

В лабиринтах отражения света

Без малого 40 лет прошло с тех пор, как белорусские физики в процессе практического апробирования оптических технологий представили миру лидары. В далекие 1960-е годы непосредственно изобретение лазера подтолкнуло исследователей к созданию этой уникальной техники для изучения земных и космических глубин. Их первыми экспериментами на нарочанских водоемах и новаторскими технологическими решениями активно интересовались коллеги, что послужило поводом для приглашения к участию в масштабных экспедициях международного формата. Теперь уже мало кто вспоминает, что свое «боевое крещение» белорусские лидары получили в знаменитом Бермудском треугольнике.

ПО СТОПАМ КАПИТАНА НЕМО

Реально, конечно, в океане не увидишь никакого «дьявольского треугольника»: так мореплаватели «окрестили» территорию водной акватории между полуостровом Флорида, островом Куба и Бермудскими островами. Но их рассказы о катастрофах в тех местах и о различных необычных явлениях впечатляют. Очевидцы удивляют историями о кораблях-призраках, потере ориентации судна по бортовым приборам, внезапно образующихся крутящихся воронках на поверхности океана, неожиданно и быстро меняющейся погоде – от полного штиля до яростного шторма. Нечто похожее на водяные горы в районе Бермуд разглядели даже космонавты из космоса...

В XXI веке легенды об этом гиблом районе Атлантики несколько поутихли, а ведь когда-то, в 1970-х годах, о «зловещем треугольнике» не говорил разве только ленивый. Фортуна распорядилась так, что и белорусским исследователям суждено было оставить свой след в Бермудском треугольнике: их пригласили для участия в международной научно-исследовательской экспедиции «Полимоде». Название проекта включает слова «Полигон» и «Моде» – сокращение английского термина

Аркадий Петрович Иванов – глава белорусской группы исследователей в одной из экспедиций «Полимоде». 1970-е годы



«срединно-океанический динамический эксперимент».

– Полигонные эксперименты – дело очень трудное и дорогостоящее, – подчеркнул член-корреспондент Национальной академии наук, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Беларуси Аркадий Петрович Иванов, в прошлом глава белорусской группы исследователей в одной из экспедиций «Полимоде». – Обычно в таких работах бывает занято несколько судов и сотни ученых и моряков. Совместный советско-американский эксперимент «Полимоде» и сегодня по праву считается крупнейшим в истории океанографии проектом по изучению природы и синоптических вихревых течений в динамике вод Мирового океана. Советские суда совершили в этот район 15 рейсов и проплавали около 5 судолет. Учеными было снято более 5 тысяч профилей вертикального распределения характеристик верхнего слоя океана, выполнено около 3 миллионов измерений скорости течений.

Исследовательский полигон – около 300 тысяч квадратных километров – действительно находился почти в центре Бермудского треугольника, хотя в задачу ученых не входило выяснение степени достоверности связанных с ним легенд.

– По большому счету, мы не ставили своей целью опровержение сенсационных выдумок и преувеличений, – поясняет Аркадий Петрович, – скорее стремились понять загадки природы, на которые довольно щедр этот район Атлантики: все эти штормы, смерчи, глубинные течения. Находясь на научно-исследовательском судне «Академик Вернадский», в течение трех месяцев мы совершили немало рейсов в западную часть Саргассова моря.

В 1970-е годы с помощью уникальных приборов – прозрачномеров в рамках международной экспедиции «Полимоде» ученые из Беларуси стремились

изучить возможности максимального распространения световой волны в океане.

– Глубина океанских вод местами достигает 5 километров, – рассказал глава белорусской группы экспедиции. – Но разработанные в лаборатории оптики рассеивающих сред Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси прозрачномеры нас не подводили: позволяли почти мгновенно определять прозрачность воды на значительных глубинах без остановки судна. Как правило, видимость в толще чистых морских вод 30–40 метров. Нам же удалось в ряде районов обнаружить уникальную прозрачность порядка 70 метров.

Знаменательно, что именно в 1970-е годы американские и советские океанологи обнаружили в районе Бермуд любопытное новое явление – синоптические подводные вихри. Белорусские ученые присоединились к изучению этого загадочного природного явления,

провели лазерное зондирование подводных вихрей, которое показало, что прозрачность воды в воронке существенно отличается от окружающих водных масс.

