

УДК 535.2; 535.3; 550.35; 551.46; 551.521

© Т. А. Сушкевич*

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 125047, Миусская пл., д. 4, г. Москва, Россия

*e-mail: tamaras@keldysh.ru

ВСЕМИРНАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ПРОГРАММА «БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ»: МИРОВОЙ ОКЕАН И РАДИАЦИОННЫЙ ФАКТОР

Статья поступила в редакцию 09.02.2020, после доработки 25.03.2020

В интересах Всемирной Глобальной Научной Программы «Будущее Земли» проблемы эволюции, климата, экологии, глобального мониторинга и дистанционного зондирования Земли рассматриваются как радиационный фактор и исследуются на основе теории переноса излучения как сопряженные с учетом рассеяния и поглощения солнечного и собственного излучения. В теоретических и прикладных исследованиях в науках о Земле внедрился термин «Глобальная система», введенный Н.Н. Моисеевым: необходимы анализ и синтез знаний о развитии планетарной цивилизации. Особую значимость приобретает проблема адекватной оценки роли и веса моделируемых подсистем в долгосрочной эволюции всей «Глобальной системы», связанных в том числе с радиационным полем Земли. Радиационное поле Земли — единое физическое поле (электромагнитное излучение) и объединяющий фактор динамической системы Земля. Разработаны модели учета обмена и разделения вкладов излучения атмосферы и океана. По оценке экспертов радиационный фактор влияния на климатическую систему Земли составляет от 40 % до 60 %. Р.И. Нигматулин выдвинул гипотезу: «Океан — диктатор климата». H_2O и CO_2 , облачность и океан — главные конкурирующие факторы радиационного форсинга. Для исследований радиационного фактора влияния Мирового океана на изменение климата и эволюцию Земли необходимо международное сотрудничество с привлечением комплексных систем наблюдений радиационных процессов под водой, на воде и из космоса при поддержке суперкомпьютерного моделирования и big data.

Ключевые слова: будущее Земли, Мировой океан, радиационное поле, теория переноса излучения.

© Т. А. Sushkevich*

Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, 125047, Miusskaya Sq., 4, Moscow, Russia

*e-mail: tamaras@keldysh.ru

WORLD GLOBAL RESEARCH PROJECTS “FUTURE EARTH”: WORLD OCEAN AND RADIATION FACTOR

Received 09.02.2020, in final form 25.03.2020

The problems of evolution, climate, ecology, global monitoring and remote sensing of Earth are considered as a radiation factor in the interest of World Global Research Projects “Future Earth”. The problems are investigated as related on the basis of radiation transfer theory regarding scattering and absorption of solar and native radiation. The term “Global system”, implemented by N.N. Moiseev, was introduced in theoretical and applied research in the Earth sciences: analysis and synthesis of knowledge about the development of planetary civilization are required. The problem of adequate assessment of the role and authority of simulated subsystems in the long-term evolution of the entire “Global system”, including those related to the Earth radiation field, is of particular importance. The Earth radiation field is a uniform physical field (electromagnetic radiation) and a unifying factor of the Earth dynamic system. Models for accounting of exchange and separation of atmospheric and ocean radiation contributions have been developed. According to experts, the radiation factor of influence on the Earth climate system is from 40 % to 60 %. R.I. Nigmatulin proposed a hypothesis: “Ocean — the dictator of climate”. H_2O and CO_2 , cloud cover and ocean are the main competing factors of radiation forcing. To study the radiation factor of the World Ocean influence on climate change and evolution of the Earth, international cooperation is required with the use of integrated systems for observing radiation processes under water, on water and from space with the support of supercomputer modeling and big data.

Key words: Future Earth, World Ocean, radiation field, radiation transfer theory.

