метео-геофизическими факторами играют вариации ЭПВ (или числа легких ионов в воздухе) – 23.3%. В теплое полугодие эта роль незначительна (2.9 %) [58].

Было проведено широкомасштабное изучение содержания легких ионов в городской и экологически чистой местности в Грузии. В частности показана существенная разница в уровне загрязненности воздуха в Тбилиси и других населенных пунктах Грузии [59-61].

В частности, в Тбилиси в 2010-2011 гг. среднедневная концентрация легких ионов N на территории термабарокамеры Института геофизики менялась от 906 см^{-3} в 9 час до 1063 см^{-3} в 15 час, при среднем значении 991 см^{-3} ; минимальное значение N составляло 215 см^{-3} в 9 час, максимальное - 3397 см^{-3} в 15 час. Коэффициент линейной корреляции между среднедневными концентрациями легких ионов и их часовыми значениями достаточно высок (0.77-0.85). Максимум распределения концентрации легких ионов по данным за год и в холодное полугодие приходится на диапазон $601-1000 \text{ см}^{-3}$ (45.1 % и 46.8 % соответственно), а для теплого полугодия – на диапазон $1001-1400 \text{ см}^{-3}$ (43.4 %).

При среднедневной суммарной концентрации легких ионов менее 600 см^{-3} (очень загрязненная атмосфера) в Тбилиси по данным вызовов скорой медицинской помощи наблюдался рост госпитализации пациентов. За исследуемый период времени таких дней было около 80 [59-61].

Представлены результаты исследований концентрации легких аэроионов в некоторых курортных и туристических зонах Грузии [62-66]. В частности, приведены данные о суммарной концентрации ионов в Боржомском парке и прилегающих к нему территориях, включая ущелье реки Боржомула. Показано, что вблизи реки можно найти достаточно мест, пригодных для ионотерапии. Аналогичная ситуация и для других мест курорта Боржоми - лес вблизи «Мцване монастыри», берег реки Кура и др. В Тбилиси, несмотря на высокую загрязненность воздуха, также можно найти места, пригодные для отдыха и реабилитации - территории ботанического сада, парк Мамкода, Тбилисское море, Черепашье озеро и др. [63,64].

Представлены некоторые новые данные о содержании легких ионов в воздухе села Мухури (Западная Грузия) и на озере Базалети, полезные для развития курортно-туристического потенциала этих местностей [65,66]. В частности, результаты измерений концентрации легких ионов в воздухе около берега реки Хобисцкали, в Шурубумской карстовой пещере и в лесу показали перспективность развития в указанной местности ионотерапии. Отмечается, что для лечебного и оздоровительного туризма пригодны все месяцы года [65].

Содержание легких ионов на озере Базалети и в пределах нескольких сотен метров от него выше минимально необходимой для здоровья людей нормы, тогда как в Душети концентрация ионов ниже минимально необходимой [66], что согласуется с ранее проведенными исследованиями электропроводности воздуха в Душети [58].

Предлагается в дальнейшем провести более детальные исследования содержания ионов в воздухе в различных районах Грузии, что позволит повысить эффективность курортно-туристического потенциала государства.

Новый этап развития исследований грозовых процессов связан с возобновлением работы Противоградовой службы в Грузии (Кахетия). Современный метеорологический радар, обеспечивающий радиолокационный мониторинг облачности, позволит получить новую информацию о грозовых процессах в Восточной Грузии [67-69].

