

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АТМОСФЕРНЫЕ АЭРОЗОЛИ

Цицкишвили М.С*., Лушников А.А. **, Загайнов В.А. **, М.Г.Пхаладзе*,
А. Амиранашвили*, К. Цхакая*, В. Чихладзе*, Р. Киквадзе*, И.Б.Гогинава*,

**Академия экологических наук Грузии, Тбилиси*

***Федер. Государственное унитарное предприятие НИИФХИ им. Л.Я.Карпова. Москва*

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. Вследствие этого изменилось состояние климатической системы и произошло потепление климата на Земле. 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. 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.

Первое систематизированное научное сообщение по аэрозолям, датированное 1875 г, принадлежит перу М.Кулье, а пионерские систематические исследования естественного атмосферного аэрозоля были проведены И. Айткеном и опубликованы в Единбурге в 1880 г. Физ-химия аэрозолей, начало которой, как самостоятельной научной дисциплины, было заложено в трудах Николая Альбертовича Фукса еще в начале 20-ых годов прошлого века, стремительно развивается. Уже в начале прошлого XX века во всем мире широко развернулись работы по исследованию аэрозольного и гидрозольного – диспергированного состояния твердых и жидких веществ (самого различного происхождения) в газовой или жидкой фазе. Это объясняется самым широким распространением диспергированного состояния вещества в природе и в технологиях - современные достижения в металлургии, энергетике, в космосе или в военных технологиях немыслимы без аэрозольных технологий!

Особый интерес к физ-химии атмосферных аэрозолей обусловлен следующими обстоятельствами:

- выявлена важнейшая роль атмосферного аэрозоля в процессах влаго-, энерго-, и зарядо-переноса в атмосфере, т.е. во всех основных пагодообразующих процессах;
- выявлено, что антропогенные примеси «проникают и живут» в атмосфере в аэрозольной форме, оказывая на окружающую природную среду и всю биоту не только локальное, но и глобальное воздействие;
- выявлены большие возможности аэрозольных примесей для локальных климатических изменений и получения конкретных технических эффектов.

Именно эти причины обуславливают большой рост различных направлений исследований атмосферных и техногенных аэрозолей в области:

- моделей генерации и переноса аэрозолей различного генезиса и физико-химических свойств;
- интегральных свойств аэрозольных ансамблей и их взаимодействий со средой;
- средств метрологии для оценки влияния аэрозоля на фундаментальные параметры атмосферы (осадки, электричество, озоновый слой, ионосферы и т.д.).

Исследование аэрозолей в Грузии имеет давнюю историю: первые измерения частичек и радиоактивности в атмосферном воздухе проведены на Тбилисском Фуникулере «тремя Михаилами: Нодиа, Курдиани и Чхетиа», известными в дальнейшем учеными в самом начале 20-ых годов XX века. Такие известные ученые, как Ф.Ф. Давитая и М.З. Нодия, значительное внимание уделили в своих фундаментальных трудах атмосферным аэрозолям. Работы Ф.Ф.Давитая по изучению ослабления прямой солнечной радиации вследствие возрастания антропогенной запыленности явились классическими пионерскими работами и положили начало «экспериментальной энвирологии». Во всем мире известны работы плеяды ученых Грузии в области активного воздействия на атмосферные процессы: Г.Г.Сванидзе, Г.К.Сулаквелидзе, А.И.Карцивадзе, В.П.Ломинадзе, Н.Д. Бибилашвили, и др.

Интерес к совместным работам в области атмосферных аэрозолей вместе с учеными Грузии обусловлен целым рядом объективных причин:

- уникальными геофизическими условиями Грузии с широчайшим диапазоном естественного разброса климатических данных (осадки, радиация, температурный и влажностный режим, перепад высот, вертикальный атмосферный обмен, местная циркуляция и т.д.);
- расположение в зоне наиболее интенсивного атмосферного переноса загрязнений в наиболее индустриализированном широтном поясе Земли, и малым «собственным владом», что создает уникальные возможности изучения естественной глобальной динамики атмосферного аэрозоля в глобальном масштабе.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РАССЕЙНИЯ В АТМОСФЕРЕ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В РАСЧЕТНЫХ СХЕМАХ ОЦЕНКИ РИСКА. Уменьшение нагрузок на окружающую среду путем совершенствования моделей рассеяния с учетом атмосферных условий, наряду с совершенствованием технических средств их улавливания, – основное направление экологического прогресса в этой области. В настоящей работе приведены некоторые результаты исследований, используемые нами в многолетней практике работ по уменьшению риска радиационного поражения населения при различных внештатных ситуациях на транзитных

энергоматриалах или стационарных энергообъектах с большим объемом токсичных аварийных выбросов, в том числе и радиоактивных.

