

Оптика атмосферы и океана – неоконченный урок взаимодействия оптического излучения со средой распространения

Г.Г. Матвиенко, В.А. Погодаев*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 29.11.2011 г.

Проанализирована публикационная деятельность журнала «Оптика атмосферы и океана», и выделены приоритетные направления научных исследований на основе публикаций рубежа первого десятилетия XXI века.

Ключевые слова: оптика атмосферы, распространение лазерного излучения, филаментация фемтосекундного импульса; atmospheric optics, propagation of laser radiation, femtosecond filamentation.

Данным выпуском мы открываем юбилейный 25-й том журнала «Оптика атмосферы и океана». Журнал основан Постановлением Президиума АН СССР № 859 от 15 сентября 1987 г., в котором сказано: «Поручить Институту оптики атмосферы Сибирского отделения АН СССР всю необходимую работу для обеспечения регулярного и своевременного выпуска Журнала...» Пост главного редактора журнала был доверен академику В.Е. Зуеву – организатору Института оптики атмосферы СО АН СССР (ныне ИОА СО РАН).

Оптика атмосферы в Томске «зародилась» практически одновременно с Сибирским отделением АН СССР. ИОА СО РАН был открыт на базе лаборатории инфракрасных излучений Сибирского физико-технического института Томского государственного университета в сентябре 1969 г. [1]. Создание этой лаборатории началось в декабре 1955 г., т.е. примерно за 14 лет до открытия ИОА СО РАН. В то время Сибирскому физико-техническому институту правительственным постановлением было поручено выполнение темы, связанной с исследованием эффективности работы тепlopеленгаторов и приборов ночного видения при различных условиях в атмосфере [2].

В начале 60-х гг. XX в., когда идея лазера стала обрывать «железом» технических решений, на специалистов обрушилась лавина сообщений по лазерной тематике [3]. «Появление лазеров с их уникальными свойствами дало толчок стремительному развитию оптики атмосферы в последнюю четверть века. Многообразные применения лазеров в системах, работающих в атмосфере, таких как системы связи, локации, дальнометрирования, на-

вигации и многих других, а также широкие возможности их использования для зондирования самой атмосферы потребовали пересмотра практически всех основ «классической» и создания новой «лазерной» оптики атмосферы» [4].

В этой связи состав редакционной коллегии журнала был сформирован из ведущих ученых и специалистов отраслевых министерств. Нам представляется, что эта традиция не будет нарушена и в дальнейшем. В становлении журнала большую поддержку своими публикациями оказали известные ученые: К.Я. Кондратьев, А.П. Иванов, А.П. Сухоруков, С.Д. Творогов, М.В. Кабанов, В.В. Зуев, Г.И. Горчаков, Л.Т. Матвеев, А.С. Гурвич, В.П. Кандидов, а также представители отраслевой науки – П.А. Бакут, Н.В. Чебуркин, В.В. Морозов, В.В. Валдуев, Ю.А. Коняев, А.Б. Игнатъев.

В нашем журнале наряду с активнейшим автором академиком К.Я. Кондратьевым печатались и печатаются академики Г.С. Голицын, Г.А. Жеребцов, Б.М. Ковальчук, А.М. Прохоров, Ф.В. Бункин, С.Н. Багаев, С.П. Бугаев, А.И. Савин, А.П. Лисицин, Г.Г. Матишов, Г.В. Смирнов, Г.А. Месяц, О.Н. Крохин, Г.Ф. Крымский, члены-корреспонденты РАН Н.А. Ратахин, С.Г. Раутиан, В.Л. Миронов.

Позволим себе подчеркнуть присутствие в числе авторов на страницах журнала лауреатов Нобелевской премии А.М. Прохорова и К.Р. Shine.