Литература

1. Качурин Л.Г., Карцивадзе А.И., Дивинский Л.И., Мазур В.Д., Дореули Р.И. Радиолокационные наблюдения за грозовыми очагами в кучевождевых облаках. Тр. Ленинградского Гидрометеорологического ин-та, вып.54, Вопросы эксп. Физ. атм., Л., Гидрометеиздат, 1975.
2. Качурин Л.Г., Карцивадзе А.И., Дивинский Л.И., Мазур В.Д., Дореули Р.И. Радиолокационные характеристики грозовых облаков в сантиметровом и метровом диапазоне радиоволн. Тр. I Всесоюзн.симп. по атм.электр., Л., Гидрометиздат, 1976.
3. Качурин Л.Г., Карцивадзе А.И., Дивинский Л.И., Мазур В.Д., Иванов Б.Д., Попов Л.К. Некоторые характеристики электромагнитного излучения атмосферных разрядов в метровом диапазоне. Всес.симп. по радиопиз. исслед. атм., Л., Гидрометиздат, 1977.
4. Качурин Л.Г., Карцивадзе А.И., Дивинский Л.И., Иванов Б.Д. Эволюция фронтальных грозовых очагов (по радиолокационным наблюдениям в метровом и сантиметровом диапазоне длин волн). Известия АН СССР, Физика атмосферы и океана, том 15, М., 1979.
5. Иванов Б.Д., Осипов Ю.Г., Карцивадзе А.И. Активная и пассивная радиолокация грозовых зон во фронтальной облачности. Безопасность полета в условиях опасных внешних воздействий. Тр. Всесоюзн. науч. тех. конф., Киев, 1981.
6. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г. Взаимосвязь напряженности электрического поля с температурными пульсациями в кучевых облаках. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 44, Тбилиси, "Мецниереба", 1978, с. 99-105.
7. Kartsivadze A.I., Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Nodia A.G. The result of aircraft investigations of the cumulus cloud electrical characteristics. Journ. de Rech. Atm., v. 13, N 4, oct.-dec., 1980, p. 339.
8. Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Нодия А.Г. Результаты самолетных исследований электрических характеристик кучевых облаков. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т.49, Тбилиси, "Мецниереба", 1982, с. 68-75.
9. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Махарашвили А.З. Заряжение самолета ИЛ-14 в свободной атмосфере в зависимости от содержания аэрозолей. Сб. Атмосферное электричество, Тр. 3-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Тарту, Эстония, 28-31 октября 1986, Л., Гидрометеиздат, 1988, с. 264-265.
10. Amiranashvili A.G., Nodia A.G. Some Results of Investigation of IL-14 Airplane Electrization in Clouds and Atmosphere. Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, v. 1, 2003, p.159-160.
11. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Nodia A. - Changeability of the Atmospheric Electric Field Vertical Distribution in the Lower Troposphere and its Connection with the Aerosol Pollution, Proc. 13th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Beijing, China, 13-18 August 2007.