Для характеристики устойчивости атмосферы, которая определяет приземный ветро-диффузионный перенос загрязняющего аэрозоля, обычно рекомендуется, в расчетных схемах переноса примеси в приземной атмосфере, для характеристики устойчивости приземного слоя атмосферы использовать параметр Ричардсона [1,2]:

$$R_i = \frac{g}{\theta} \times \frac{\partial\theta/\partial z}{\beta^2} = \frac{g}{T} \times \frac{\Gamma_a - \gamma}{\beta^2}$$

где: $\beta = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2\right]}$ - вертикальный градиент скорости ветра;

Γ_a - сухоадиабатический температурный градиент (γ);

θ - потенциальная температура; $\theta = T \left(\frac{1000}{T}\right)^{0,233}$;

g - ускорение свободного падения.

На практике для вычислений используется приближенное выражение:

$$R_i = \frac{g}{T_0} \cdot \frac{\Delta T / \Delta H}{(\Delta U / \Delta H)^2}$$

где: ΔT и ΔU - разности температуры и скорости ветра в приземном слое, соответственно у поверхности земли и на высоте H ; ΔH - разность высот.

Однако, как правило градиентные наблюдения весьма дороги и ведутся только выборочно; в итоге, градиентные наблюдения не всегда и не во всех пунктах доступны и вышеприведенные величины не определяемы на практике. Чтобы обойти эти противоречия, нами предложен аналогичный «условно-климатический параметр» m , который вычисляется по многолетним климатическим данным (СНиП 2.01.01.-82) в следующем виде:

$$m'' = \frac{g \cdot \Delta H}{(\gamma_{\max} - \gamma_{\min})^2} \cdot \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T}$$

В таблице 1 приведены рассчитанные величины M' предложенного нами параметра в упрощенном виде (без входящих в формулу постоянных g , ΔH):

$$M' = \frac{1}{\gamma_{\max}^2} \cdot \frac{|\Delta T|}{T}$$

Из таблицы явно прослеживается рост величины условного параметра M' в горных регионах (Чечня и Сев. Осетия) по сравнению с равнинными и особенно приморскими регионами (Одесса, Крым, Краснодар, Ростов, Волгоград). В таблице 2 аналогичные расчеты проделаны для некоторых пунктов Грузии. Здесь необходимо сделать несколько пояснений. Параметр Ричардсона по своему физическому смыслу является характеристикой динамических процессов неустойчивости приземного слоя атмосферы [1,2]. Вводимый нами параметр, вычисляемый по многолетним обобщенным климатическим характеристикам ветрового и температурного режима, на первый взгляд, не может оценивать динамику процессов, однако это не так!

Проведенные расчеты показывают адекватность характеристики неустойчивости приземного слоя с помощью предложенного параметра. Выявленная закономерность возрастания параметра M' в горных регионах (см. табл.1), исключительно точно воспроизводится в табл.2 для некоторых районов Грузии. В таблице 2 пункты (это пункты метеорологической сети) сгруппированы по регионам. Таким образом, сопоставление данных по обеим таблицам указывает на адекватную оценку неустойчивости приземного слоя атмосферы, и возможность с помощью вводимого нами параметра, без проведения трудоемких и дорогих градиентных наблюдений, проводить районирование по степени неустойчивости атмосферы [4,5,7].

Это особенно важно, как при планировании защитных мероприятий, так и по проведению экологического аудита или работ по ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду). Несмотря на условность численных величин параметра M , примечательно замечательное совпадение данных таблиц 1 и 2 для идентичных по климатическим и рельефным условиям регионам: Восточная Грузия (32,4), Армения и Азербайджан (34,2 и 34,0); Побережье Черного моря и Западная Грузия (14,2 и 14,0) и Одесса, Крым и Краснодарский край (соответственно 10,7; 17,3 и 15,2 – в среднем 14,4) [4,5,7].