После сказанного нет необходимости убеждать читателя в комплексности и сложности проблем, освещаемых журналом. За каждым именем легко видеть не по одному направлению развиваемых исследований, прямо или косвенно влияющих на развитие оптики окружающей среды. Добавим только, что за прошедший период в журнале опубликованы результаты по различным направлениям оптики атмосферы и океана, выполненные в 18 зарубежных

* Геннадий Григорьевич Матвиенко (mgg@iao.ru);
Виталий Алексеевич Погодаев (kam@iao.ru).

странах. Наиболее активны исследователи Германии, Франции, США, Китая, Японии.

Решение подобных проблем невозможно без объединения усилий разных специалистов, без организации и проведения натуральных исследований в различных географических регионах.

Учитывая финансовые трудности начала 90-х гг. XX в., не позволяющие всем желающим присутствовать на заседаниях конференций и симпозиумов по вышеобозначенной проблеме, освещающих ее отдельные направления, журнал «Оптика атмосферы и океана» с 1992 г. практикует издание тематических выпусков, позволяющих в концентрированном виде знакомить читателя с результатами, полученными за предыдущие год-два. С 1994 г. сформировался вполне самостоятельный тематический выпуск «Аэрозоли Сибири» (под редакцией М.В. Панченко), публикуемый ежегодно. В кулуарных разговорах участников Рабочей группы «Аэрозоли Сибири» часто можно слышать фразу «журнал в журнале». Речь идет именно о тематических выпусках журнала по материалам заседаний очередной Рабочей группы.

В 12-м номере каждого тома журнала можно найти «Указатель статей и кратких сообщений, опубликованных за истекший год». Все статьи конкретного выпуска скомпонованы в соответствии с рубрикаторм журнала, и, таким образом, читатель легко может составить собственное мнение о приоритетах рубрикатора.

Беглый обзор публикаций за три последних года говорит о том, что основные приоритеты в рубрикаторе и взаимовлияние рубрик можно выстроить следующим образом:

- Распространение оптических волн.
- Оптика кластеров, аэрозолей и гидрозолей.
- Оптические модели и базы данных оптической информации об окружающей среде.
- Атмосферная радиация, оптическая погода и климат.
- Аппаратура и методы оптической диагностики окружающей среды.

При этом, если не учитывать тематические выпуски, можно считать рубрику «Оптика кластеров, аэрозолей и гидрозолей» преобладающей.

Фактически на заре становления «лазерной оптики», в начале 1963 г., «в ВПК был представлен проект создания экспериментального лазерного локатора для ПРО, получившего условное название ЛЭ-1...». В конце 60-х гг., когда на Балхашском полигоне строился ЛЭ-1, рядом с этим локатором был создан также специальный измерительный комплекс для контроля и изучения состояния атмосферы и прохождения через нее лазерного излучения. В этой работе большую роль сыграли ученые ИОА СО РАН под руководством академика В.Е. Зуева [3].

Опыт работы по учету атмосферных факторов при натуральных исследованиях разрабатываемых оптико-электронных систем (в том числе и лазерных) показывает, что аппаратура и методика, используемые для этого, должны обеспечивать диагностику оптических характеристик атмосферного канала в любой момент времени проведения исследований

[5]. Эксперименты показали, что сейчас основная проблема учета влияния атмосферных факторов на ослабление лазерного излучения заключается в адекватном описании процесса аэрозольного ослабления (а еще глубже в знании микрофизики взаимодействия лазерного излучения различной мощности с частицами аэрозоля и атмосферными газами).

В плане диагностики наблюдающихся вариаций и изменчивости климата необходимо знать, насколько значительно и необычно глобальное потепление; наблюдаются ли существенные изменения общей циркуляции атмосферы и океана, а также осадков и влагосодержания атмосферы; какова роль аэрозолей в климатических процессах и как быстро изменялся климат в прошлом. Бесспорны изменения в составе атмосферы: увеличение содержания углекислого газа, аэрозолей, ряда парниковых газов и, возможно, уменьшение содержания стратосферного озона, а также изменение структуры поля облачности. Большинство установленных фактов [6] связано с прямым влиянием аэрозолей не только на радиационный режим атмосферы, но и на фазовые переходы воды, в первую очередь на образование облачности, на изменение химического состава атмосферы (гетерогенные и фотохимические реакции), на нагрев поверхностных слоев океана и на альбедо снежных и ледниковых поверхностей.

