

АЭРОЗОЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ В АТМОСФЕРЕ

Бердзенишвили Н.М., Давиташвили М.Д.

*Телавский государственный университет им. Якоба Гогebaшвили,
ул. Картули университета, 1, 2200, г. Телави, Грузия*

Введение: В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана. По своему происхождению аэрозоли подразделяются на естественные и искусственные. Первые возникают в природных условиях без участия человека. Они поступают в тропосферу (реже – в стратосферу) при извержении вулканов, сгорании метеоритов, при возникновении пылевых бурь, поднимающих с земных поверхностей частицы почвы и горных пород, а также при лесных и степных пожарах. Во время извержения вулканов, черных бурь или пожаров образуются громадные пылевые облака, которые нередко распространяются на тысячи километров. Штормовые ветры сбрасывают с гребней волн капельки морской воды, насыщенной солями хлоридов и сульфатов, которые осаждаются как на водной поверхности, так и на суше [1-3].

Аэрозоли в атмосфере: Атмосфера представляет собой химически сложную систему, находящуюся во взаимодействии с земной поверхностью, океаном и биосферой. Ее состав непрерывно меняется. В последнее столетие эти изменения резко ускорились в результате человеческой деятельности. В последние десятилетия выявилась тенденция – увеличение содержания в атмосфере аэрозолей и парниковых газов – окиси и двуокиси углерода, метана, хлорфторуглеродов и некоторых других [4-7]. Вследствие этого изменилось состояние климатической системы и произошло потепление климата на Земле [8]. Потепление сопровождается рядом неблагоприятных явлений, в частности, увеличением повторяемости экстремальных метеорологических и экологических ситуаций (ливневых осадков, наводнений, ураганов, оползней и т.п.) и опустыниванием южных территорий [9,10]. Мониторинг состава атмосферы и прогнозирование его изменений являются одним из важнейших условий устойчивого развития страны. Мониторинг дает необходимую информацию как для решения фундаментальных научных проблем, связанных с изучением и прогнозированием глобальных изменений среды обитания человека и климата Земли, так и для выработки эффективной экологической политики, в частности, в области принятия и исполнения международных соглашений: Монреальского и Киотского протоколов, Конвенций о трансграничном переносе загрязнений, об устойчивых органических загрязнителях и целом ряде других [11].

Неоднократно проводились конференции, посвященные экологическим проблемам, учёными были подготовлены статьи о загрязнении окружающей среды, был выявлен условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы [12], который прилагается к статье в виде таб. 1. Данные в таб. температура воздуха и скорость ветра – в прямой связи со стабильностью аэрозолей в атмосфере.

Интерес к изучению закономерностей атмосферного переноса аэрозолей обусловлен все возрастающим антропогенным загрязнением. Основные компоненты атмосферного загрязнения – выхлопы автотранспорта и авиации, выбросы промышленных предприятий проникают в

атмосферу в аэрозольной форме и, переносясь на большие расстояния, оказывают глобальное воздействие на климат и всю биоту. Разрушение озонового слоя, кислотные дожди и уменьшение скорости воспроизводства биоты, нарушение круговорота кислорода, углерода и ряд других необратимых изменений – вот результат непреднамеренных антропогенных воздействий. Кроме того, политические реалии последних лет региона Кавказа не позволяют игнорировать возможность крупных террористических актов, с проникновением в атмосферу высокотоксичных аэрозольных образований [13].

Таб. 1

Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы
для некоторых пунктов Грузии [12]

Пункты	Среднее	Абс. Мин.	Абс. макс.	Макс. скорость ветра
Гагра	14.1	-13	40	-
Сухуми	14.1	-12	40	-
Поти	14.4	-11	41	5.1
Батуми	14.4	-8	40	-
Побережье Черное море	14.25	-11.0	40.2	5.0
Зugdиди	13.8	-19	40	3.1
Самтредиа	14.4	-17	41	5.1
Кутаиси	14.5	-17	42	8.0
Западная Грузия	14.2	-17.7	41	5.4
Ахалкалаки	4.9	-38	34	6.7
Ахалцихе	9.0	-32	39	2.6
Боржоми	9.1	-28	37	3.1
Южная Грузия	7.7	-32.7	-36.7	4.1
Гудаури	2.1	-33	27	2.6
Шови	5.2	-33	32	-
Они	10.0	-27	38	2.4
Гори	10.9	-28	40	4.5
Тбилиси	12.7	-23	35	3.9
Дманиси	7.8	-28	38	-
Гурджаани	12.4	-22	38	3.8
Телави	11.8	-23	-	-
Восточная Грузия	11.04	-24.8	37.8	-4.1