Согласно наблюдениям, такие вихри могут быть довольно значительными по размерам, делиться на более мелкие, самостоятельные, или, наоборот, сливаться в одну мощную воронку, могут проникать на глубину более полутора километров, с горизонтальными размерами от 100–150 до 300–500 метров. Они обладают огромными запасами кинетической энергии, которая в сотни раз превышает энергию течений более крупных масштабов. Наряду с этим, вихри заметно влияют на энергетический баланс Мирового океана, поскольку в них заключено до 90 % его кинетической энергии.

– На водной поверхности заметить их не просто, а вот на глубинах до 500 метров движения водных масс достаточно мощные. Синоптические вихри считаются порождением движения экваториальных течений,

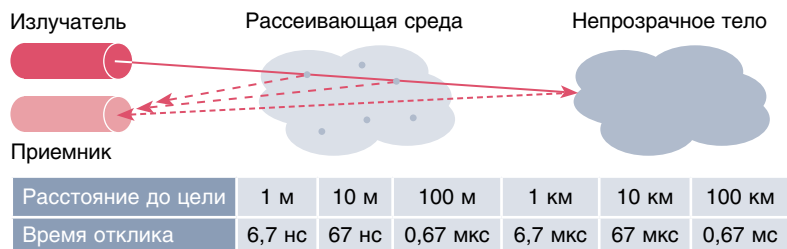
Прозрачномер, разработанный в лаборатории оптики рассеивающих сред Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси



приходящих в теплые воды Гольфстрима. Самое примечательное при этом, что «экспортируемая» вода, проделав огромный путь в несколько тысяч километров, сохраняет все свои первоначальные особенности: температуру и минерализованность. Массы по краю воронки движутся порядка 5–20 км в сутки. Уровень воды в центре больших воронок может быть ниже общего уровня. Но это не значит, что они образуют воронки, которые просто засасывают корабли. Не являются такие глубинные вихри и особенностью Бермудского треугольника, впоследствии они были обнаружены и в других местах Мирового океана, но природу их появления и развития до сих пор точно не знает никто, – констатирует Аркадий Иванов.

В истории известны случаи, когда общепризнанным научным достижением становилось то, что сначала считалось курьезом. Мореплаватель и исследователь Отто Коцебу, например, прославился тем, что первым додумался, как проводить визуальные наблюдения прозрачности морской воды. Придуманый способ был не сложным: на тросе за борт он опускал обыкновенные столовые тарелки и следил за глубиной их погружения в разных местах Тихого океана. Впоследствии наблюдения с помощью стандартного белого диска диаметром 30 см стали частью многих океанографических и гидрографических исследований.

Своеобразная погружная гидрооптическая техника была в наличии и у белорусских ученых, участников экспедиции «Полимоде». Исследования оптических свойств воды проводились по всей трассе следования судна. Опуская и поднимаемая прозрачномеры, исследователи фиксировали на каждой глубине, вплоть до 2 км, прозрачность воды, ее поглощение, рассеяние, границу проникновения света. К слову, аналогичные параметры можно было получить и лазерным сканированием, но, по словам специалистов, лазерный импульс «снимает» сразу весь профиль и не может глубоко «пробить» водную массу, да и полученные показания не так точны. Разумеется, что оптический – это всего лишь один из способов изучения свойств океана. Однако и он позволяет выяснить, какие биологические процессы



происходят на глубине. Одно из очевидных практических применений собранных знаний – помощь рыбакам в поисках косяков рыбы. Многие процессы, которые белорусские ученые наблюдали во время плавания в разных экспедициях, они моделировали затем в лабораторном бассейне, который в то время был специально создан для подобных апробаций в Институте физики в Минске. Особенно вопрос распространения лазерного излучения в воде интересовал тогда военных, которые инициировали и финансировали проведение работ по данной тематике. В результате сотрудники Института физики стали участниками трех первых союзных программ в области оптики лазеров. Перепроверяя свои гипотезы, что называется, в родных пенатах, исследователи еще долго делились с коллегами воспоминаниями о 9-балльном шторме, который им пришлось пережить в Бермудском треугольнике, тридцатиградусной жаре тропиков, впечатляющем Саргассовом море с клочками дрейфующих зеленых водорослей, летучими рыбами, сопровождавшими корабль во время экспедиции.