Учитывая огромное разнообразие источников и стоков, химического состава частиц и высокую пространственно-временную изменчивость их свойств, можно сделать вывод, что сведения об оптических характеристиках аэрозоля и их трансформации под воздействием всего комплекса геофизических процессов на сегодняшний день могут быть получены только экспериментальным путем [7]. Исходя из данной постановки вопроса, авторы [7] схематично представили обобщенную эмпирическую модель оптических характеристик аэрозоля для нижнего 5-км слоя атмосферы Западной Сибири. Модель основана на данных многолетнего самолетного зондирования вертикальных профилей коэффициентов направленного рассеяния (на длине волны 0,51 мкм), функции распределения частиц по размерам, содержания поглощающего вещества (сажи). Приведенные в [7] результаты относятся к средним значениям восстанавливаемых величин для каждого из сезонов года, тем не менее предлагаемая модель дает возможность восстановления необходимых оптических характеристик для каждой конкретной атмосферной реализации, если потребитель располагает каким-либо набором измеряемых величин (приземные значения коэффициентов рассеяния, величина аэрозольной оптической толщи, метеопараметры и т.д.), являющихся входными параметрами модели.

Большой объем, доступность, надежность и глобальность охвата информации об аэрозольно-оптических параметрах атмосферы, получаемой наземными станциями мониторинга, а также с помощью приборов, размещенных на воздушных и космических платформах, приводят к тому, что в последнее

время активно разрабатываются идеи использования этих данных для решения как научных, так и практических задач охраны окружающей среды. Например, аэрозольная оптическая толща из предмета академического исследования становится средством и инструментом решения экологических задач [8, 9].

Отметим развиваемые методы определения микрофизической основы частиц аэрозоля в контролируемых лабораторных условиях. В комплексной постановке теория—эксперимент, обсуждение, эксперимент—теория исследованы особенности динамики комплексного показателя преломления (КПП) для трех фракций частиц при старении в течение 2 сут смешанных древесных дымов, образованных при одновременной генерации частиц от двух источников в режимах пиролиза и пламенного горения. На начальной стадии формируется дым, в котором показатель поглощения уменьшается с ростом крупнодисперсности частиц в среднем в 600 раз. При долговременном старении дыма происходит уменьшение показателя поглощения микродисперсных сажевых частиц в 1,2 раза, сопровождаемое ростом его значений для средне- и крупнодисперсных частиц в 1,5 и 4,7 раза соответственно. Это означает, что динамика микрофизического состава дыма на всех стадиях его существования в основном обусловлена проникновением сажи из нанометрового диапазона в область более крупных размеров частиц за счет коагуляции.

Численный эксперимент показал, что для корректного решения обратной задачи при старении смешанных дымов *необходимо использовать только соответствующие данному моменту времени значения КПП*. Попытки решения обратной задачи при неизменных во времени значениях КПП приводят к возрастанию в несколько раз невязки между измеренными и восстановленными оптическими характеристиками относительно невязки для истинных значений КПП в конкретный момент времени, составляющей 6–10%.

Развиваемый подход обеспечил с высокой точностью восстановление истинного значения КПП оптически активных частиц среднedisперсного диапазона размеров [10–13].

Известно, что приземная атмосфера представляет собой слабоионизованную аэрозольно-газовую среду, находящуюся в электрическом поле Земли. В [14] предложена физическая гипотеза, позволяющая заключить, что напряженность атмосферного электрического поля через диффузионный механизм заряда микродисперсного аэрозоля влияет на оптические свойства атмосферы. Предполагается, что рост напряженности электрического поля в зимних дымках может служить предвестником образования смоговой ситуации.