Ссылка для цитирования: Сушкевич Т.А. Всемирная глобальная научная программа «Будущее Земли»: Мировой океан и радиационный фактор // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2020. Т. 13, № 2. С. 103–109. doi: 10.7868/S2073667320020136

For citation: Sushkevich T.A. World global research projects “Future Earth”: World Ocean and radiation factor. *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2020, 13, 2, 103–109. doi: 10.7868/S2073667320020136

1. Введение

Глобальный вызов Конвенции «Повестка дня на XXI век» (Agenda 21), принятой на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года, Резолюции «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (Agenda 2030), принятой Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года, и проект, не имеющий аналогов по масштабам и значимости для всего человечества в мировой истории, — это Всемирная Глобальная Научная Программа «Будущее Земли» [1]. В 2018 году к Программе присоединилась Россия в лице Российской академии наук: Постановлением Президиума РАН от 27 июня 2018 года № 117 создан Российский национальный Комитет РАН.

Настоящая статья посвящается 200-летию великого географического открытия шестого материка в январе 1820 г., который назвали «Антарктида». Россия заявила о себе как о мировой морской державе. Антарктида окружена водами Атлантического, Индийского и Тихого океанов и оказывает существенное влияние не только на их течения, но и тепловой и радиационный режимы. Антарктида — научная лаборатория, особенно для климатологов, и огромный уникальный плацдарм для ученых, исследующих естественно-природные процессы без антропогенного воздействия в интересах Программы [1]. 10 февраля 1989 г. был проведен запуск космического аппарата (КА) «Космос-2000». Этот юбилейный спутник сфотографировал полярную шапку и материк, окруженный океанами, и доставил уникальные сведения о строении и структуре Антарктиды, позволившие уточнить географические карты. В настоящее время этот опыт дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса позволяет регулярно наблюдать за изменениями Антарктиды, Мирового океана и глобального альbedo Земли.

Фундаментальные основы Программы для обеспечения устойчивого развития и существования человеческого общества и государств на планете заложены в XX веке: это беспрецедентный расцвет математики, изобретение компьютера, интернета и невиданных ранее информационных, коммуникационных и цифровых технологий, а также выход человека в космос, освоение космического пространства, разработки систем глобальных наблюдений и дистанционного зондирования Земли, объектов и процессов на базе «световых технологий» при создании «Ракетно-ядерного щита» и реализации «Атомного» и «Космического» проектов. В годы «ядерных» угроз в XX в. ученые спасли планету для человечества. И этот опыт сейчас очень востребован, поскольку угроза глобальных изменений на планете уже очевидна. Программа «Будущее Земли» — естественный всеобъемлющий этап развития науки, технологий и цивилизации, направленный на обеспечение жизни на планете Земля.

В настоящей статье основное внимание уделено проблемам охраны планеты, связанных с радиационным полем Земли, переносу излучения в природных средах (атмосфера, океан, земная поверхность), роли солнечного и собственного излучения в глобальной Климатической системе Земли (КСЗ) и ДЗЗ. Выделены радиационный форсинг, роль влажности в разных фазовых состояниях, вклад океана и обмен излучением между атмосферой и океаном. Ученые-фантасты предсказывают «эпоху без океана». Эти проблемы требуют глубокой совместной проработки физиками, математиками, геофизиками, химиками, биологами и т. д.

2. Достижения и фундаментальные основы

2020 год — это год 75-летия Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг., но это и год 75-летия советского «Атомного проекта». Однако ключевым был **1942 год**. Разгар Великой Отечественной войны. Отправной точкой истории российской атомной отрасли стало сов. секретное Распоряжение Государственного Комитета Обороны № 2352сс от 28 сентября 1942 г. «Об организации работ по урану» с поручениями Академии Наук СССР. Научный потенциал советских ученых был достаточным и развивался благодаря созданной в 1925 г. Академии Наук СССР, а также основанным после 1917 г. научным институтам (Радиевый институт, Физико-технический институт, Физико-математический институт и др.). Развитием «Атомного проекта» явилось создание «Ракетно-ядерного щита», из которого сформировался «Космический проект», и в 1955 г. основана космическая отрасль. Необходимо извлечь бесценные уроки из этих успешных проектов — они способствовали развитию математики, физики, химии, теории и приложений наук о Земле и «computer sciences».