12. Степаненко В.Д., Имянитов И.М., Богачук В.С., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Бохашвили В.А., Саркисова Л.С., Салуквадзе Т.Г., Качурин Л.Г., Дивинский Л.И., Иванов Б.Д., Осипов Ю.Г. Предварительные результаты опытов по воздействию на грозовые процессы льдообразующим реагентом. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 49, Тбилиси, "Мецниереба", 1982, с. 13-44.
13. Карцивадзе А.И., Гзиришвили Т.Г., Окуджава А.М., Чиабришвили Н.Ш., Нодия А.Г., Варамашвили Н.М., Мирцхулава М.К., Имянитов И.М., Чубарина К.В., Климин Н.Н., Морозов В.Н., Мордовина Л.С., Фабер О.А. Лабораторные опыты по электризации облачных элементов в результате взаимодействия разнородных частиц. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 49, Тбилиси, "Мецниереба", 1982.
14. Imianitov M., Stepanenko V., Kachurin L., Kartsivadze A. Study of the Basic mechanism of Cumulonimbus Organized Electrification by Affecting their Electrical state. Papers presented at the fourth WMO scient. Confer. On Weather modification. A joint WMO/IAMAP sympos., Honolulu, Hawaii, USA, 1985.
15. Дьяконова И.Н., Имянитов И.М., Карцивадзе А.И., Климин Н.Н., Мордовина Л.С., Морозов В.Н., Фабер О.А., Чубарина Е.В. Лабораторное моделирование процессов контактной электризации облачных частиц. Л., Гидрометеиздат, 1985.
16. Amiranashvili A., Gzirishvili T., Nodia A. Some results on laboratory modelling of cloud electrification processes when it is influenced by various agents. Proc. 9th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, St. Petersburg, Russia 15-19 June, v. 2, 1992, p. 399.
17. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Chiabrishvili N.G., Gzirishvili T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Odisharia M.A., Okujava A.M. Laboratory modelling of the transformation of microphysical and electrical properties of artificial water fogs. Proc. 1st Int. Conf. on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, July 19-24, 1998, p. 333-335.
18. Amiranashvili A., Bliadze T., Chiabrishvili N., Chikhladze V., Gzirishvili T., Kirkitadze D., Nodia A., Odisharia M., Okujava A. Complex for laboratory modelling of microphysical and electrical properties of aerodisperse formations. Proc. Int. Conf. Dedicated to Memory of Prof. A. Sutugin, Moscow, Russia, June 26-30, 2000, p. 54-55.
19. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Nekhotina L.M., Trofimenko L.T., Bogachuk V.S. Investigation of the variations of electrical and radar parameters of thunderclouds. Proc. 8th Int. Conf. on atmospheric electricity, Uppsala, Sweden, 13-16 June, 1988, p. 388-391.
20. Амиранашвили А.Г., Богачук В.С., Гзиришвили Т.Г., Нехотина Л.М., Трофименко Л.Т. Исследование взаимосвязей между радиолокационными и электрическими параметрами грозовых облаков и оценка эффективности воздействия на них. Сб. Атмосферное электричество, Тр. 3-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Тарту, Эстония, 28-31 октября 1986, Л., Гидрометеиздат, 1988, с. 116-119.
21. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Nekhotina L.M., Trofimenko L.T., Bogachuk V.S. Variation of thunderclouds electrical and radar parameters as a result of artificial modification. Paper submitted to the 5th WMO Sc. Conf. on Weather Modification and Appl. Cloud Physics, Beijing, China, v.1, WMO/TD-No 269, 8-12 May 1989, p. 357-358.
22. Амиранашвили А.Г., Маградзе Г.Д. 8-ая Международная конференция по атмосферному электричеству. Упсала, Швеция, 13-16 июня 1988, Изв. АН СССР, сер. ФАО, т. 25, N 9, 1989, с. 1001-1006.
23. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере. Тбилиси, "Мецниереба", 1991, 113 с.
24. Амиранашвили А.Г. Исследование грозо-градовых процессов в Грузии и их связей с аэрозольным загрязнением атмосферы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат наук по специальности 04.00.23 – геофизика (физика атмосферы и гидросферы), Институт геофизики им. М.З. Нодия, Тбилиси, 2006, 53 с. http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/4920/1/Amiranashvili_Avtoreferat_2006.pdf
25. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Дореули Р.И., Хоргуани Ф.А., Богачук В.С. О распределении максимальной высоты радиоэха конвективных облаков и грозовой активности над территорией Кахетии. Тез. Докл. 4-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Нальчик, 7-11 октября 1990, с. 117.