Таблица 1.

Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы.

Регион	$\frac{ AT }{T}$	$\frac{1}{\gamma_{\max}^2}$	M'	Услов. градация
Астрахань	9.102	0.034	31.2	III
Волгоград	11.191	0.026	29.1	II
Дагестан	6.286	0.044	27.5	II
Краснодар	6.260	0.024	15.2	I
Ростов	9.431	0.025	23.8	II
Сев. Осетия	8.696	0.111	96.6	IV
Ставрополь	8.197	0.028	22.8	II
Чечня	7.327	0.082	59.8	IV
Крым	5.762	0.030	17.3	I
Одесса	7.311	0.014	10.7	I
Азербайджан	4.552	0.075	34.0	III
Армения	8.491	0.040	34.2	III

Этот же параметр мог быть успешно применен для проведения предварительных исследований по оптимальному размещению крупных предприятий с большеобъемными токсичными выбросами в атмосферу. При этом необходимо помнить, что есть возможность выбирать стратегию, в зависимости от конкретных целей: достичь максимального оседания для сравнительно низкотоксичной, но консервативной – устойчивой примеси, или добиться максимального рассеяния (эта стратегия оправдана для высокотоксичной, но распадающейся примеси, например радиоактивного выброса с короткоживущими продуктами распада).

Использование предложенной нами параметризации делает возможным проводить предварительную экспертизу мест размещения особо опасных предприятий с крупнообъемными выбросами токсичной примеси без крупных финансовых затрат и фактически является основой разработанной нами методологии «экологической оптимизации размещения крупных энергообъектов».

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ АККОМОДАЦИОННЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ В МОДЕЛЯХ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЯ. Математический аппарат для общего описания процесса переноса примеси в атмосфере в виде параболических дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами разработан много лет назад. Системы уравнений в частных производных, содержащих гиперболические и параболические операторы также поддаются решению. Разностные схемы с расщепляющимся оператором для общих параболических уравнений второго порядка с переменными коэффициентами доведены до уровня справочного руководства. Однако расчетные схемы существенно усложняются при попытках учета реальных барических полей, ветра, рельефа. В последние годы успехи вычислительных схем и прогресс вычислительной техники позволил учитывать в уравнениях переноса аэрозольной примеси в атмосфере не только вертикальную неоднородность и динамику реальной атмосферы с переменным по высоте коэффициентом турбулентной диффузии, параметр шероховатости или изменение альbedo подстилающей поверхности, но и процессы трансформации самой переносимой примеси (микрофизика, коагуляция, вымывание, распад и т.д.).

Таблица 2.

**Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы
для некоторых пунктов Грузии**

Пункты	Мног сред.	Абс. Мин.	Абс. Макс.	Макс скор. ветра	$\frac{ AT }{T}$	$\frac{1}{\gamma_{\max}^2}$,
Гагра	14.1	-13	40	-	3.760	0.040	15.0
Сухуми	14.1	-12	40	-	3.690	0.040	14.8
Поти	14.4	-11	41	5.1	3.610	0.038	13.7
Батуми	14.4	-8	40	-	3.330	0.040	13.3
<i>Побер. Чер.мор.</i>	14.25	-11.0	40.2	5.0	3.560	0.040	14.2
Зугдиди	13.8	-19	40	3.1	4.275	0.104	44.9
Самтрედია	14.4	-17	41	5.1	4.028	0.038	15.3
Кутаиси	14.5	-17	42	8.0	4.069	0.016	6.4
<i>Зап. Грузия</i>	14.2	-17.7	41	5.4	4.070	0.034	14.0
Ахалкалаки	4.9	-38	34	6.7	14.694	0.022	32.7
Ахалцихе	9.0	-32	39	2.6	7.889	0.148	116.7
Борджоми	9.1	-28	37	3.1	7.143	0.104	74.3
<i>Южн. Грузия</i>	7.7	-32.7	-36.7	4.1	9.013	0.060	53.6
Гудаури	2.1	-33	27	2.6	28.571	0.148	422.8