Три русских гения — «Три К» — Мстислав Всеволодович Келдыш (10.02.1911–24.06.1978) — Главный Теоретик космонавтики, Трижды Герой Социалистического Труда (1956, 1961, 1971); Сергей Павлович Королев (12.01.1907–14.01.1966) — Главный Конструктор космонавтики, Дважды Герой Социалистического Труда (1956, 1961); Игорь Васильевич Курчатов (12.01.1903–07.02.1960) — «Отец русской атомной бомбы», Трижды Герой Социалистического Труда (1949, 1951, 1954) — возглавили и совершили научно-техническую революцию (НТР) в середине XX в., их имена навечно вошли в историю мировой цивилизации человечества, СССР и России.

В середине XX в. благодаря М. В. Келдышу [2–4], фундаментальная и прикладная математика и электронно-вычислительные машины (ЭВМ) были подняты на такую высоту, что стали движущей силой НТР, и такими остаются в XXI-м веке. За математику, ЭВМ и расчеты отвечал М. В. Келдыш, который вместе с Дважды Героем Социалистического Труда академиком А.Н. Тихоновым (30.10.1906–07.10.1993) в 1953 г. основал первый в мире Институт прикладной математики АН СССР. В 1954 г. в этом институте вошла в строй первая советская математическая ЭВМ «Стрела».

14 февраля 1954 г. в кабинете М. В. Келдыша состоялось **первое совещание**, на котором впервые обсуждался вопрос о возможности создания и запуска в космическое пространство первого искусственного спутника Земли (ИСЗ). На ЭВМ «Стрела» были проведены расчеты для запуска первого спутника 4 октября 1957 г., космического полета первого космонавта 12 апреля 1961 г., первых в истории человечества полетов к Луне трех советских автоматических межпланетных станций: 02.01.1959 — «Луна-1», 14.09.1959 — «Луна-2», 04.10.1959 — «Луна-3». С этих КА были получены первые снимки Земли. Это был прорыв в вечность! Были заложены фундаментальные основы современной космонавтики и «цифровизации».

16 марта 1962 г. в СССР был запущен ИСЗ, положивший начало запускам огромного множества различных отечественных КА, известных на протяжении многих лет как спутники серии «Космос». Для проведения океанографических исследований из космоса, оперативного наблюдения за акваториями Мирового океана и ледовой обстановкой в Арктике и Антарктике независимо от погодных условий, сезона и времени суток, обеспечения безопасности мореплавания и выбора оптимальных маршрутов проводки судов были созданы автоматические специализированные КА серии «Океан». Создание космической системы «Океан» в СССР началось с проведения в 1979–1982 гг. научно-методических экспериментов с использованием двух океанографических КА «Океан-Э». Запуск первого КА «Океан-Э» с номером «Космос-1076» состоялся 12 февраля 1979 г., а 23 января 1980 г. был запущен второй КА «Космос-1151».

«Океан и короткопериодная изменчивость климата» — по такой проблематике с конца 1970 г. и в 1980-е гг. проводились крупномасштабные исследования в рамках советской программы «РАЗРЕЗЫ» под общим научным руководством академиков Г.И. Марчука и А.С. Саркисяна. Сначала эта программа имела только российскую принадлежность, но затем часть ее вошла в состав Международной программы по циркуляции Мирового океана (WOCE).

3. Наш девиз — обеспечить устойчивое развитие и спасти планету

В трудах отечественных ученых В.И. Вернадского [5] и Н.Н. Моисеева [6] фактически были сформулированы основные положения идеи устойчивого развития. Н.Н. Моисеев, пожалуй, первый перешел от географических понятий «климат» и «экология» к всепланетарным проблемам климата и устойчивого развития планеты и создал научные основы для исследований КСЗ и коэволюции природы и общества. Созрела идея сбалансированного сосуществования природы и человека, получившая название «идеи устойчивого развития».

Декабрь 1962 г. Впервые принимается Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН «Экономическое развитие и охрана природы» по инициативе и рекомендации ЮНЕСКО.

Июнь 1972 г. В Стокгольмской конференции участвовали делегаты 113 стран и 40 международных организаций, известные ученые и общественные деятели. Была принята «Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды», содержащая 27 принципов. Создали Программу ООН по окружающей среде (ЮНЕП). В 1994 году основан ЮНЕПКОМ — Российский национальный комитет содействия Программе ЮНЕП.

В **1978 г.** на XIV Генеральной ассамблее Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП) принята Всемирная стратегия охраны природы.