26. Дореули Р.И., Амиранашвили А.Г., Хоргуани Ф.А. Исследование поля распределения комплексного показателя градоопасности и критерия грозоопасности над территорией Кахетии. Тез. Докл. 4-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Нальчик, 7-11 октября 1990, с. 118
27. Amiranashvili A., Gzirishvili T., Doreuli R., Khorguani F., Bogachuk V. On the distribution of maximum height of convective clouds radioecho and thunderstorm activity over Kakheti. Proc. 9th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, St. Petersburg, Russia, 15-19 June, v.3, 1992, p. 741.
28. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Bibilashvili T., Chumburidze Z., Gzirishvili T., Doreuli R., Nodia A., Khorguani F., Kolesnikov Yu. Distribution of Convective Clouds and Lightning Discharges of the Earth Surface in Kakheti Region of Georgia. Proc. 13th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Reno, Nevada, USA, August 14-18, v.2, 2000, p. 1050-1052.
29. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kalaijeva L.L., Karauli N.D., Khunjua A.T., Nodia A.G., Vachnadze J.I. Characteristics of Air Conductivity in Dusheti. Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, v.1, 2003, p. 353-356.
30. Amiranashvili A.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Khunjua A.T., Khurodze T.V. Study of Long-Term Variations of the air Electrical Conductivity in Dusheti and their Connections with Some Meteorological- Geophysical Factors. Dep., Techinform, N 1249, 01.03.2006, Tbilisi, 2006, p. 1-8, (in Russian).
31. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Khunjua A., Nodia A. Statistical Structure of Air Electric Conductivity in Dusheti, Proc. 13th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Beijing, China, 13-18 August 2007.
32. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Нехотина Л.М., Трофименко Л.Т. Характеристики грозовой активности Восточной Грузии по данным сети метеорологических станций УГКС ГССР. Тез. Докл. 3-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Тарту, Эстония, 28-31 октября 1986, с. 117.
33. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г., Трофименко Л.Т., Хеладзе Т.В. Данные о грозовой деятельности в различных районах Грузии. Тез. Докл. 4-го Всесоюзн. Симп. по атмосферному электричеству, Нальчик, 7-11 октября 1990, с. 170.
34. Amiranashvili A., Gzirishvili T., Mukhraneli I., Trofimenko L., Khvedelidze Z., Kheladze T. Some data on thunderstorm activity in various region of Georgia. Proc. 9th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, St. Petersburg, Russia, 15-19 June, v. 3, 1992, p.782.
35. Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г. Пространственно-временные характеристики числа дней с грозами в Грузии. Материалы научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Ф.Ф.Давитая, Тбилиси, 17-19 сентября, 2001, с. 73.
36. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P., Chumburidze Z.A. Some Characteristics of a Thunderstorm Activity in Georgia. Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, v.1, 2003, p. 711-714.
37. Amiranashvili A.G., Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P. Long-Term Variation of Days with Thunderstorm in the East Georgia. Trans. of Vakhushti Bagrationi Institute of Geography Acad. of Sc. of Georgia, v. 21, USSN 11512-1224, Tbilisi, 2003, p. 134-149, (in Georgian).
38. Amiranashvili A.G., Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P. Correlation Between Number of Thunder-Days and Duration of Thunderstorm Activity in Eastern Georgia. Proc. 14th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-23 July 2004, p. 2_1_214.1-2_1_214.4.
39. Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г. Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии. Вопросы физики облаков. Облака, осадки и грозовое электричество. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2004, с. 155-168.
40. Amiranashvili A., Nodia A. Characteristics of Thunderstorm Activity in Dusheti. Proc. 13th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Beijing, China, 13-18 August 2007.
41. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Mkurnalidze I. Characteristics of Thunderstorm Activity in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology, v. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, p. 284 – 290 (in Russian).
42. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia, Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056,

DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.