Шови	5.2	-33	32	-	12.500	0.160	200.0
Они	10.0	-27	38	2.4	6.500	0.174	112.8
Горный регион	5.8	-31	32.3	2.5	10.914	0.160	174.6
Гори	10.9	-28	40	4.5	5.872	0.049	28.8
Тбилиси	12.7	-23	35	3.9	4.961	0.066	32.7
Дманиси	7.8	-28	38	-	8.077	0.059	47.6
Гурджаани	12.4	-22	38	3.8	4.839	0.059	28.6
Телави	11.8	-23			5.170	0.069	35.7
Восточ. Грузия	11.04	-24.8	37.8	-4.1	5.491	0.059	32.4

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, что требует разработки оперативных схем расчета их переноса в атмосфере на основе физически и математически адаптированных моделей.

Успехи применения той или иной модели переноса аэрозольной примеси в атмосфере целиком обуславливаются реальностью используемых в численно интегрируемых уравнениях эмпирических «коэффициентов аккомодации», действительно «адаптирующих – приспособляющих» бездушный расчетный алгоритм к реальным условиям. Удачные примеры использования эмпирических коэффициентов в моделях переноса различных примесей в атмосфере позволяют успешно решать «обратные задачи» - оценивать в конкретных условиях по распределению примеси величины коэффициентов аккомодации.

Оказалось возможным, по реально измеренным экспериментальным профилям вертикального распределения аэрозолей различного генезиса, определять не только конкретные динамические характеристики, но и интегральные характеристики процессов переноса в атмосфере. «Интегральная скорость очистки нижней тропосферы» - параметр, определяемый экспериментально нами по многолетним данным специальной сети мониторинга на пунктах Кавказа по соотношению приземной концентрации примеси к вертикальному потоку той же примеси; имеет размерность скорости. Физический смысл этого параметра – эта та толща приземной атмосферы, которая очищается в результате суперпозиции всех процессов очистки (вымывание, гравитационное и турбулентное осаждение и т.д.) в единицу времени (обычно в км за сутки). Этот параметр обладает климатологической устойчивостью. Выявилось, что приморские регионы характеризуются большими скоростями очистки атмосферы, чем удаленные от побережья. Условно, градация 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. Подобные уточнения коэффициентов аккомодации в уравнениях переноса примеси в атмосфере существенно повышает эффективность модели переноса.

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. В результате исследования конструктивных особенностей дисковых распылителей, в которых технически достижимо получение высокодисперсного водного аэрозоля (размер частиц генерируемого «вымывающего» аэрозоля определяет эффективность вымывания), нам удалось получить расчетные формулы для определения дисперсности генерируемого водного аэрозоля, в зависимости от технических параметров дисковых распылителей [4,5]. В таблицах 3 и 4, для конкретных значений характеристик распылителя и рабочей жидкости, и для различных геометрий действующих сил, приведены ориентировочные расчетные величины на основе наших решений, выражающих связь между величиной диаметра капель, вязкости и поверхностного натяжения распыляемого рабочего раствора, с одной стороны и характеристик распылителя и параметров аэродинамических потоков, с другой стороны [4,5,6]. В приведенных оценках величин параметров использованы известные обозначения технических единиц: сек; Н – ньютон; кГ; М – метр; для угловой скорости - ω , вязкости воздуха - $\mu_{\text{з}}$ и рабочего раствора - $\mu_{\text{в.р.}}$, их же плотностей - $\rho_{\text{з}}$, $\rho_{\text{в.р.}}$, поверхностного натяжения - σ , объемного расхода рабочего раствора - Q , радиуса рабочего органа – диска распылителя - R и его линейной скорости - U .