В современных исследованиях климата изучению образования и эволюции аэрозольных частиц в присутствии ионов уделяется серьезное внимание. Например, на формирование климата большое влияние оказывают процессы облакообразования, в которых конденсация на атмосферных ионах мо-

жет играть существенную роль. Имеющиеся результаты говорят о том, что около 10% от суммарного количества аэрозоля в мезосфере образуется благодаря нуклеации на ионах [15].

Согласно [5] аэрозольное ослабление лазерного излучения при распространении в атмосфере является наиболее значимым, а знание оптических характеристик частиц одного и того же аэрозольного образования в различные моменты времени [10] решающим при прогнозе условий распространения излучения, и при интерпретации полученных данных. Это особенно важно для решения задач нелинейной оптики атмосферы при распространении мощного лазерного излучения разнообразного спектрального состава и различном режиме излучателей (от непрерывного до импульсов фемтосекундной длительности) в реальной атмосфере. Именно здесь задача адекватного описания аэрозольного ослабления требует знания микрофизики взаимодействия интенсивного излучения с частицами аэрозоля различного происхождения [16–18].

К настоящему времени установлены и изучены механизмы оптической нелинейности жидкокапельных сред. Разработаны эффективные методы расчетов. Созданы полуэмпирические модели, обеспечивающие прогнозирование потерь энергии и направленности мощных лазерных пучков на протяженных атмосферных трассах. Разработаны физические основы новых методов диагностики дисперсных сред.

Оставаясь актуальным направлением на протяжении многих десятков лет [3], оптика атмосферы переживает новый этап развития благодаря созданию мощных фемтосекундных лазерных систем, с которыми связаны перспективы развития оптических технологий в изучении природных явлений.

Мы с удовольствием отмечаем, что для данного направления атмосферных исследований страницы нашего журнала традиционно являются привлекательными [19–26]. Это подтверждают две работы настоящего выпуска [27, 28].

Следует извиниться перед читателем за столь подробный (но далеко не полный) библиографический список опубликованных работ по данному направлению. Мы лишь хотели подчеркнуть его актуальность и сконцентрировать ссылки на ключевые результаты.

Характеризуя использование фемтосекундного излучения в атмосферных исследованиях, необходимо уточнить, что данное направление полностью «погружается» в раздел «Аппаратура и методы оптической диагностики окружающей среды».

Как видно из изложенного выше, активно проводятся лабораторные исследования. Не будем забывать, что земная атмосфера кроме жидких и твердых частиц аэрозоля содержит газовые компоненты. В методологии заметен переход от экспериментов, демонстрирующих возможности и перспективы зондирования атмосферы ультракороткими импульсами, к тщательному изучению новых явлений в атмосферной оптике, возникающих при распространении таких импульсов в реальной атмосфере.

В молекулярной среде взаимодействие ультракоротких импульсов с колебательно-вращательными переходами молекул воздуха является нестационарным, поскольку длительность импульсов меньше времен как колебательной, так и вращательной релаксаций, а ширина спектра импульса излучения перекрывает несколько колебательно-вращательных полос, например молекул H_2O и O_2 в полосе генерации Ti:Sa-лазера.

Высокая мощность ультракоротких импульсов, сконцентрированная в малом объеме пространства, приводит к появлению особенностей нелинейного взаимодействия излучения с молекулярной атмосферой, связанных с комбинированным действием нелинейных эффектов, таких как многофотонная или туннельная ионизация молекул, керровская нелинейность, нелинейное резонансное поглощение газовыми компонентами и т.п. Возникновение новых каналов передачи энергии лазерного излучения в среду приводит к существенному усложнению процесса его взаимодействия со средой, реализации нелинейных эффектов, которые не наблюдаются при импульсах наносекундной длительности [29, 30].

Задачи атмосферной оптики можно традиционно разделить на два класса — прямые и обратные. Первый класс включает задачи о взаимодействии световой волны с веществом атмосферы и о прогнозировании распространения света на атмосферной трассе. Второй связан с извлечением информации о свойствах атмосферы из анализа характеристик оптических полей, которые определяются путем решения прямых задач. Вовлечение космических платформ в программы атмосферных и поверхностных исследований подняло актуальность обратных задач на новый уровень.