43. Амиранашвили А., Дореули Р., Чумбуридзе З. Взаимосвязь гроз и града. Наука и техника, № 4-6, Тбилиси, 1999, с. 104-108, (на грузинском языке).
44. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gambashidze R.A., Khunjua A.T., Nodia A.G. Preliminary Results of Investigations of Variations of Atmospheric Electric Parameter Peculiarities Over Tectonic Fractures and During Earthquakes. Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, v.1, 2003, p. 403-406.
45. Amiranashvili A., Matiashvili T., Nodia A., Khunjua A., Chikhladze V. Connection of Soil Radon and Air Electrical Conductivity with the Earthquakes. Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 60, Tbilisi, 2008, p. 195 – 201 (in Russian)
46. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Chumburidze Z.A. On the role of artificial iceforming reagents and radioactive intermixtures in the variation of convective clouds thunderstorm and hail activity. Proc. 12th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Zurich, Switzerland, August 19-23, v. 1, 1996, p. 267-270.
47. Amiranashvili A.G., Nodia A.G., Chiabrishvili N.G., Kirkitadze D.D., Okujava A.M., Chikhladze V.A., Bliadze T.G., Khunjua A.T. Evaluation of the Influence of Aerosol Air Pollution on the Changeability of the Parameters of Atmospheric Electricity Under the Conditions of Eastern Georgia. Dep., Techinform, N 1251, 01.03.2006, Tbilisi, 2006, p. 1-8, (in Russian).
48. Amiranashvili A.G., Bliadze T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Khunjua A.T., Khurodze T.V. Study of Long-Term Variations of the Thunderstorm and Hail Processes in the Conditions of Eastern Georgia and their Connections with the Anthropogenic Pollution of Atmosphere. Dep., Techinform, N 1250, 01.03.2006, Tbilisi, 2006, p. 1-6, (in Russian).
49. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Bachiashvili L.L., Bibilashvili T.N., Supatashvili G.D. Influence of the Anthropogenic Pollution of the Atmosphere and Thunderstorms on the Precipitations Regime and their Chemical Composition in Alazani Valley Conditions. Proc. 14th International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-23 July 2004, p. 2_3_216.1-2_3_216.2.
50. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T., Kartvelishvili L., Chumburidze Z., Mkurnalidze I., Chikhradze N. Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions of Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sc., 172, N3, 2005, p. 484-486.
51. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Nodia A., Kirkitadze D. Connection of Thunderstorm Processes Intensity with Aerosol Pollution of the Atmosphere. Proc. 13th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Beijing, China, 13-18 August 2007.
52. Amiranashvili A. Connection Between the Characteristics of Thunderstorm Activity and Air Pollution in Kakheti Region of Georgia. Proc. of IX Int. Symposium on Lightning Protection, Foz do Iguaçu, Brazil, 26-30 November 2007.
53. Amiranashvili A. Statistical Models of Connection of Lightning Activity with Aerosol Pollution of Atmosphere. Proc. of X Int. Symposium on Lightning Protection, Curitiba, Brazil, 9-13 November 2009, p.261-266.
54. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Nodia A. Influence of Aerosol Pollution of Atmosphere in Tbilisi on Air Electric Conductivity in Dusheti. Proc. of the 14th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil, August 07-12, 2011, <http://www.icae2011.net.br/>.
55. Amiranashvili A. Connection of Lightning Activity with Air Electrical Conductivity in Dusheti. Proc. of the XIth Int. Symp. of Lightning Protection, SIPDA, Fortaleza, Brazil, October 3-7, 2011, <http://ws9.iee.usp.br/>.
56. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sc., ISSN 1512-1135, v. LIX, 2005, 128 p.
57. Хведелидзе З.В., Чумбуридзе З.А., Амиранашвили А.Г. Влияние на грозовую активность Ингурского водохранилища. Деп. Техинформ, 1201-99, 17 мая.
58. Amiranashvili A., Matiashvili T., Nodia A., Nodia Kh., Kharchilava J., Khunjua A., Khurodze T., Chikhladze V. Air Electrical Conductivity Changeability as the Factor of Atmosphere Purity, Proc.