Значения параметров в таблице 4, для которых проведены расчеты даны ниже:

$$\omega = 314 \text{ сек}^{-1}, \quad \mu_{\text{в.р.}} = 1004 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Н}}{\text{М}} \cdot \text{С}, \quad \rho_{\text{з}} = 1,21 \text{ кГ/м}^3,$$

$$\rho_{\text{в.р.}} = 10^3 \text{ кГ/м}^3, \quad \sigma = 726,9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Н}}{\text{М}}, \quad \mu_{\text{з}} = 1,83 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Н}}{\text{М}} \cdot \text{С},$$

$$Q=10^{-6} \text{ л/сек}, \quad R=0,1 \text{ м}, \quad U=300 \text{ м/сек}.$$

При расчетной схеме 5б, когда центробежную силу уравновешивают сразу все действующие силы, (сила поверхностного натяжения, аэродинамическое сопротивление и спурный поток – случай векторного сложения), имеем два решения. В случае сил, действующих по нормали, величина $d\phi$ стремится к d из простейшего случая 1а. Надо помнить, что генерированный водный аэрозоль может укрупняться в спурном потоке (кагуляция или скорее динамическое слипание капель воды); в дальнейшем, при усилении процесса коагуляции (с ростом величины капли) согласно критерию Вебера, силы аэродинамического сопротивления, действующие на каплю вызывают ее разрушение

Таблица 3.

Основные параметры и расчетные формулы для дисперсности.

Исходные величины	Действующие силы	Баланс сил	Варианты
d (мкм) _ диаметр капли.	$S = 2\pi R\sigma$ _ поверхн. натяжение	$\vec{G} = \vec{S}$	1 а
ω (обр.сек) _ угловая скорость диска распыл.	$G = \frac{\pi d^2}{6} \rho_{\text{жидк.}} \omega^2 R$ _ центробежная сила.	$\vec{G} + \vec{A} = \vec{S}$	1 б
R (см) _ радиус диска.	$A = \frac{\pi d^2}{4} \rho_{\text{жидк.}} \frac{\omega^2 R^2}{2} K$ _ действующая на каплю сила аэродин. сопротивления	$\vec{G} + [\vec{S} + \vec{A}] = \vec{A}_{\text{сп}}$	2а
$\left(\frac{KT}{M^3}\right) \rho_{\text{жидк.}} P_{\text{жидк.}}$ _ плотн. раб. жидкости отн. воздуха.	$A_{\text{сп}}$ _ сила аэродинам. сопрот. от спутного потока.	$\vec{G} + \vec{A} + \vec{A}_{\text{сп}} = \vec{S}$	2 б
$\mu_{\text{жидк.}} \mu_{\text{возд.}}$ _ вязкости раб. жидкости и воздуха.			3а
$(H/\mu)\sigma$ _ коэфф. поверхн. натяжения раб. жидкости.			3а
U _ скорость воздушного потока			4а
$\frac{24}{Re} = K$ _ аэродинамич. коэффциент.			5 б
$Re = \frac{d u \rho}{\mu}$ _ число Рейнольдса		$[\vec{S} + \vec{A}_{\text{сп}}] + \vec{A} = \vec{G}$	
Q _ расход рабочей жидкости.			

Таблица 4.

Вид решения и результаты оценочных расчетов диаметра капли.

Номер расч. схемы	Вид решения	Диаметра капли (мм)
1а	$d = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{жидк.}} R}}$	0,21
1б	$d = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{жидк.}} R}} \cdot \sqrt{Q \omega \rho_{\text{жидк.}}^{1/2} \mu_{\text{жидк.}}}$	0,90
2а	$d = \frac{1}{\omega} \sqrt[4]{\left(\frac{66}{\rho_{\text{жидк.}} R}\right)^2 - \left(\frac{18 \omega \mu_{\text{жидк.}}}{\rho_{\text{жидк.}}}\right)^2}$	0,20
2б	$d = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{жидк.}} R}} \left[\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 + B^2}} + \sqrt[3]{A - \sqrt{A^2 + B^2}} \right]$	0,89