В широко известном романе Жюль Верна «Двадцать тысяч лье под водой» есть следующие строки: «...чтобы ориентироваться в пути, необходим свет, который рассеивал бы тьму...». Писатель во многом предвидел, что с течением времени люди найдут способ, как добыть более глубокие знания о Мировом океане. В этом белорусские ученые пошли по стопам капитана Немо: с помощью своих оптических приборов прозрачномеров пронизывали морские глубины лучом света, постигая тайны водной стихии. Собранные во время тех экспедиций «Полимоде» банки данных до сегодняшнего дня – основа оценки ряда процессов, протекающих в океане.

Что касается Бермудского треугольника, то и он со временем не потерял для уче-

ных своей привлекательности: этот район справедливо считают кухней погоды для большей части Земли, в том числе и для Европы. Потому что именно в этом пресловутом треугольнике, как оказалось, взаимодействие океана и атмосферы проявляется очень выразительно.

ИНДИКАТОРЫ АТМОСФЕРЫ

Предшественницей и в некотором смысле прародительницей лазерных технологий является оптика. Правда, путь, пройденный человечеством от гипотез о природе света известных мыслителей Пифагора, Аристотеля, Евклида, изучения зеркальных световых зайчиков и разноцветного эффекта радуги до изобретения первых очков и лазерных, а затем и современных лидарных технологий, исчисляется веками.

Несмотря на то, что для исследования атмосферы Земли, ее газового состава, перемещения воздушных масс применяются всё новые и новые технологии, свое приоритетное место лидары удерживают с 1980-х годов с завидным постоянством. Согласно принятому официально определению, LIDAR (англ. Light Detection and Ranging) – это технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

– Лидар способен послать в атмосферу мощный световой лазерный импульс, а затем уловить рассеянную от аэрозольных частиц ничтожно малую часть возвратившейся к наблюдателю световой энергии этого импульса, – поясняет Аркадий Иванов общий принцип действия этих современных приборов. – Анализируя информацию, «заложен-

Принцип действия лидара

Измерительный комплекс, установленный на крыше Института физики имени Б.И. Степанова, состоит из трехволнового сканирующего лидара (слева) и автоматического спектрального солнечного фотометра



ную» в зарегистрированном лидаром рассеянном свете, можно определять размеры и форму примесных частиц – аэрозолей, пыли, газов в атмосфере в различное время года и суток и их концентрацию в зависимости от высоты, скорости и направления перемещения, контролировать глубину озонового слоя и множество других параметров. Иначе говоря, осуществлять мониторинг загрязнения планеты на больших воздушных пространствах.

Мог ли кто предположить, что лидары, которые «путешествовали» с белорусскими учеными в международной экспедиции «Полимоде» больше как первые экспозиционные модели, через какие-то три десятилетия начнут широко использоваться в крупнейших международных программах по изучению атмосферы.

Особенно велика их роль в получении данных о составе атмосферы по огромным акваториям, где они, наряду с метеорологическим оборудованием, служат своеобразными индикаторами природных катаклизмов и техногенных катастроф. Специалисты утверждают, что информация, которую эти лазерные приборы «считывают» в слоях атмосферы, повышает точность получения климатической картины любого региона.

Об успешном использовании этой технологии, не так давно сугубо военной, в задачах экологического мониторинга, управления воздушным движением с вододушевением рапортуют ученые западных стран, выдвигая новые направления применения лазерного зондирования. Один из выпущенных германским центром авиации и космонавтики лидаров, например, установлен в аэропорту Франкфурта между двумя взлетно-посадочными полосами, расположенными близко друг к другу. Он измеряет скорость воздушных вихревых следов от двигателей самолета, приближающегося к одной посадочной полосе, а также перемещения воздуха над другой полосой, вызванного его приближением. Такая информация используется службой управления воздушным движением для обеспечения безопасной посадки самолетов по двум полосам.