Выявилось, что приморские регионы характеризуются большими скоростями очистки атмосферы, чем удаленные от побережья. Условно, градиция скоростей очистки нижней тропосферы выглядит для региона Кавказа следующим образом: для континентальных пунктов – не более 1.5 км/сутки; для «переходного режима вымывания» – до 2.0 км/сутки; для прибрежных-морских – свыше 2.2 км/сутки.

На практике эксплуатации особо опасных предприятий с крупнообъемными выбросами токсичной примеси, при нештатных ситуациях не исключены случаи возникновения необходимости быстрого удаления токсичного аэрозоля из конкретного помещения или локализации и предотвращения крупной утечки в атмосферу. Для этих целей служат обычно различные распылительные системы для получения жидкого «вымывающего» аэрозоля (форсунки, дисковые

распылители и т.д.); в качестве рабочей жидкости чаще всего используются водные смеси (растворы). При возможности регулирования дисперсности генерируемого водного аэрозоля можно существенно увеличить эффективность работы подобных устройств [4,6,12,14,15]. Значительное внимание уделяется также вопросам нейтрализации выхлопов двигателей автотранспорта [<http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1035.html>].

Мониторинг атмосферного воздуха в Грузии проводит (ЮЛПП – Юридическое лицо публичного права) национальное агентство окружающей среды [<http://moe.gov.ge/>; <http://soegeorgia.blogspot.com>]. В настоящее время загрязнение воздуха наблюдается в пяти городах: Тбилиси, Батуми, Кутаиси, Зестафони и Рустави. Восемь наблюдательных будок расположены в данных городах. В 2013 году в Тбилиси, на территории метеостанции Вашлиджвари, была добавлена 4-ая станция автоматического измерения. С 2010 года агентство окружающей среды начало измерения концентрации приземного озона в Тбилиси (в Институте геофизики концентрация приземного озона в Тбилиси измеряется с 1984 по сей день [16]). В том же году начали измерять монооксид углерода в Кутаиси и Батуми, а также концентрации монооксида углерода и диоксида азота в Рустави. В 2014 году было добавлено измерение свинца в Кутаиси, а в Рустави – свинца и пыли (таблица 2).

Таб. 2

Среднегодовое содержание различных примесей в воздухе некоторых городов Грузии в 2012-2016 гг. [<http://moe.gov.ge>]

Город	Примеси (мг/м ³)				
	Пыль	Двуокисьсеры	Окись углерода	Двуокись азота	Свинец
Батуми	0.49	0.134	2.3	0.154	0.000143
Зестафони	0.40	0.131	1.4	0.048	-
Тбилиси	0.69	0.130	3.2	0.090	0.000140
Рустави	0.97	-	2.7	0.130	0.000133
Кутаиси	0.79	0.152	3.2	0.111	0.000083

При распределении существующих примесей в атмосфере замечается некоторая закономерность, по которой наибольшие концентрации пыли и окиси углерода приходятся на промышленные города (Рустави, Кутаиси, Тбилиси), что объясняется множеством выхлопов и выбросов промышленных предприятий и транспорта в атмосферу. Что касается Батуми, там происходит механическое очищение запыленности воздуха из-за его месторасположения – это приморский город у Чёрного моря.

По данным последних лет, основные загрязняющие регионы Грузии: Имерети, Квемо Картли, Шида Картли и Аджария. Более 91% общих выбросов в Грузии находятся в этих регионах, поскольку там расположены крупные предприятия, которые оказывают наибольшее влияние на атмосферу. Доля транспорта в Грузии в общем объёме выбросов значительно превышает долю загрязнения из стационарных источников и составляет около 71%. В зависимости от низкого качества потребляемого топлива увеличился общий показатель выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. Несмотря на ужесточение массовое содержание серы в бензине и дизельном топливе по-прежнему высок и в 15-20 раз превышает стандарты, установленные Евросоюзом [15; <http://soegeorgia.blogspot.com>]. В то же время, из существующих в стране автотранспортных средств – 37% собрано в Тбилиси.