	$\text{где: } A = \frac{\omega}{12\zeta} \left(\frac{9\mu_{\text{вост.}} Q^2 \rho_{\text{вост.}}}{4\Pi^2 \omega R} \right)^{1/3}; \quad B = \frac{10,9\omega^2 Q^2 \mu_{\text{д.}}^2}{\zeta^2}$	
3 а	$d = \frac{U}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{вост.}} R} \left[\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 + B^3}} + \sqrt[3]{A - \sqrt{A^2 + B^3}} \right]}$ $\text{где: } A = \frac{\omega^2 \rho_{\text{вост.}} R^3 \mu_{\text{д.}}^2}{6U^4 \zeta^3}; \quad B = \frac{9\mu_{\text{д.}} \omega^2 R^2 + 3\mu_{\text{д.}} \omega R \zeta + \zeta^2}{3U^4 \zeta^2}$	1,77
4а	$d = \frac{U}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{вост.}} R} \left[\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 + B^3}} + \sqrt[3]{A - \sqrt{A^2 + B^3}} \right]}$ $\text{где: } A = \frac{3\mu_{\text{д.}}^2 \rho_{\text{вост.}} R^2}{U^3 \zeta^3}; \quad B = \frac{9\mu_{\text{д.}}^2 \omega^2 R^2 + \zeta^2}{3U^4 \zeta^2}$	1,58
5б I.	$d = \frac{U}{\omega} \sqrt{\frac{66}{\rho_{\text{вост.}} R} \left[\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 + B^3}} + \sqrt[3]{A - \sqrt{A^2 + B^3}} \right]}$ $\text{где: } A = \frac{6U\mu_{\text{д.}} R \left(2\Pi R^2 \omega^2 \rho_{\text{вост.}} \right)^{1/3} + 6(3\mu_{\text{вост.}} Q)^{1/3}}{12\Pi^{1/3} U^{9/12} \zeta^{3/2} R^{1/8}};$ $B = \frac{0,21\mu_{\text{д.}}^{1/3} \omega^2 R^2}{U^4 \zeta^2}$ $d\varphi = \frac{1,90}{\omega} \sqrt{\frac{6\omega\mu_{\text{д.}}}{\rho_{\text{вост.}}}} \cos \frac{\varphi}{3} \quad \text{где: } \varphi = q / \rho^{3/2}$	1,30 0,30

– вторичную диспергацию при критическом значении числа Вебера: $We = \rho \frac{U^2 d^2}{\zeta}$. Указанные в таблице оценки размеров диаметров капли будут среднестатистическими оценками.

Найденные решения позволяют оценить порядок величин диаметра капель. Меняя параметры рабочего органа и рабочей жидкости можно регулировать дисперсность, а следовательно и скорость вымывания; это позволяет практически существенно снизить временные и экономические затраты на ликвидации аврийного выброса высокотоксичного аэрозоля [5,6].

В начале 70-ых годов прошлого века началось успешное сотрудничество с учеными института геофизики Грузии. В то время целесообразность этого сотрудничества было обосновано академиком И.В.Петряновым-Соколовым и профессором А.Г.Сутугиным следующими аргументами:

- Институт геофизики обладал по тем временам уникальным экспериментальным комплексом - «барокамерой», которая давала возможность имитировать высокие слои атмосферы, что было благоприятно для экспериментов по некоторым тематикам, разрабатываемым в НИФХИ;
- Там же, была Противоградковая служба Грузии, со своими обширными полигонами в регионе Кахети, что давало возможность проводить полевые испытания в атмосфере;

- Наличие квалифицированного научного персонала, с опытом работы в полевых условиях, давало возможность проводить натурные исследования трансформации атмосферного аэрозоля в широком спектре климатических условий (температура, влажность, солнечная радиация, атмосферное электричество), что открывало уникальные возможности изучения естественных источников атмосферного аэрозоля и его генезиса.

Руководствуясь именно этими соображениями, в результате сотрудничества с геофизиками из Грузии, были проведены уникальные исследования, которые опубликованы в научных отчетах и в открытой печати. Коротко подведем итоги этих совместных исследований, особенно подчеркнув перспективность продолжения подобных исследований, тем более, что возможно более широкое внедрение результатов этих исследований:

- Было сконструировано и испытано изделие «Метка» (на базе противораковой ракеты «Алазань»), которая не только существенно повышает эффективность противораковых работ, но и может быть незаменимым при необходимости радиовизуализации высокотоксичных выбросов от техногенных аварий, с большим экономическим эффектом.