Импульсный когерентный лидар на углекислом газе французской фирмы Labo-

ratoire de Meteorologie Dynamique (LMD) применяется для измерения параметров атмосферы и скорости ветра. Дальность действия прибора в горизонтальном направлении – около 12 км, в вертикальном – вплоть до тропопаузы.

Особенно активно ученые всего мира, в том числе и Беларуси, с помощью лидарной техники изучают газовый состав атмосферы. В первую очередь их внимание привлек озон. Этот газ, более 85 % которого находится в стратосфере, защищает биосферу Земли от вредного влияния ультрафиолетового излучения Солнца. В то же время большие концентрации озона в тропосфере способствуют развитию парникового эффекта и образованию фотохимического смога, что отрицательно воздействует на

животный и растительный мир планеты, а также на здоровье людей. Специалисты озабочены выявленными тенденциями еще с начала 1970-х годов, когда было выяснено, что каждые 10 лет

концентрация озона в тропосфере увеличивается примерно на 10 % и на столько же снижается в нижних слоях стратосферы.

– Озон – одна из самых изменчивых составляющих земной атмосферы. Общее содержание озона (ОСО) над каждым конкретным регионом определяется фотохимическими процессами образования и разрушения в верхней стратосфере и процессами переноса воздушными массами в более низких слоях, – отметил Аркадий Петрович. – Согласно измерениям, величина ОСО на территории Беларуси меняется в диапазоне 220–450 единиц Добсона. Характерным является формирование повышенных значений максимумов концентрации в весенний период и их уменьшение во втором полугодии. Мы осуществляем мониторинг аэрозоля в верхней тропосфере и стратосфере одновременно с измерениями профилей концентрации озона. Лидарные

Созданная белорусскими учеными передвижная лидарная станция



исследования озоносферы, проведенные в лаборатории оптики рассеивающих сред Института физики НАН Беларуси, показали, что произошедшие в последней четверти XX века изменения в стратосферном озоновом слое, так взволновавшие человечество, определялись частично влиянием вулканических извержений с забросом продуктов извержения в стратосферу.

– Основной источник этого вещества в стратосфере – тропосферно-стратосферный обмен и мощные вулканические извержения, выбросы которых могут «пробить» тропопаузу и доставить аэрозоль в стратосферный слой, – пояснил главный научный сотрудник, один из основателей этой лаборатории Аркадий Иванов. – Последним, наиболее мощным за время наблюдений вулканическим извержением был взрыв вулкана Пинатубо в июне 1991 года на Филиппинах. В результате в атмосфере было выброшено огромное количество газов и аэрозоля. С этого времени и в Беларуси зафиксирован процесс формирования стратосферных аэрозольных облаков и их последующая диссипация.

Во всем мире сегодня одна из обсуждаемых экологических проблем – пылевые бури. Это природное явление можно разглядеть, как говорится, и невооруженным глазом: когда в воздухе появляются крупные частицы, концентрация которых очень велика, небосвод становится не голубым, а серым. Как следствие, нарушается световой и тепловой режим, поскольку уменьшается солнечное излучение, проходящее через атмосферу. Даже в достаточно чистых регионах оседающая на поверхность пыль существенно влияет на биологические и климатические процессы.

Измерения в рамках сетей EARLINET и CIS-LiNet показали, что пылевые бури пустынь Африки, Центральной и Средней Азии загрязняют атмосферу Европы, Восточной Сибири, Приморского края и альпийской зоны Тянь-Шаня. Реакция природных комплексов не однозначная.



Установленный в Институте физики НАН Беларуси многоволновой лидар с рамановскими каналами входит в Европейскую лидарную сеть EARLINET

Например, когда пыль из пустыни Гоби поступает в Японское море, возрастает концентрация хлорофилла А, что связано с усиленным развитием водорослей вследствие попадания в верхний океанский слой минеральной фракции. Пылевые выбросы среднеазиатских пустынь часто оседают на снежные и ледяные покровы гор Тянь-Шаня. Это приводит к усилению процесса таяния, уменьшению размеров ледников.