За последние три десятилетия в секторе физики атмосферы Института геофизики им. М.З. Нодиа проводились теоретические и экспериментальные исследования физических характеристик и вариаций минеральных и вторичных аэрозолей (распределение по размерам, весовая и

счетная концентрации, коагуляция, конденсационные и льдообразующие свойства, оптические характеристики, влияние ионизирующего излучения на образование вторичных аэрозолей и др.) [15,17]. В работе [18] приведены результаты исследования вариаций концентрации субмикронных аэрозолей диаметром ≥ 0.1 мкм (LgN) и их связи с содержанием радона (Rn) в приземном слое воздуха города Тбилиси. Были проанализированы данные средних дневных значений исследуемых параметров с декабря 2009 по ноябрь 2010 г. без учета погодных условий (365 дней, с 9 до 17-18 час.). Изучены особенности вариаций радона и субмикронных аэрозолей в течение года, а также в зимний, весенний, летний и осенний сезоны. Выявлено влияние радона на формирование субмикронных аэрозолей для указанных периодов года. Изменчивость концентрации субмикронных аэрозолей и содержания радона в разные сезоны имеет сложный характер. Временной ход Rn и LgN в различные периоды года имеет различный вид. Внутригодовой ход – полином десятой степени для Rn и LgN, зима – линейная регрессия для Rn и LgN, весна – полином пятой степени Rn и LgN, лето – линейная регрессия для Rn и полином пятой степени для LgN, осень – полином шестой степени для Rn и десятой степени для LgN. Проведен корреляционный и регрессионный анализ связей между реальными значениями и остаточными компонентами временных рядов LgN и Rn для указанных сезонов года. Во все сезоны года наблюдается прямая связь между содержанием радона и концентрацией субмикронных аэрозолей. Для реальных данных тесная корреляционная связь наблюдается осенью, близкая к тесной – летом; для остаточных компонентов – зимой и летом соответственно.

Заключение: Особое внимание уделялось исследованию влияния различных компонентов фотохимического смога на здоровье людей [15, 19, 20]. Так, в частности было получено, что при среднедневной концентрации субмикронных аэрозолей более 1000 см^{-3} в Тбилиси на 11 % отмечался рост числа вызовов скорой медицинской помощи [20]. Результаты указанных выше исследований согласуются с международными оценками экологической ситуации в Грузии.

Согласно Международным исследованиям 2017 года (Вашингтонский университет, США), Грузия занимает третье место в мире в связи с уровнем смертности из-за загрязнения воздуха. В результате исследований, проведенных Йельским университетом (США), согласно общему загрязнению, с 2016 года Грузия занимает 111-е место из 180 стран мира [<https://www.apsny.ge/2016/pol/1462474371.php>]. Что касается Тбилиси, то столица Грузии среди 273 городов Мира с 2018 года по уровню загрязненности воздуха занимает 58-ое место [https://sputnik-georgia.ru/Tbilisi/20181106/242830645/Tbilisi-popal-v-top-60-samykh-zagryaznenny_kh-gorodov-mira.html]. Поэтому в будущем необходимы кардинальные решения вопроса экологического оздоровления окружающей среды в Грузии.