- of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 60, Tbilisi, 2008, p. 186 – 194 (in Russian).
59. Amiranashvili A., Bliadze T., Chankvetadze A., Chikhladze V., Melikadze G., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A. Comparative Characteristics of Light Ions Content in the Urban and Ecologically Clean Locality in Georgi. Proc. of the 14th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Rio de Janeiro, Brazil, August 07-12, 2011, <http://www.icae2011.net.br/>.
 60. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტომი 63, თბილისი, 2012, 160 გვ.
 61. Amiranashvili A. Some results of study of variations of light ions concentration and their connections with the ionizing radiation and sub-micron aerosol content in air under the conditions of Tbilisi city. Proc. of 15th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Norman, Oklahoma, USA., 15-20 June 2014, <http://icae2014.nwc.ou.edu/>
 62. Amiranashvili A., Bliadze T., Melikadze G., Tarkhan-Mouravi I., Chikhladze V. Content of Light Aeroions as Factor of the Air Purity of Some Health Resorts of Georgia. Modern Problems of Using of Health Resort Resources, Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 145-151, (in Russian).
 63. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V., Machaidze Z., Melikadze G., Saakashvili N., Khatiashvili E., Tarkhan-Mouravi I., Sikharulidze Sh., Nakaidze T., Tavartkiladze M. New Data About the Aeroionization Characteristics of the Territory of National Botanical Garden of Georgia as the Factor of the Expansion of its Sanitation Properties for the Visitors. Journ. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.16b, Tbilisi, 2013, p. 24-30.
 64. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Блиадзе Т.Г., Тархан-Моурави И.Д., Чихладзе В.А. Содержание легких аэро-ионов в некоторых курортных и туристических зонах Боржоми и Тбилиси. Актуальные проблемы патологии, терапии и медицинской реабилитации. Сборник научных статей, ISBN 978-9941-0-6499-9, Тбилиси-Москва: ТБК-РАМ-ТН, 2014, с. 69-74.
 65. Amiranashvili A.G., Bolashvili N.R., Chikhladze V.A., Japaridze N.D., Khazaradze K.R., Khazaradze R.R., Lezhava Z.L., Tsikarishvili K.D. Some New Data about the Bioclimatic Characteristics of the Village of Mukhuri (Western Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, p. 107-115.
 66. Bliadze T., Chikhladze A., Japaridze N., Khazaradze K., Khazaradze R., Melikadze G., Varamashvili N., Vepkhvadze S. Some Bioclimatic Indices of the Health Resort-Tourist Complex of Bazaleti Lake (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, p. 116-123.
 67. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, 2015, pp. 92-106.
 68. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Ломтадзе Дж. Д., Саури И.П., Чихладзе В.А. Метеорологические радары и радиолокационное обеспечение активных воздействий на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.101-112.
 69. Абаиадзе О.А., Авлохашвили Х.В., Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Кириа Дж.К., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А.Р., Саури И.П., Телия Ш.О., Хеташвили А.А., Цхведиашвили Г.Н., Чихладзе В.А. Радиолокационное обеспечение противорадовой службы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 28-38.

ატმოსფერული ელექტრობის, ელჭექის პროცესების და მათზე ანტროპოგენური ზემოქმედების კვლევა საქართველოში

ბერიტაშვილი ბ., ბლიაძე თ., მკურნალიძე ი., ტროფიმენკო ლ., ხორგუანი ფ., ხუროძე თ., ჭანკვეტაძე ა., ჭუმბურიძე ზ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია საქართველოში ატმოსფერული ელექტრობის, ელჭექის პროცესების და მათზე ანტროპოგენური ზემოქმედების შესახებ ვრცელი კვლევების მიმოხილვა. აღინიშნება, რომ ელჭექური პროცესების კვლევების განვითარების ახალი ეტაპი დაკავშირებულია საქართველოში (კახეთი) სეტყვასაწინააღმდეგო სამსახურის მუშაობის აღდგენასთან. თანამედროვე მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორი, რომელიც უზრუნველყოფს ღრუბლიანობის რადიოლოკაციურ მონიტორინგს, საშუალებას მოგვცემს ელჭექის პროცესების შესახებ ახალი ინფორმაცია მივიღოთ.

STUDY OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY, THUNDERSTORM PROCESSES AND ANTHROPOGENIC ACTION ON THEM IN GEORGIA

Beritashvili B., Bliadze T., Mkurnalidze I., Trofimenko L., Khorguani F., Khurodze T., Chankvetadze A., Chumburidze Z.

Abstract

The survey of the extensive studies of atmospheric electricity, thunderstorm processes and anthropogenic action on them in Georgia is described. It is noted that new development stage of studies of thunderstorm processes is connected with the renewal of the work of anti-hail service in Georgia (Kakheti). The contemporary meteorological radar, which ensures the radar monitoring of cloudiness, will make it possible to obtain new information about the thunderstorm processes.

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, ГРОЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ В ГРУЗИИ

Бериташвили Б.Ш., Блиадзе Т.Г., Мкурналидзе И.П., Трофименко Л.Т., Хоргуани Ф.А., Хуродзе Т.В., Чанкветадзе А.Ш., Чумбуридзе З.А.

Реферат

Представлен обзор обширных исследований атмосферного электричества, грозовых процессов и антропогенного воздействия на них в Грузии. Отмечается, что новый этап развития исследований грозовых процессов связан с возобновлением работы Противогодовой службы в Грузии (Кახетия). Современный метеорологический радар, обеспечивающий радиолокационный мониторинг облачности, позволит получить новую информацию о грозовых процессах.