В Беларуси в течение года фиксируется, как правило, до 10 существенных эпизодов трансграничного переноса пыли, который происходит через Средиземноморский регион в основном на высотах 3–7 км. Нельзя сбрасывать со счетов и источники катастрофически сильных загрязнений стратосферы – крупные извержения вулканов. Когда на Филиппинах произошло сильное извержение вулкана Пинатубо, то первые признаки появления мутности стратосферы над Минском наблюдались уже через месяц. Для мониторинга подобных экологических проблем лидарная техника просто незаменима.

Первопроходцы в ее создании – ученые Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси – продолжают совершенствовать лидары под конкретные научно-исследовательские задачи. К настоящему времени разработан целый комплекс лидаров различного назначения, в том числе стационарных и передвижных. Институт работает над созданием новых многоволновых лидаров, что позволит получать еще более точную информацию о структуре аэрозоля. Созданы стратосферная озоновая станция, станция панорамного обзора

ГДЕ КУПИТЬ ЖУРНАЛ?

ЖУРНАЛ «БЕЛАРУСКАЯ ДУМКА» ПРОДАЕТСЯ

Минск

Брестская область: Барановичи, Брест, Пинск

Витебская область: Витебск, Глубокое, Городок, Докшицы, Лепель, Орша, Полоцк, Поставы

Гомельская область: Гомель, Житковичи, Жлобин, Калинковичи, Мозырь, Речица, Рогачев, Светлогорск

Гродненская область: Гродно, Кореличи, Новогрудок

Минская область: Борисов, Вилейка, Молодечно, Слуцк, Солигорск

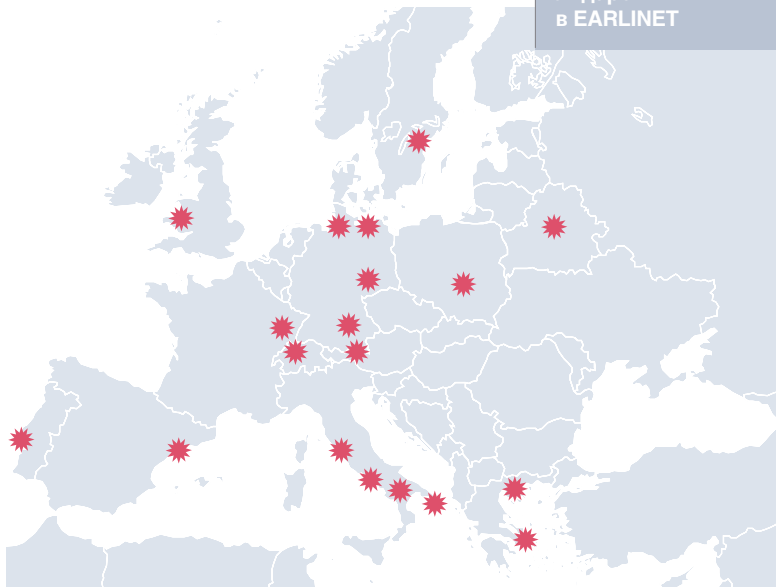
Могилевская область: Бобруйск, Глусск, Горки, Кировск, Могилев, Осиповичи, Чериков, Шклов

загрязнений Минска и передвижная лидарная станция.

Завершена работа по созданию «морозостойкого» лидара для изучения различных слоев атмосферы в Антарктиде. Его планируется установить на белорусской станции ледового материка, где он будет работать в условиях очень низких температур Южного полюса Земли. Пока что испытывать лидары будут во время зимовки на одной из российских станций.

Привлекательность и уникальность Антарктиды как полигона для разноплановых международных исследований заключается

Расположение
лидаров
в EARLINET



в том, что это самый экологически чистый район на земном шаре, условно можно сказать – эталон чистоты. Соответственно, чтобы уловить минимальное загрязнение, характерное для того девственного региона, необходима особо чувствительная техника. Территория на Южном полюсе Земли хороший полигон для изучения состояния атмосферы еще и в том плане, что озоновые «дыры» там тоже наиболее сильно проявляются.