В **1983 г.** при ООН создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР). В 1987 г. опубликован отчет МКОСР под названием «Наше общее будущее».

Однако глобальные нарушения в природной среде продолжали нарастать, и стало понятно, что в современных условиях необходим поиск новой модели развития цивилизации. В **1989 г.** Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию, призывающую организовать проведение на уровне глав государств и правительств специальной конференции.

1992 г., 3–14 июня, первый «Саммит Земли» в Рио-де-Жанейро. Девиз конференции — «Наш последний шанс спасти планету» отразил актуальность проблемы. Важным документом Конференции стала «Повестка дня на 21 век» (Agenda 21) — это программа действий из 40 разделов, принятая представителями 179 государств — членов ООН и направленная на реализацию правительствами концепции устойчивого развития в XXI веке.

25 сентября 2015 г. Генеральная Ассамблея ООН принимает итоговый документ по повестке дня в области развития на период после 2015 г. — Резолюцию «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (**Agenda 2030**), которая согласована 193 государствами и включает декларацию, 17 целей развития и 169 задач.

Декабрь 2015 г. В масштабах планеты стоит актуальная проблема создания международного глобального мониторинга Земли с целью исследования её эволюции и прогнозирования естественно-природных стихийных бедствий и антропогенно-техногенных катастрофических процессов, а также экологических и климатических изменений в локальных и глобальных масштабах. С 30 ноября по 12 декабря 2015 г. в Париже состоялся 21-й Международный климатический саммит («Конференция сторон»), где участвовали главы более 150 государств, около 40 тысяч исследователей. 12 декабря 2015 г. было принято «Парижское соглашение согласно Рамочной конвенции ООН об изменении климата» («Парижское соглашение»), которое вступило в силу вместо «Киотского протокола». «Парижское соглашение» имеет широкомасштабный, динамичный и всеобщий характер и определяет на длительную перспективу вектор развития фундаментальных и прикладных исследований, которые по сути междисциплинарные и международные. По масштабности проблемы настолько грандиозны и сложны, что надежды на достоверные результаты и прогнозы можно оправдать только с помощью «сценарного» моделирования воздействия разных факторов на КСЗ на суперкомпьютерах и создания международных информационных ресурсов big data.

Неизгладимое впечатление осталось от интеллектуальной «мозговой» атаки ведущих советских специалистов по координации усилий в области экологии и климата под эгидой ООН (43-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН, **декабрь 1988 г.**) и при проведении «Глобального форума по защите окружающей среды и развитию в целях выживания» (Москва, **январь 1990 г.**). Более пяти тысяч участников, в том числе из США Альберт Гор (вместе с Ю. А. Израэлем в 2007 году получили Нобелевскую премию за исследования климата) и Карл Саган (вместе с Н. Н. Моисеевым и В. А. Александровым смоделировали сценарий «ядерной зимы»). Человечество столкнулось одновременно с двумя угрозами — ядерной и экологической. В обращении ученых АН СССР, подготовленном при участии академиков Г.И. Марчука, Н.Н. Моисеева, А.Л. Яншина, Ю.А. Израэля, К.Я. Кондратьева, Г.С. Голицына и др., предлагалось разработать международный кодекс экологической этики.

В **1989–1991 гг.** в СССР на высочайшем научном уровне шла подготовка к первому саммиту руководителей стран «Earth Summit'92», Рио-де-Жанейро, 1992 г. К сожалению, на этот саммит ученые СССР не попали, но страну представляли вице-президент России А.В. Ручкой и председатель СО РАН академик В.А. Коптюг, который издал информационный обзор и тем самым наши ученые узнали о происходящем и принятых документах саммита.