- С использованием получения тонкодисперсных нитей (при технологии нетканого получения фильтрующих материалов ФП), при осаждении на эквипотенциальных плоскостях в статическом электрическом поле проведены эксперименты по отработке уникальной технологии упаковки, хранения и перевозки высокоценных фруктов и пищевых продуктов, с минимальными потерями (технология «Кокон»).

Особенно перспективным в научно-практическом плане видится сотрудничество по линии изучения атмосферных аэрозолей. Грузия одна из немногих стран, в которой, начиная с середины прошлого, XX века были проведены уникальные измерения атмосферного аэрозоля и некоторых переменных компонент атмосферы. Достаточно назвать лишь некоторые из них:

а) в Абастуманской обсерватории Грузии до сих пор идут непрерывные измерения «сумеречного неба»; «аэрозольной оптической толщи атмосферы», измеряется приземная концентрация озона; именно здесь были проведены несколько серий совместного Советско-Американского эксперимента «Афаэкс»;

б) в 70-ых годах прошлого века совместно с Эстонскими учеными из Тыреларе, на Самсарском геофизическом полигоне ЗакНИГМИ, были проведены уникальнейшие «подспутниковые измерения» дифракционным спектрометром; результаты этих измерений до сих пор ждут серьезных совместных обработок;

в) примерно в те же годы в промышленном комплексе Рустави-Тбилиси, по программе академика К.Я.Кондратьева проходил геофизический эксперимент по международной программе «КЭНЭКС», обеспечиваемый большой наземной сетью и специальным исследовательским самолетом; эти материалы также ждут своих исследователей;

г) в 80-ых годах, с интервалом в несколько лет, исследовательская группа НИФХИ им. Л.Я.Карпова (Загайнов В.А.) провела в Аджарии и в Кахетии (на Руиспирском полигоне) измерения полного спектра фонового атмосферного аэрозоля, выявившие интересную картину генерации естественного атмосферного аэрозоля в горных регионах.

К моменту распада СССР, в многочисленных ведомствах велись целевые разработки по изучению взаимодействия конденсационного аэрозоля различного генезиса; во всех этих

разработках, под различными «легендами» («Штора», «Завеса», «Чародейка») принимали участие ученые Грузии; этот потенциал не имеет смысла не использовать.

Все эти уникальные результаты измерений, объединенные в одном международном проекте, подкрепленные систематическими данными мониторинга аэрозольного компонента и некоторых переменных компонент атмосферы помогут выявить реальную картину глобальной динамики атмосферного аэрозоля атмосферы средних широт Земли, дать реальную оценку антропогенного вклада в изменении современного климата. Это вполне достойная и сложная научная задача, актуальность которой, вне всякого сомнения.

Не требует особого обоснования крайняя необходимость создания международной станции слежения за аэрозольной компонентой и переменными компонентами атмосферы на Южном Кавказе, вдоль «большого энергетического коридора» на средства Международного проекта МНТЦ, в виде Международного стационара в Боржоми (Грузия). Эту нашу инициативу, надеюсь, поддержит многие научные центры, не только в России, но и за рубежом.

Список литературы:

Цицкишвили М.С. (1974). Исследование очищения атмосферы с помощью радиоактивных аэрозолей. Труды Межд. симпозиума «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г. Гидрометеиздат, Л., сс. 150 –156.

Гавашели Ш.Г., Цицкишвили М.С. (1980). Некоторые результаты изучения атмосферных аэрозолей в Закавказье. Труды Закавказского НИИ Гидрометеорологии, вып. 66 (72). Гидрометеиздат, Ленинград, сс. 18-39.

Shatberashvili, M. Tsitskishvili, et all. Integrated Characteristics in Models aerosol Transfer in Atmosphere. ISTC Russian – Canadian Workshop “Modelling Atmospheric Dispersion of Weapons Agents. June 19 -21, 2006. Moscow., pp. 102 -104.

Изделие «Метка» для изучения структуры и динамики воздушных потоков в околооблачном пространстве. Ж. «Метеорология и гидрология», 1987, №1, сс.118–120. (Авторы: Бессонов В. А., Гришин Ю.П., Иорданский М.А., Суругин А.Г., Карцивадзе А.И., Несмеянов П.А., Петрянов И.В., Цицкишвили М.С.) .