На первоначальном этапе развития космической техники основными видами информации об атмосфере и подстилающей поверхности Земли, получаемой с борта космических аппаратов, являлись фотометрические и радиометрические изображения. Это связано с тем, что сначала развитие техники космического зондирования было сосредоточено на пассивных системах видимого, инфракрасного и СВЧ-диапазонов. Активное дистанционное зондирование с помощью лидаров обеспечивает более высокое пространственное разрешение, недоступное пассивным и активным радиолокационным системам, и позволяет оперативно получать более полные и детальные сведения о различных характеристиках атмосферы.

Лидары используют различные эффекты взаимодействия световых импульсов с атмосферной средой и показывают высокую эффективность в определении ее физических характеристик (температура, давление, ветер) и содержания взвешенных частиц и газовых примесей от поверхности Земли до высот 80–100 км [31]. При этом возможности лидаров обеспечивают изучение атмосферных процессов в масштабах от нескольких кубических метров и нескольких секунд до глобальных с многолетними рядами данных.

Приведем некоторые сведения о разработке методов лидарного зондирования атмосферы с по-

мощью ультракоротких импульсов, а также макетов и опытных образцов лидаров различного назначения. Отмеченные в настоящем сообщении (в виде соответствующих ссылок) особенности взаимодействия ультракоротких импульсов с природными дисперсными средами создают физическую основу для использования фемтосекундных лазеров в атмосферно-оптических исследованиях, позволяя снять ряд ограничений, накладываемых на параметры излучения тепловой нелинейностью и оптическим пробоем воздуха. В постановке задачи авторы [32] ограничились режимом линейного распространения, полагая, что пиковая интенсивность импульса не превышает границ филаментации, т.е. уровня 10^{12} – 10^{13} Вт/см². Однако в этом случае с укорочением длительности лазерного импульса существенно нестационарным становится сам процесс рассеяния на частицах, размеры которых сопоставимы с геометрическими размерами импульса: появляется временной сдвиг во временных и угловых профилях падающего и рассеянного излучения, изменяются интегральные характеристики рассеяния.

Полученные предварительные результаты [32] указывают на возможность существенного увеличения сигнала обратного рассеяния за счет эффекта снижения степени анизотропии индикатрисы рассеяния облачных капель, что не противоречит известным экспериментальным данным. В дальнейшем авторы [32] предполагают оценить совместное влияние динамического характера индикатрисы рассеяния и оптических коэффициентов взаимодействия на формирование поля многократного рассеяния фемтосекундного лазерного импульса.

Возможности измерения скорости и направления ветра 2-микронным импульсным когерентным доплеровским лидаром в условиях слабого эхосигнала можно найти в [33], интересны также работы [34, 35].

Упомянем еще две публикации, освещающие результаты разработки различных лидарных систем [36, 37]. Арктический лидар [37] успешно проработал 6 лет в автономном режиме на о. Элсмир (Канада). Лидар предназначен для проведения непрерывных, продолжительных и абсолютных измерений коэффициента обратного аэрозольного рассеяния, оптической толщи и коэффициента деполяризации на высотах от 75 м до 30 км.

Историю разработки, наземных и летных испытаний первого отечественного космического лидара можно найти в [38].

Заканчивая локальный обзор новых методов оптической диагностики окружающей среды, отметим, что работы по построению исследовательского аппаратного парка на современной элементной базе продолжают.

Наряду с разработкой астрономических приборов, в которых обеспечивается адаптивная коррекция волнового фронта оптической волны, современной тенденцией стало также внедрение адаптивной коррекции в уже существующие телескопы. При этом дорогостоящий телескоп получает новые возможности, увеличивается его эффективность [39].