4. Международное сотрудничество и радиационный фактор

В отличие от «Киотского протокола» и других соглашений, которые создавались под влиянием глобалистов и в интересах внешнего управления экономиками разных стран, формирование Программы «Будущее Земли» началось в 2014 г. прогрессивным научным сообществом для координации международных исследований по устойчивому развитию окружающей среды и общества по совместной инициативе Международного совета по науке (ICSU основан в 1931 г.) и Международного научного совета по общественным наукам (ISSC основан в 1952 г.). После объединения в 2018 г. они переименованы в «Международный научный совет» (ISC) [7]. ISC — это неправительственная организация, представляющая 133 страны с уникальным глобальным членством, объединяющая 40 международных научных союзов и ассоциаций и более 140 национальных и региональных научных организаций, в том числе академии и исследовательские советы. В ISC вошел Международный союз геодезии и геофизики (IUGG основан в 1919 г.) — это международная организация, занимающаяся продвижением, распространением и распространением знаний о системе Земли, ее космической среде и динамических процессах, вызывающих изменения.

Миссия Программы «Будущее Земли» состоит в том, чтобы «создавать и объединять глобальные знания для усиления воздействия исследований и поиска новых путей ускорения устойчивого развития» и мобилизовать международное сообщество глобальных исследователей. Программу поддержали крупнейшие международные правительственные организации в сфере науки, образования и культуры: ЮНЕСКО, Программа Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), Международный университет ООН, Международная метеорологическая организация (WMO), Бельмонтский форум, Сеть организаций по устойчивому развитию (SDSP) и др.

Программа начала действовать с 2015 года. Научные исследования и синтез в Программе осуществляются рядом международных сетей, известных как «глобальные исследовательские проекты», многие из которых были запущены под эгидой существующих четырех международных программ по изучению гло-

бальных изменений: Международная программа по геосфере-биосфере (IGBP, МПГБ), Международная программа по общественному измерению глобальных изменений (МПЧ, IHDP — International Human Dimensions Programme), Всемирная программа по изучению климата (WCRP, ВПИК), Международная программа по изучению биоразнообразия (Diversitas). Некоторые дальнейшие проекты возникли в рамках Партнерства по научным исследованиям системы Земли (ESSP), а также Глобальный анализ, интеграция и моделирование (GAIM), Синтез и интеграция Системы Земли (AIMES) и др.

Главная задача Программы — координация и развитие новых трансдисциплинарных подходов к изучению взаимосвязи между процессами глобализации и изменениями окружающей среды, их глобальными и региональными факторами, объединение усилий наук о Земле и общественных дисциплин. Поставлена также задача усилить взаимодействие между фундаментальными исследованиями и практикой, ускорить передачу результатов научных разработок на политический уровень.

Фундаментальные основы для реализации Программы заложены в XX-м веке благодаря изобретению компьютера и выхода человека в космос и, конечно, достижений в математике. Ни в одной стране мира нет такого научного наследия и такой плеяды великих ученых, заложивших фундаментальные основы для Программы «Будущее Земли» в СССР.

Планета Земля — это сложнейшая динамическая система с нелинейными процессами, находящаяся в непрерывных изменениях. Древние астрономы использовали свет для наблюдений за другими планетами и звездами. Наблюдения и исследования планеты Земля проводятся с помощью «световых технологий». Скорость света такова, что исследуемый объект можно считать «стационарным», и в теории переноса излучения практически решаются стационарные кинетические уравнения без временной зависимости [8].

Речь идет о «радиационных» задачах Программы. Сложнейшие проблемы эволюции, климата, экологии, глобального мониторинга и дистанционного зондирования Земли с гиперспектральными подходами предлагается рассматривать как сопряженные. Радиационное поле Земли — единое физическое поле (электромагнитное излучение) и объединяющий фактор динамической системы Земля. Климатическая система Земли — это природная среда, включающая атмосферу, гидросферу (океаны, моря, озера, реки), криосферу (поверхность суши, снег, морской и горный лед и т. д.), биосферу, объединяющую всё живое. Для количественных оценок значимости разных климатообразующих факторов, зависящих от солнечного и собственного излучения, ввели специальную характеристику КСЗ — *радиационное воздействие (форсинг)*. По экспертным оценкам от 40 % до 60 % воздействия разных факторов на эволюцию климата приходится на радиационный форсинг.