Литература

1. Химия нижней атмосферы – под ред. Расула С., М., Мир, 1976, 408 с.
2. Кондратьев К.Я., Москаленко Н.И., Поздняков Д.В. Атмосферный аэрозоль, Л., Гидрометеиздат, 1983, 224 с.
3. Таварткиладзе К.А. Моделирование аэрозольного ослабления радиации и методы контроля загрязнения атмосферы, Тбилиси, Мецниереба, 1989, 203 с.
4. Болбас М. М. Основы промышленной экологии. Москва: Высшая школа, 1993.
5. Данилов-Данильян В.И. «Экология, охрана природы и экологическая безопасность» М.: МНЭПУ, 1997 г.
6. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, Мецниереба, 1991, 113 с.
7. 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 Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, 2005, 128 p.
8. თავართქილაძე კ., ბეგალიშვილი ნ., ხარჩილაძე ჯ., მუმლაძე დ., ამირანაშვილი ა., ვაჩნაძე ჯ., შენგელია ი., ამირანაშვილი ვ. – ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განსაზღვრული ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მისი ცვალებადობა, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია. გეოგრაფიის, გეოფიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტები, თბილისი, ISBN 99928–885–4.7, მონოგრაფია, 2006, 177 გვ.
 9. Алпенидзе М., Элизбарашвили Э., Харадзе К. Общая физическая география. Издательство Тбилисского университета, 2003 г.
 10. Элизбарашвили Э. Ш, Элизбарашвили М. Э. Стихийные метеорологические явления на территории Грузии. Тбилиси, 2012, 1.
 11. Цицкишвили М.С., Амиранашвили А.Г. Глобальный мониторинг динамики аэрозольной компоненты атмосферы средних широт на синхронно-сопряженных фоновых стационарах северного и южного Кавказа (предложение по совместному проекту). Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга), Тезисы докладов, 21-24 октября, Москва, 2014, с. 86.
 12. Цицкишвили М., Лушников А., Загайнов В., Пхаладзе М., Амиранашвили А., Цхакая К., Чихладзе В., Киквадзе Р., Гогинава И.Б. Некоторые результаты исследований и перспективы активных воздействий на атмосферные аэрозоли. International Scientific Conference «Modern Problems of Ecology», Collection of reports, ISSN 1512 -1976, Kutaisi 2014, с. 180-191.
 13. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection and Fight with Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp. 155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.springer.com>; <http://www.iospress.nl>
 14. Амиранашвили А.Г., Цицкишвили М.С. Аэрозольная экспресс – очистка атмосферы. Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга), Тезисы докладов, 21-24 октября, Москва, 2014, с. 98.
 15. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. Photochemical Smog in Tbilisi. Monograph, Trans. of Mikheil Nodia institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2012, vol. 63, 160 p., (in Georgian).
 16. Харчилава Дж.Ф., Амиранашвили А.Г. Исследование вариации атмосферного озона в Грузии. М. МГК при президиуме АН СССР, производственно-издательский комбинат ВИНТИ, 1988, 114 с.
 17. Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш., Чхаидзе Г.П. Некоторые результаты исследований атмосферных аэрозолей в институте геофизики им. М.З. Нодиа за последние три десятилетия. Тр. Института геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 66, Тбилиси, 2016, с. 178–185.
 18. Amiranashvili A., Chargazia Kh. Intra-Annual and Seasonal Variations of Sub-Micron Aerosols Concentration and their Connection with Radon Content in Surface Boundary Layer of Tbilisi City. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 10, N 2, 2016, p. 72-78.
 19. Амиранашвили А. Г., Чихладзе В. А., Блиадзе Т. Г. Современное состояние вопроса о воздействии фотохимического смога и приземного озона на здоровье человека. Тр. Института геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 62, Тб.:, 2010, с. 177–188.
 20. Амиранашвили А. Г., Блиадзе Т. Г., Киркитадзе Д. Д., Чихладзе В. А., Чанкветадзе А. Ш. Субмикронные аэрозоли в атмосфере Тбилиси и их влияние на здоровье людей. Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга), Тезисы докладов, 21-24 октября, Москва, 2014, с. 68.

აეროზოლური ეფექტი ატმოსფეროში

ბერძენიშვილი ნ., დავითაშვილი მ.