Разработан и изготовлен мобильный спектрофотометрический комплекс, предназначенный для одновременных исследований фотометрических и спектральных характеристик излучения различных объектов наблюдений в лабораторных и полевых условиях. Приведены примеры использования комплекса при регистрации серебристых облаков, полярных сияний и собственного свечения ночной верхней атмосферы в различных областях спектра [40].

С целью изучения спектрального состава, пространственного распределения свечения ночного неба и полярных сияний в ближней инфракрасной области спектра создан инфракрасный меридиональный спектрометр [41]. Прибор разработан в полевом варианте и может функционировать при любых погодных условиях.

Несмотря на несомненную актуальность, задача измерений количества, интенсивности и распределения частиц осадков по размерам с требуемой точностью еще далека от окончательного решения. В статье [42] представлены результаты разработки недорогого малогабаритного оптико-электронного измерителя осадков на основе современных электронных компонентов и достижений информационных технологий.

Итак, проведенный анализ публикационной деятельности журнала «Оптика атмосферы и океана» и приоритетных направлений научных исследований свидетельствует о том, что достигнуты значительные результаты в области лазерной оптики атмосферы. Однако необходимо констатировать также, что многообразие и причины природных явлений еще далеко не изучены и пределы их познания необозримы. Очень современно и сейчас звучат слова великого ученого и просветителя мирового значения М.В. Ломоносова: «Натура тем паче всего удивительна, что в простоте своей многохитростна и от малого числа причин произносит неисчислимые образы свойств, перемен и явлений» [43], и только «...разум с помощью науки проникает в тайны вещества, указывает, где истина. Наука и опыт только средства, только способы собирания материалов для разума...».

Свое 25-летие редколлегия журнала «Оптика атмосферы и океана» встречает с ощущением значительности пройденного пути и уверенностью в том, что необходимо публиковать результаты исследований не только по уже сложившимся направлениям, но и по новым направлениям фундаментальных и прикладных исследований в соответствии с требованиями времени.

1. Зуев В.Е. Сорок лет оптике атмосферы в Томске // Оптика атмосфер. и океана. 1997. Т. 10, № 4–5. С. 363–381.
2. Зуев В.Е. История Института оптики атмосферы СО РАН и основные этапы деятельности за 25 лет (1969–1994 гг.) // Оптика атмосфер. и океана. 1995. Т. 8, № 1–2. С. 5–17.
3. Зарубин П.В. Академик Басов, мощные лазеры и проблема противоракетной обороны // Квант. электрон. 2002. Т. 32, № 12. С. 1048–1064.
4. Зуев В.Е. Оптика атмосферы. Итоги и перспективы // Оптика атмосфер. 1988. Т. 1, № 1. С. 5–12.