Гавашели Ш.Г., Цицкишвили М.С. (1977). Атмосферные аэрозоли на Кавказе – глобальный аспект. Материалы III Всесоюзной конференции по аэрозолям. Москва, ГКНТ СССР. Секция приборн. и промышл., сс. 62-64.

Амиранашвили А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. (1974). Оценка коэффициента турбулентной диффузии по вертикальному распределению продуктов распада радона. Труды Международного симпозиума «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г. Гидрометеиздат, Л., сс. 40 – 46.

Лушников А.А., Токарь Я.И., Цицкишвили М.С. (1981). Две точно решаемые модели коагулирующих систем с источником частиц. Доклады АН СССР, 1981 г., т. 256, №5. сс. 1155 – 1158.

Петрянов-Соколов И.В., Цицкишвили М.С.(1983). Задачи защиты воздушного бассейна. В кн.: «Сборник материалов научно-практической конференции – Актуальные проблемы экологии». Тбилиси, «Саб. Сакартвело», сс. 444 - 448.

Цхакая К.Г., Цицкишвили М.С.(1988). Дистанционные оценки размеров, концентрации и химизма аэрозолей промышленных выбросов. – В кн. «Груды Всесоюзной конференции «Использование вычислительной техники для решения проблемы охраны окружающей среды в теплоэнергетике». Севастополь, 1988 г. Киев, ИТТФ АН УССР, сс. 73 –77.

Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Гидрометеоиздат. Л. 1975, 448 с.

Бызова Н. Л. Рассеяние примеси в пограничном слое атмосферы. Гидрометеоиздат. М. 1974, 190 с.

Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Пер. с англ. Изд. “Химия”, Л. 1969, 426 с.

Цицкишвили М.С. Результаты радиоэкологического мониторинга в Закавказье. Автореферат докторской диссертации. М., 1991, 82 сс.

Цицкишвили М.С. Современное исследование аэрозолей в Закавказье. Груз.тех. информ. 04 Серия “Геофизика”, вып. 2, 1987, 52 с.

Цицкишвили М.С., Вахтанов П.В., Шатберашвили И.Г, Мыльников А.А. К вопросу определения дисперсности аэрозолей в дисковых распылителях. Сообщение АН ГССР, январь 1990. 137, №1, ч. 1, сс. 129 – 132.

Some results of studies and prospect for active actions on the atmospheric aerosols

Tsitskishvili M.S., Lushnikov A.A., Zagainov V.A., Pkhaladze M.G., Amiranashvili A., Tskhakaia K., Chikhladze V., Kikvadze R., Goginava I.B.

Summary

For the characteristic of stability of an atmosphere which defines ground wind - diffused carry polluting an aerosol, in settlement schemes of carry of an impurity in a ground atmosphere it is offered " conditionally -climatic parameter " m which is calculated on long-term climatic data. This parameter states an adequate estimation of instability of a ground layer of an atmosphere in models of carry of an aerosol impurity. It also is effective for carrying out of preliminary researches on optimum accommodation of the large enterprises with greater cubic capacity toxic emissions in an atmosphere.

For concrete values of characteristics of a spray and a working liquid rough settlement sizes on the basis of our decisions expressing communication between size of diameter of drops, viscosity and a superficial tension of a sprayed working solution, on the one hand, and characteristics of a spray and parameters of aerodynamic streams, on the other hand, are resulted.

Аннотация.

Для характеристики устойчивости атмосферы, которая определяет приземный ветро-диффузионный перенос загрязняющего аэрозоля, в расчетных схемах переноса примеси в приземной атмосфере предложен «условно - климатический параметр» m, который вычисляется по многолетним климатическим данным. Этот параметр дает адекватную оценку неустойчивости приземного слоя атмосферы в моделях переноса аэрозольной примеси. Он также эффективен для проведения предварительных исследований по оптимальному размещению крупных предприятий с большеобъемными токсичными выбросами в атмосферу.

Для конкретных значений характеристик распылителя и рабочей жидкости приведены ориентировочные расчетные величины на основе наших решений, выражающих связь между величиной диаметра капель, вязкости и поверхностного натяжения распыляемого рабочего раствора, с одной стороны и характеристик распылителя и параметров аэродинамических потоков, с другой стороны.