Планируется, что полярные исследования будут включать изучение как атмосферы, так и снежного покрова Антарктиды. Проблема загрязнения качества снега – еще одно нестандартное направление, которое развивают белорусские физики, используя спутниковые данные. Уже доказано, что антропогенное загрязнение снега напрямую связано с вопросами изменения кли-

мата, а потому находит широкий резонанс в кругах научной общественности на всей планете. В рамках международной программы работают и белорусские специалисты, создавая новые методики использования космической информации для определения не только процессов, происходящих со снегом, но и изменения режимов таяния льдов.

Еще одной любопытной проблемой занимаются белорусские физики с использованием лидарных установок, а именно – изучением процессов образования облачности. Работая по 6-й рамочной Европейской программе, они исследуют структуру облаков методами лазерного зондирования. Достоверно известно, что значимую роль в формировании погоды и других климатических изменений играют не перистые облака, а именно кристаллические, которые формируются в стратосфере на расстоянии где-то 10 км от земли. По словам исследователей, такие облака – своего рода модуляторы распределения света и оказывают сильное влияние на погодные условия. На сегодняшний день по отраженному от облака лидарному сигналу можно определить его структуру образования и с большой долей вероятности предсказать, например, будет впоследствии град или всего лишь дождик.

ДИАГНОСТИКА СВЕТОМ

Мировая научная общественность ознакомилась с лидарами, этими уникальными и многофункциональными приборами, еще в 1990-е годы. Лидарная тематика прочно заняла свою нишу среди актуальных направлений исследований в нашей стране. Возникает вопрос: а как же гидрооптика?

К сожалению, за неимением в республике океанов и глубоких морских акваторий интересное направление по изучению загрязнений рек и озер, отпочковавшееся после международных океанических экспедиций, можно сказать, кануло в Лету. Возможно, к этим оригинальным идеям по лазерному зондированию и измерению оптических свойств воды, оценке с помощью поглощения света процента мутности и загрязненности водоема или поиску на глубине различных затонувших предметов ученые еще когда-нибудь вернуться.

– Вот мы атмосферу исследуем, рассеянный свет ловим с помощью лидаров, следим за спектральными изменениями, когда свет проходит через нее, изучаем, как он отражается от воды или распространяется в водной толще, – рассказывает Аркадий Иванов. – В процессе такого взаимодействия свет меняет свои свойства и состав. Вода, атмосфера, кожа человека обладают своими спектральными особенностями, поэтому отраженный свет несет уже приобретенные свойства среды. Причем проследить это можно в разных ипостасях: в динамике, во времени и в пространстве. Вспыхнул лазерный луч и сразу снял много показателей, информацию с разных кусочков атмосферы, работая на разных длинах волн и поляризации. Это важно для решения определенных экологических задач. Например, вулкан проснулся, через некоторое время все показатели меняются и в атмосфере.

Тот же принцип действия использован и для биологических тканей. Лазерный луч, падая на палец руки, отражается, фиксируя различные параметры кожного покрова. Так можно «снять» различные характеристики, отражающие состояние организма человека. В данном случае речь идет больше, конечно, о составе структуры кожного покрова.

Взяв за основу эту идею, ученые Института физики разработали уникальную медицинскую диагностическую установку, позволяющую в течение нескольких минут получить абсолютно безболезненным и бескровным способом информацию об основных параметрах крови: степени оксигенации – насыщении кислородом, состоянии капилляров в подкожном слое, количестве и форме эритроцитов, в целом о структуре поверхности кожного покрова. По словам исследователей, пациенту всего то надо будет положить палец руки под луч света. Сигнал отраженного от кожи света затем попадет в спектрометр, и после его обработки на мониторе компьютера будет зафиксирован окончательный результат. По завершении процесса отладки программного обеспечения на новой установке компьютер сможет выдавать диагноз в доли секунды. Причем спектр отраженного светового сигнала несет информацию не только о свойствах крови и периферических

Заведующий лабораторией оптики рассеивающих сред Института физики имени Б.И. Степанова А.П. Чайковский выступает с докладом на научной конференции в Иркутске



сосудов, но и о физических характеристиках кожи. С помощью данной оптической диагностики можно определить даже такую редкую болезнь, как красная волчанка.