რეზიუმე

აეროზოლი წარმოადგენს მყარი ნაწილაკების ან თხევადი წვეთების შეერთებას ჰაერში. აეროზოლი შეიძლება იყოს ბუნებრივი ან ანთროპოგენური. ბუნებრივი აეროზოლების მაგალითებია ნისლი, მტვერი, ტყის ექსუდატები და გეიზერის ორთქლი. ანთროპოგენური აეროზოლის მაგალითებია სმოგი, ჰაერის დამაბინძურებელი ნაწილაკები და კვამლი. ატმოსფერული აეროზოლის რამდენიმე სახეობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დედამიწის კლიმატზე: ვულკანები, უდაბნოს მტვერი, ზღვის მარილი, რომელიც წარმოშობილია ბიოგენური წყაროებისაგან და ადამიანური ფაქტორისაგან. ვულკანური აეროზოლები ამოფრქვევის შემდეგგოგირდის მჟავების სახით ფორმირდება სტრატოსფეროში და შეიძლება ორ წელზე მეტი ხნის განმავლობაში დაყოვნდეს და მზეზე ჰპოვოს ასახვა, ანუ მოხდეს ტემპერატურის შემცირება. უდაბნოს მტვერი, მინერალური ნაწილაკები შეჩერებულია დიდ სიმაღლეებზე, აკავებს სითბოს და შეიძლება იყოს მისი პასუხისმგებლობა ღრუბლების ფორმირების თავიდან ასაცილებლად. ადამიანის მიერ ნავთობისა და ქვანახშირის წვის შედეგად გამოიყოფა არა მხოლოდ სათბურის გაზები, არამედ ასევე მთელი რიგი საშიში ჰაერის დამაბინძურებლები, როგორცაა: გოგირდის დიოქსიდი, აზოტის ოქსიდები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები, ტოქსიკური ნივთიერებები, მძიმე მეტალები (მერკური, კადმიუმი, ტყვია, დარიშხანი, რადიოზოტოპები), მყარი ნაწილაკები და დიოქსინები. ეს ყველაფერი ქარის მიერ გადაიტანება ასობით კილომეტრზე და სულფატი აეროზოლები გავლენას ახდენს ღრუბლების ქცევაზე. 2017 წელს საერთაშორისო კვლევების (ვაშინგტონის უნივერსიტეტი) მონაცემებით, საქართველო მსოფლიოში მესამე ადგილზეა სიკვდილობის დონით ჰაერის დაბინძურების გამო. იელის უნივერსიტეტის (აშშ) მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგად, მთლიანი დაბინძურების თანახმად, 2016 წლიდან საქართველო 180 ქვეყნიდან 111-ზეა.

Аэрозольный эффект в атмосфере

Бердзенишвили Н. М., Давиташвили М. Д.

Реферат

Аэрозоль представляет собой суспензию мелких твердых частиц или капель жидкости в воздухе или другом газе. Аэрозоли могут быть природными или антропогенными. Примерами природных аэрозолей являются туман, пыль, экссудаты леса и пар гейзеров. Примерами антропогенных аэрозолей являются дымка, загрязнители воздуха в виде частиц и дыма. Несколько видов атмосферного аэрозоля оказывают значительное влияние на климат Земли: вулканическая, пустынная пыль, морская соль, которая происходит из биогенных источников и производится человеком. Формирование вулканических аэрозолей в стратосфере после извержения в виде капель серной кислоты, которые могут преобладать в течение двух лет, и отражать солнечный свет, понижая температуру. Пустынная пыль, минеральные частицы, взорванные на большие высоты, поглощают тепло и могут нести ответственность за подавление образования облаков. Человеческие сульфатные аэрозоли, в основном от сжигания нефти и угля, влияют на поведение облаков. Согласно Международным исследованиям 2017

года (Вашингтонский университет, США), Грузия занимает третье место в мире в связи с уровнем смертности из-за загрязнения воздуха. В результате исследований, проведенных Йельским университетом (США), согласно общему загрязнению, с 2016 года, Грузия занимает 111-е место из 180 стран мира.

Aerosol Effect in the Atmosphere

Berdzenishvili N., Davitashvili M.

Abstract

An aerosol is a combination of solid particles or liquid droplets in the air, or another gas. Aerosols can be natural or anthropogenic. Examples of natural aerosols are fog, dust, forest exudates and geysers steam. Examples of anthropogenic aerosols are smog, particulate air pollutants and smoke. Several types of atmospheric aerosol have a significant effect on Earth's climate: volcanic, desert dust, sea-salt, originated from biogenic sources and man-made. Volcanic aerosol formed in the stratosphere after an eruption as droplets of sulfuric acid can prevail for up to two years, and reflect sunlight, lowering temperature. Desert dust, mineral particles blown to high altitudes absorb heat and may be responsible for inhibiting storm cloud formation. Man-made sulfate aerosols, primarily formed as a result of oil and coal burning, affect the behavior of clouds. According to the 2017 International Studies (University of Washington, USA), Georgia ranks third in the world due to the level of mortality caused by air pollution. As a result of the research conducted by Yale University (USA), according to the total pollution since 2016, Georgia is 111th out of 180 countries.