5. Погодаев В.А. Прозрачность приземной атмосферы для излучения импульсного СО₂-лазера: условия стабильности коэффициента пропускания // Оптика атмосфер. и океана. 1997. Т. 10, № 10. С. 1133–1138.
6. Ивлев Л.С. Аэрозольное воздействие на климатические процессы // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 392–410.
7. Панченко М.В., Козлов В.С., Польшкин В.В., Терпугова С.А., Тумаков А.Г., Шмаргунов В.П. Восстановление оптических характеристик тропосферного аэрозоля Западной Сибири на основе обобщенной эмпирической модели, учитывающей поглощающие и гигроскопические свойства частиц // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 1. С. 46–54.
8. Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Бедарева Т.В., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Нолбен В., Smirnov A. Аэрозольная оптическая толща атмосферы в Дальневосточном Приморье по данным спутниковых и наземных наблюдений // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 654–660.
9. Сакерин С.М., Афонин С.В., Энгель М.В., Кабанов Д.М., Польшкин В.В., Турчинович Ю.С., Букин О.А., Павлов А.Н. Пространственно-временная изменчивость аэрозольной оптической толщи атмосферы в Приморье и прилегающих морях в августе 2010 г. // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 9. С. 731–736.
10. Рахимов Р.Ф., Козлов В.С., Шмаргунов В.П. О временной динамике комплексного показателя преломления и микроструктуры частиц по данным спектрофотометрических измерений в смешанных дымах // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 10. С. 887–897.
11. Рахимов Р.Ф., Макиенко Э.В. Некоторые методические дополнения к решению обратной задачи для восстановления параметров дисперсной структуры дымов смешанного состава // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 3. С. 183–189.
12. Рахимов Р.Ф., Макиенко Э.В., Шмаргунов В.П. Вариации оптических постоянных и спектра размеров дымовых аэрозолей, образованных при термическом разложении разнородных древесных материалов // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 4. С. 248–258.
13. Рахимов Р.Ф., Макиенко Э.В., Панченко М.В. Оптико-микрофизические свойства смешанных дымов от нескольких разнесенных источников // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 8. С. 675–683.
14. Пхалагов Ю.А., Ужegov В.Н., Польшкин В.В., Козлов В.С., Ипполитов И.И., Назорский П.М. Исследования изменчивости и взаимосвязи оптических и электрических характеристик приземной атмосферы в зимних условиях // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 4. С. 269–274.
15. Лапшин В.Б., Палей А.А., Балышев А.В., Болдырев И.А., Дубцов С.Н., Толыгин Л.И. Эволюция аэрозоля нанометрового диапазона в сухой и увлажненной газовой среде под воздействием коронного разряда // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 11. С. 997–1001.
16. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Панина Е.К. Моделирование многофотонно возбужденной флуоресценции сферической капли, облученной ультракоротким лазерным излучением, с помощью метода вычислительной электродинамики // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 12. С. 1120–1126.
17. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Панина Е.К. Особенности формирования фотонной наноструи от многослойных сферических микрочастиц // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 617–622.

18. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Панина Е.К. Пространственные и мощностные характеристики нанополей вблизи изолированных сферических частиц // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 8. С. 666–674.
19. Апекимов Д.В., Букин О.А., Быкова Е.Е., Гейнц Ю.Э., Голик С.С., Землянов А.А., Землянов А.А., Ильин А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К., Соколова Е.Б. Взаимодействие гигаваттных лазерных импульсов с жидкими средами. Часть 1. Взрывное вскипание крупных изолированных водных капель // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 7. С. 536–542.
20. Букин О.А., Быкова Е.Е., Гейнц Ю.Э., Голик С.С., Землянов А.А., Ильин А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К., Соколова Е.Б., Хабибуллин Р.Р. Взаимодействие гигаваттных лазерных импульсов с жидкими средами. Часть 2. Спектральные и угловые характеристики рассеяния на миллиметровых водных каплях // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 648–653.
21. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А. Влияние пространственной фокусировки на характеристики филаментации фемтосекундного лазерного излучения в воздухе // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 4. С. 274–280.
22. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А. Характеристики филаментов при распространении мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и в воде: I. Качественный анализ // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 9. С. 749–756.
23. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А. Характеристики филаментов при распространении мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и в воде: II. Численное моделирование // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 9. С. 757–760.
24. Апекимов Д.В., Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К., Степанов А.Н. Эффективные характеристики тераваттного фемтосекундного лазерного излучения на горизонтальной атмосферной трассе // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 11. С. 1006–1013.
25. Букин О.А., Быкова Е.Е., Гейнц Ю.Э., Голик С.С., Землянов А.А., Ильин А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К., Соколова Е.Б. Филаментация острогофокусированного ультракороткого лазерного излучения на 800–400 нм. Измерения нелинейного коэффициента преломления воздуха // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 351–358.
26. Землянов А.А., Бульгин А.Д., Гейнц Ю.Э. Дифракционная оптика светового филамента, образованного при самофокусировке фемтосекундного лазерного импульса в воздухе // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 10. С. 839–847.
27. Кандидов В.П., Шленов С.А. Тепловое самовоздействие лазерных пучков и филаментация импульсов в турбулентной атмосфере // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 1. С. 11–17.
28. Гейнц Ю.Э., Ионин А.А., Землянов А.А., Кудряшов С.И., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунцугашева Е.С. Особенности фокусированного распространения мощных лазерных импульсов фемтосекундной длительности в воздухе при пониженном давлении // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 1. С. 18–25.
29. Матвиенко Г.Г., Пономарев Ю.Н., Тихомиров Б.А., Тихомиров А.Б., Кирсанов А.В., Кисилев А.М., Степанов А.Н. Оптико-акустические измерения поглощения фемтосекундного излучения Ti:Sa-лазера атмосферным воздухом // Оптика атмосфер. и океана. 2004. Т. 17, № 1. С. 95–97.
30. Кисилев А.М., Пономарев Ю.Н., Степанов А.Н., Тихомиров А.Б., Тихомиров Б.А. Поглощение фемтосекундного излучения Ti:Sa-лазера атмосферным воздухом и водяным паром // Оптика атмосфер. и океана. 2006. Т. 19, № 8. С. 678–683.
31. Матвиенко Г.Г., Банах В.А., Бобровников С.М., Бурлаков В.Д., Веретенников В.В., Кауль Б.В., Креков Г.М., Маричев В.Н. Развитие технологий лазерного зондирования атмосферы // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 10. С. 915–930.
32. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Креков Г.М., Матвиенко Г.Г. Рассеяние фемтосекундного лазерного импульса сферическими полидисперсными частицами: моделирование методом Монте-Карло // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 5. С. 325–332.
33. Банах В.А., Brewer A., Пичугина Е.Л., Смалыхо И.Н. Измерения скорости и направления ветра когерентным доплеровским лидаром в условиях слабого эхосигнала // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 5. С. 333–340.
34. Mitev V., Matthey R. Consistency between backscatter lidar products and visibility range // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 12. С. 1051–1054.
35. Бычков В.В., Пережогин А.С., Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Маричев В.Н., Матвиенко Г.Г., Белов А.С., Черемисин А.А. Лидарные наблюдения появления аэрозолей в средней атмосфере Камчатки в 2007–2011 гг. // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 1. С. 87–93.
36. Бобровников С.М., Горлов Е.В. Лидарный метод обнаружения паров взрывчатых веществ в атмосфере // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 12. С. 1055–1061.
37. Разенков И.А., Eloranta E.W., Hedrick J.P., Garcia J.P. Арктический лидар высокого спектрального разрешения // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 1. С. 94–102.
38. Балин Ю.С., Тихомиров А.А. История создания и работы в составе орбитальной станции «Мир» первого российского космического лидара БАЛКАН // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 12. С. 1078–1087.
39. Лукин В.П., Антошкин Л.В., Ботыгина Н.Н., Григорьев В.М., Емалеев О.Н., Ковадло П.Г., Коняев П.А., Копылов Е.А., Скоморовский В.И., Трифонов В.Д., Чупраков С.А. Развитие элементов адаптивной оптики для солнечного телескопа // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 12. С. 1099–1104.
40. Железнов Ю.А., Хомич В.Ю., Платов Ю.В., Семенов А.И. Мобильный спектрофотометрический комплекс // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 5. С. 425–431.
41. Ролдугин А.В., Дашкевич Ж.В., Лебедь О.М., Федоренко Ю.В., Пильгаев С.В. Инфракрасный спектрометр: дизайн и предварительные результаты // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 611–616.
42. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Оптико-электронный двухканальный измеритель осадков // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 11. С. 990–996.
43. Ломоносов М. Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее. СПб.: Изд-во Императорской АН, 1757. С. 42.

G.G. Matvienko, V.A. Pogodaev. Atmospheric and ocean optics as uncompleted task of interaction of optical radiation with a propagation medium.

Publications of Atmospheric and Oceanic Optics journal are analyzed and priority orientations of the scientific researches are sorted out based on the papers at the turn of the first decade of XXI century.