С одной стороны, солнечное излучение — источник энергии на Земле — один из неотъемлемых факторов жизнеобеспечения человека, животного и растительного мира на Земле, а также одна из определяющих компонент земной экосистемы и биосферы, для поведения которых характерно взаимодействие отдельных компонент с проявлением синергизма, т. е. обратных связей, которые иногда приводят к взаимоусилению различных процессов. С другой стороны, поле солнечного излучения влияет на механизмы изменчивости (динамические процессы: циркуляция, конвекция, турбулентный перенос; радиационные и фотохимические процессы) геофизического, метеорологического, климатического состояния Земли, которые обладают сложными нелинейными связями, затрудняющими предсказание возможных эффектов, оценку их величины и значимости. С третьей стороны, электромагнитное излучение, регистрируемое разными средствами, является основным источником информации о строении и физических свойствах планетных атмосфер, поверхностей, океана, биосферы при консервативном дистанционном зондировании. В активных системах в качестве источника инсоляции могут использоваться лазерный или прожекторный луч.

Радиационный форсинг — это изменение притока радиации (солнечной коротковолновой и длинноволновой лучистой энергии) в глобальной КСЗ под влиянием радиационно-активных факторов: альbedo и отражающие характеристики земной поверхности; облачность; океаны и моря; снежный и ледовый покров; загрязнения и газовый молекулярный и аэрозольный состав атмосферы; солнечная постоянная (соляренный климат); спектральные характеристики рассеяния и поглощения компонент природной среды; изотропная и анизотропная (при осадках и низких температурах) среда; радиационно-конвективная фотохимия и фотолиз; «оптическая» и метеорологическая «погода» (температура, давление, влажность); биофизические, биогеофизические и биогеохимические процессы, круговорот веществ в биосфере и экосистеме, нефтегазовый комплекс.

Физическую картину климата системы «океан—суша—атмосфера» представил А. С. Монин в обзоре [9]. Р.И. Нигматулин назвал экспертную статью «Океан — диктатор климата» [10]. Необходимо масштабнее изучать круговорот в природе H_2O и CO_2 , облачности и океана — конкурирующих факторов радиационного форсинга на глобальный климат и эволюцию планеты. Мировой океан занимает более 70 % поверхности планеты. Солнечное излучение — источник энергии на Земле. Оно поглощается и накапливается океаном, потом переизлучается в длинноволновый спектр, взаимодействует с парниковыми газами и нагревает атмосферу. Это сложнейший естественный радиационный процесс глобального масштаба, от которого зависит будущее

планеты. Для исследований радиационного фактора влияния Мирового океана на эволюцию Земли необходимо международное сотрудничество с привлечением комплексных систем наблюдений радиационных процессов под водой, на воде и из космоса при поддержке суперкомпьютерного моделирования и big data. Для проверки реалистичных гипотез объяснения механизмов сложнейшего взаимодействия атмосферы с облаками и океана и их влияния на климат важно уметь моделировать образование облаков и разделять вклады атмосферы и океана в суммарное поле излучения Земли, регистрируемое из космоса [11].

Непреодолимая сложность проблемы состоит в том, что для исследований планеты не допустимы натурные эксперименты и возможны только мониторинг и наблюдения разными средствами, с одной стороны. С другой стороны, на момент измерений радиации невозможно восстановить весь набор оптико-геофизических и оптико-метеорологических параметров системы «атмосфера-суша-океан», от которых зависит радиация, и невозможно повторить условия наблюдений, так как среда непрерывно изменяется и никогда не повторяется. И только математическое моделирование позволяет провести теоретико-расчетные исследования столь сложных задач и получить качественные и количественные оценки для анализа и прогнозов. Однако если для моделирования радиационных процессов в атмосфере уже сложилась международная кооперация по разработке информационных баз с «оптической погодой», то для исследований радиационного форсинга Мирового океана до сих пор отсутствуют глобальные информационные базы по оптическим характеристикам, структуре и составу всех морей и океанов на планете, что существенно затрудняет реалистичный анализ и прогнозы.

5. Заключение

В отечественной науке (СССР — Россия) сложилась сильнейшая в мире научная школа по теории переноса излучения и её приложениям в разных областях знаний и прикладных задачах. Более 130 лет назад появились первые публикации Героя Труда (1927), член-корреспондента РАН с 02.12.1895, почетного члена Академии наук с 04.12.1920, российского и советского профессора, физика-оптика Ореста Даниловича Хвольсона (22.11.1852—11.05.1934), который впервые в 1985 г. сформулировал уравнение переноса в интегральной форме. Фактически в конце XIX века одновременно, но независимо от немецкого ученого E. Lommel было сформулировано скалярное уравнение переноса. В 1889 г. в Известиях Петербургской академии наук было опубликовано сочинение О. Хвольсона «Основы математической теории внутренней диффузии света», в котором содержится вывод интегрального уравнения теории многократного рассеяния света (статья была доложена и подготовлена в 1885 г.). Краткий реферат по докладу был опубликован в 1886 г. в Журнале русского физико-химического общества.

Профессор Кусиель Соломонович Шифрин (26.07.1918—02.06.2011) [12] — основатель отечественной научной школы по теории и приложениям оптики океана, с 1973 г. руководитель Рабочей группы по оптике океана при Комиссии по проблемам Мирового океана АН СССР. По его инициативе с 2001 г. проводится конференция «Современные проблемы оптики естественных вод». Ему принадлежат первые классические монографии «Рассеяние света в мутной среде» [13] и «Введение в оптику океана» [14], переведенная на английский язык. Монографии написаны физиком-теоретиком с глубоким пониманием процессов взаимодействия света с веществом. Традиционно развивается научное наследие К. С. Шифрина, объединяющее теорию и эксперимент в оптических исследованиях Мирового океана.

Лишь на год ранее в США в 1950 г. вышла монография «Radiative Transfer» С. Чандрасекара (19.10.1910—21.08.1995). Эта первая в мировой науке монография по теории переноса излучения и лучистой энергии в 1953 г. вышла в переводе на русском языке [15] под редакцией Евграфа Сергеевича Кузнецова (13.03.1901—17.02.1966) [16]. Профессор МГУ Е. С. Кузнецов — основатель отечественной научной школы по теории переноса излучения, нейтронов и заряженных частиц и исследованию радиационного поля Земли с 1925 г., наш «советский С. Чандрасекар» — оба участника «Атомных проектов». В 1950 г. в СССР была издана первая монография «Перенос длинноволнового излучения в атмосфере» [17] академика Кирилла Яковлевича Кондратьева (14.06.1920—01.05.2006), 100-летие которого отмечается в 2020 году. Автор статьи — последняя ученица Е. С. Кузнецова и пионер освоения космоса.

Исследования радиационного поля Земли — это масштабные задачи, которые никогда не имеют завершения, поскольку непрерывно меняются и никогда не повторяются состояния системы «атмосфера—суша—океан» — это динамическая система с непредсказуемым состоянием. Формальный процесс присоединения проектов к Программе «Future Earth» начался в 2014 г. В настоящее время в Программу вошли десятки международных и национальных проектов, в том числе несколько проектов, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований. Однако, из-за сложных геополитических отношений, приостановлено участие российских ученых в международном проекте «Мировой океан», но ученые продолжают исследования.

6. Финансирование

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0017–2019–0002.

Литература

1. Future Earth. World Global Research Projects. URL: <http://futureearth.org>; <https://unfccc.int/news/future-earth-research-for-global-sustainability> (дата обращения 31.01.2020).
2. *Келдыш М.В.* Творческий портрет по воспоминаниям современников. М.: Наука, 2001. 398 с.
3. Сушкевич Т.А. Главный Теоретик М. В. Келдыш и Главный Конструктор космонавтики С. П. Королев — покорители космоса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 9–25.
4. Сушкевич Т.А. М. В. Келдыш — организатор международного сотрудничества в космосе и первой советско-американской Программы «Союз-Аполлон» (ЭПАС) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 4. С. 9–22.
5. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 261 с.
6. *Моисеев Н.Н.* Как далеко до завтрашнего дня. Свободные размышления. 1917–1993. М.: «Аспект пресс», 1994. 304 с.
7. The International Science Council (ISC). URL: <https://council.science/> (дата обращения: 31.01.2020).
8. *Сушкевич Т.А.* Математические модели переноса излучения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 661 с.
9. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* Климат как проблема физики // УФН. 2000. Т. 170, № 4. С. 419–445.
10. *Нигматулин Р.И.* Океан — диктатор климата // Эксперт. 2018. № 34. С. 46–51.
11. *Sushkevich T.A., Strelkov S.A., Maksakova S.V.* On the division of contribution of the atmosphere and ocean in the radiation of the earth for the tasks of remote sensing and climate // Proceedings SPIE10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104666G (30 November 2017).
12. Кусиель Соломонович Шифрин. Ученый, Учитель и Человек. Харьков: ИПП «Контраст», 2008. 416 с.
13. *Шифрин К.С.* Рассеяние света в мутной среде. М. — Л.: ГИТТЛ, 1951. 288 с.
14. *Шифрин К.С.* Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 274 с.
15. *Чандрасекар С.* Перенос лучистой энергии / Пер. с англ. издания Oxford, 1950, под ред. Е. С. Кузнецова. М.: Изд-во иностранной литературы, 1953. 432 с.
16. *Кузнецов Е.С.* Избранные научные труды (в связи со 100-летием со дня рождения) / Ответ. ред. и состав. Т. А. Сушкевич. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.
17. *Кондратьев К.Я.* Перенос длинноволнового излучения в атмосфере. М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. 288 с.

References

1. Future Earth. World Global Research Projects. URL: <http://futureearth.org>; <https://unfccc.int/news/future-earth-research-for-global-sustainability> (date of access: 31.01.2020).
2. *Keldysh M.V.* Creative portrait based on the memoirs of contemporaries. *Moskva, Nauka*, 2001. 398 p. (in Russian).
3. *Sushkevich T.A.* Chief Theorist M. V. Keldysh and Chief Designer S. P. Korolev of Cosmonautics — conquerors of Space. *Sovremennye Problemy Distancionnogo Zondirovanija Zemli iz Kosmosa*. 2011, 8, 1, 9–25 (in Russian).
4. *Sushkevich T.A.* M. V. Keldysh — organizer of International cooperation in Space and the first Soviet-American “Soyuz-Apollo Test Project” (ASTP). *Sovremennye Problemy Distancionnogo Zondirovanija Zemli iz Kosmosa*. 2011, 8, 4, 9–22 (in Russian).
5. *Vernadskij V.I.* The biosphere and the noosphere. *Moskva, Nauka*, 1989. 261 p. (in Russian).
6. *Moiseev N.N.* How far it is to tomorrow. Free thinking. 1917–1993. *Moskva, Aspekt Press*, 1994. 304 p. (in Russian).
7. The International Science Council (ISC) URL: <https://council.science/> (date of access: 31.01.2020).
8. *Sushkevich T.A.* Mathematical models of radiation transfer. *Moskva, BINOM. Laboratorija Znanij*, 2005. 661 p. (in Russian).
9. *Monin A.S., Shishkov Ju.A.* Climate as a problem of physics. *Uspehi Fizicheskikh Nauk*. 2000, 170, 4, 419–445 (in Russian).
10. *Nigmatulin R.I.* Ocean — climate dictator. *Ekspert*. 2018, 34, 46–51 (in Russian).
11. *Sushkevich T.A., Strelkov S.A., Maksakova S.V.* On the division of contribution of the atmosphere and ocean in the radiation of the earth for the tasks of remote sensing and climate. *Proceedings SPIE10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*, 104666G (30 November 2017).
12. Kusieli Solomonovich Shifrin. Scientist, Teacher and Man. *Kharkov, IPP “Kontrast”*, 2008. 416 p. (in Russian).
13. *Shifrin K.S.* Light scattering in a muddy medium. *Moskva–Leningrad, GITTL*, 1951. 288 p. (in Russian).
14. *Shifrin K.S.* Physical optics of ocean water. *New-York, AIP Translation Series*, 1983. 285 p.
15. *Chandrasekhar S.* Radiative Transfer. *London, Oxford, Clarendon Press*, 1950. 405 p.
16. *Kuznecov E.S.* Selected scientific works (in connection with the 100th anniversary of his birth). Ed. and compiler T. A. Sushkevich. *Moskva, FIZMATLIT*, 2003. 784 p. (in Russian).
17. *Kondrat'ev K.Ja.* The transfer of long-wave radiation in the atmosphere. *Moskva-Leningrad, GITTL*, 1950. 288 p. (in Russian).