Думается, что новое оборудование пригласится не только дерматологам, но и косметологам. Потому что в спектре отраженного света прекрасно видны и патологические, и возрастные изменения кожи. Так что в будущем можно будет, как говорится, наглядно увидеть эффекты, которые дают различные средства косметики и медицинские препараты.

Отслеживать меняющиеся характеристики крови пациента представляет особую важность и для тех, кто работает за операционным столом. Такая оперативность позволит хирургам получить реальную подсказку для постановки более точного диагноза за доли секунды.

Отраженный свет добавит точности в диагностике размеров, локализации и состоянии опухолевых тканей при онкологических заболеваниях.

– Эта работа осуществлялась в рамках Государственной научно-технической программы совместно со специалистами Белорусской медицинской академии последипломного образования и Республиканского научно-практического центра гематологии и трансфузиологии, – отметил Аркадий Петрович Иванов. – Следующим этапом, после окончательной доводки спектрофотометрического оборудования, станет клиническая практика. Надеемся, что у реальных потребителей в медицинской сфере наше ноу-хау получит хорошие отзывы.

ТЕОРИЯ, С КОТОРОЙ ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ

Вопросы переноса света в дисперсных рассеивающих средах получили карт-бланш не только в прикладном аспекте. Кроме практики, белорусские физики преуспели в развитии прикладной инженерной теории распространения света в рассеивающих средах, которую можно интерполировать на любые объекты. Поскольку вода, атмосфера, биологическая ткань обладают свойствами рассеивания, теория переноса в них идентичная.

– Разрабатывая теорию переноса в средах в целом, мы ее преломляли применительно к разным объектам, по мере того как возникали конкретные задачи, – пояснил Аркадий Иванов. – Теория одна и та же, только для воды исходные параметры будут иметь одни значения, а в атмосфере – другие, в биологических тканях – третьи. Поэтому наша лаборатория оптики рассеивающих сред занимается созданием общей теории, которую можно использовать на

Пять сканирующих лидаров на крыше беспилотного автомобиля Stanley



практике, сразу как появляется потребитель. А приложения ее возможны в разных областях. Актуальна она будет и для тех, кто занимается гидрооптикой, лазерным зондированием атмосферы, изучает процессы отражения на примере структур ткани человека.

На создание этой инженерной теории ушли десятки лет, она занимала умы белорусских физиков, пожалуй, с момента образования лаборатории более 40 лет назад. Цель была тоже грандиозной – обчислить

теоретически и предсказать эффективность подавляющего большинства ситуаций с работой систем, связанных с законами отражения света, не проводя сложные эксперименты. А именно, использовать теорию переноса, которая раньше была достаточно абстрактна, довести ее до практического применения и сделать методы расчета достаточно удобными. Полученным результатом ученые довольны. Что не удивительно, так как отечественным специалистам удалось развить настолько эффективные методы, которые по скорости и точности расчета значительно опережают современные компьютерные операционные системы. Так, при обработке и качественной интерпретации космической информации или лазерного зондирования атмосферы современной дорогостоящей вычислительной машине с использованием классической аналитической теории или численного метода Монте-Карло потребуется не менее суток. Для произведения расчетов белорусам по своей инженерной теории на персональном компьютере понадобится несколько минут. Итоговые результаты идентичны.

Приоткрывая секрет скоростных и в то же время достоверных вычислений, член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор Аркадий Иванов подчеркнул: «Надо хорошо чувствовать физику явления, тогда вы сможете безболезненно избавиться от ненужного балласта данных, превращающихся в бесконечный математический ряд, и просчитать только самую важную энергетическую формулу».

С таким серьезным багажом фундаментальных знаний белорусским физикам не заблудиться в лабиринтах отражения света. Вот и теорию они разработали авангардную, и в практике преуспели – готовы предложить ноу-хау. И приоритетное научно-исследовательское направление сохранили за собой. О чем, в частности, свидетельствует решение о создании в Национальной академии наук на базе Института физики, Института тепло- и массообмена и других ведущих научных учреждений страны Центра оптических технологий. Остается надеяться, что новая эра открытий на такой благодатной почве не за горами.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ ─