

Известно, что только космические аппараты позволили увидеть нашу планету сразу и целиком, и потому дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса стало, фактически, единственным источником данных о том, что происходит с нашей планетой в глобальном масштабе.

Отдел 55 (до этого 63, а ещё раньше 26), специализацией которого стало изучение Земли из космоса, был основан в ИКИ в 1974 г. по инициативе профессора **Валентина Семёновича Эткина** (28.06.1931–18.02.1995), основоположника нового научного направления в ИКИ — дистанционного зондирования Земли радиофизическими методами. Особенное внимание уделялось изучению океана и разработке методов, позволявших по процессам, которые можно наблюдать «сверху», судить о том, что происходит в водных глубинах. Такой подход в применении дистанционных радиофизических методов исследования процессов как внутри, так и на морской поверхности привёл к созданию нового направления в науке — радиогидрофизики. Позже фокус интересов сместился в область изучения Земли как единой экологической системы, прежде всего, климатических взаимосвязей океана и атмосферы.

Программы исследований, в которых участвовал отдел, предусматривали проведение ежегодных натурных экспериментов в различных районах Мирового океана: от Чёрного и Баренцева морей до Тихого океана. Экспериментальные работы сопровождались теоретическими исследованиями, направленными, прежде всего, на создание радиофизических и гидрофизических моделей наблюдаемых в океане явлений.

Деятельность отдела в советский период связана с многочисленными, главным образом, лётно-морскими экспедиционными работами в окраинных морях Советского Союза.

Широкомасштабные работы по дистанционному исследованию земных покровов и особенно исследование поверхности океана в интересах экологического мониторинга, прогноза погоды и прикладных задач стали возможными благодаря огромной организаторской способности В. С. Эткина. Работы большей частью были ориентированы на комплексные аэрокосмические эксперименты. Например, в комплексном лётно-морском натурном эксперименте 1980 г. одновременно принимали участие более тридцати организаций, было задействовано семь самолётов-лабораторий, оснащённых многоканальными поляризационными радиометрами, радиолокаторами и оптическими системами, восемь единиц средств обеспечения, космическая станция «Салют-6», а в экспедиции участвовало более 160 человек одновременно, не считая личного состава средств обеспечения. Каждый год проводились испытания новых приборов.

It is known that these were the spacecraft that enabled to see our planet straight and as a whole that is why the Earth's remote sensing (ERS) from the space has become actually the only source of data of what is going on with our planet in the global scale.

Department No. 55 (previously No. 63 and even earlier No. 26) the profile of which is the Earth exploration from space was founded in IKI in 1974 at the instance of Prof. **Valentin Etkin**, the pioneer of the IKI new research area, the Earth remote sensing using the radiophysical methods. Special focus was on the exploration of the ocean and development of the methods that enable to tell what is going on in the deep waters by the processes observed from above. Such an approach to application of the remote radiophysical methods of research of the processes both in the deep and on the ocean surface resulted in creation of a new research area — the radio fluid physics. Later the interest focus shifted to the field of Earth exploration as a single ecological system and, primarily, climatic interaction of the ocean and the atmosphere.

The research programs, the department was involved in, stipulated the annual field experiments in various regions of the world ocean: from the Black and Barents Seas to the Pacific Ocean. The experimental works were conducted together with the theoretical researches aimed, first of all, at the development of the radiophysical and hydrophysical models of the phenomena observed in the ocean.

During the Soviet period the department activity was related to multiple, mostly flight-marine, expeditions to the peripheral seas of the Soviet Union.

Wide-scale activities in the remote exploration of the land cover and particularly the exploration of the ocean surface to the benefit of the ecological monitoring, weather forecast and applied problems have become possible due to managerial abilities of V. S. Etkin. The activities mostly focused on the complex aerospace experiments. For instance, during a complex flight-marine field experiment in 1980 more than thirty organizations were partaking, seven laboratory aircraft equipped with multi-channel polarized radiometers, radio detectors and optical systems were used, eight facility units, *Salyut-6* spacecraft; the expedition included more than 160 people simultaneously not counting the service personnel of the facilities. Each year new instruments were tested.

ОТДЕЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (55) EARTH RESEARCH FROM SPACE DEPARTMENT (55)



**Руководитель —
д-р физ.-мат. наук, профессор
Евгений Шарков**

Head — Prof. Dr. Evgeny Sharkov



**Профессор В. С. Эткин
(28.06.1931–18.02.1995)**

*Prof. V. S. Etkin (June 28, 1931 –
February 18, 1995)*



Самолёт-лаборатория Ан-12 для радиометрических и скаттерометрических измерений на аэродроме Елизово, п-ов Камчатка

An-12 laboratory aircraft for radiometric and scatterometric measurements at Elizovo airfield, the Kamchatka peninsula



Композитный снимок поверхностных проявлений внутренних волн в Гудзоновом заливе по данным РСА «Алмаз» и ERS-1, составленный в ходе проведения российско-американского эксперимента JUSREX'92 по исследованию внутренних волн в океане методами дистанционного зондирования. С российской стороны в эксперименте участвовали самолёт-лаборатория Ту-134СХ, научно-исследовательское судно «Академик Иоффе» и космический радиолокатор высокого разрешения (15...30 м) на спутнике «Алмаз-1». Американская сторона предоставила аэродром базирования на военно-воздушной базе Уоллопс (Вирджиния), два самолёта-лаборатории DC-8 и P-3 с трёхчастотными РСА на борту, спутниковые данные с космического РСА ERS-1

A composite image of the surface manifestation of internal waves in Hudson Bay from SAR Almaz and ERS-1 data constructed in the course of the Russian-US experiment JUSREX'92 to investigate internal waves in the ocean using the methods of remote sensing. On the Russian side Tu-134SX laboratory aircraft, Akademik Ioffe research vessel, and a space high-resolution (15...30 m) radio detector onboard the Almaz-1 satellite were taking part in the experiment. The US side provided a home airfield at the Wallops Flight Facility, DC-8 and P-3 laboratory aircraft with three-frequency synthetic aperture radar hardware (SAR) onboard, satellite data from the space ERS-1 SAR

К достижениям отдела в этот период можно отнести теоретическое предсказание (на базе ранее полученных в лётных экспериментах результатов по обнаружению поляризационной анизотропии) так называемых «критических явлений» в микроволновом излучении морской поверхности. Их следствием можно считать разработку метода определения скорости и направления ветра у морской поверхности по микроволновым поляризационным измерениям. В СССР и в России эти изыскания оказались не востребованы, а в США эти идеи активно использовались при разработке спутника WindSat, который был запущен в 2003 г. и работает до сих пор в интересах военно-морского флота.

Важным этапом в развитии радиогидрофизических исследований стало использование космического радиолокатора с синтезированной апертурой (длина волны 9,6 см, разрешение 25×25 м), установленного на орбитальных станциях «Космос-1870» («Алмаз-0») и «Алмаз-1». В. С. Эткин приложил немало усилий для того, чтобы разъяснить уникальность этих аппаратов как широкой научной общественности, так и директивным органам. ИКИ возглавил программу исследования океана с аппарата «Алмаз-1» (программа «Океан-И»). Анализ радиолокационных изображений позволил детально исследовать разнообразные процессы в Мировом океане, в частности, характеристики крупномасштабной (от 50 м) части спектра поверхностного волнения, следы разливов нефтепродуктов, сигнатуры крупных течений.

С распадом Советского Союза финансирование экспедиционных работ было прекращено. Последние полёты были выполнены в 1992 г. и с тех пор не возобновлялись. Фокус деятельности отдела переместился на исследования окружающей среды. Его сотрудники приняли активное участие в международной программе «Природа», которая привела к созданию модуля «Природа» в составе космической станции «Мир».

В 1994 г. В. С. Эткин предложил новое название отдела «Космические исследования Земли как экологической системы». После кончины В. С. Эткина в 1995 г. Отдел возглавил известный радиофизик профессор Юрий Александрович Кравцов.

На рубеже 1990–2000-х гг. продолжается анализ и интерпретация ценных экспериментальных данных, полученных в предыдущие годы. Экспериментальные работы возобновились летом 1999 г. Но это уже были береговые измерения на Чёрном море с пирса Южного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (ЮО ИО РАН) в Голубой бухте близ Геленджика.

The department's achievements over that period can also include a theoretical prediction (based on the results obtained during the earlier flight experiments of the polarized anisotropy discovery) of the so-called critical phenomena in the microwave radiation of the ocean surface. The development of the method of determination of the wind velocity and direction at the ocean surface by the microwave polarization measurements can be considered the consequence of these phenomena. In the USSR and in Russia these surveys turned out to be not needed, but the USA made an active use of these ideas for the development of the *Wind-Sat* satellite launched in 2003 and still operational to the benefit of the naval forces.

An important stage of radio hydrophysical research was the use of the space radio detector with the synthesized aperture (wavelength 9.6 cm, resolution 25×25 m) installed onboard the *Kosmos 1870 (Almaz-0)* and *Almaz-1* orbital stations. V. S. Etkin put forth tremendous efforts to explain the unique character of these instruments both to the scientific community and to the policy-making bodies. IKI headed the ocean research program from onboard the *Almaz-1* spacecraft (*Ocean-I* program). The analysis of the radar images enabled to study the various processes in the world ocean in details, in particular, the characteristics of a large-scale (from 50 m) part of the spectrum of the surface waves, oil spill traces, large currents signatures.

After the Soviet Union breakup the expedition funding stopped. The last flights were performed in 1992 and never resumed since then. The department focus shifted to the environmental research. Its staff members were taking an active part in the *Priroda* ("Nature") international program that resulted in construction of the *Priroda* module onboard *Mir* station.

In 1994 V. S. Etkin proposed a new name for the department — "Space Research of the Earth as an Ecological System". After the death of V. S. Etkin in 1995 the department was headed by professor Yuri Kravtsov, a famous radio physicist.

In 1990–2000 the analysis and interpretation of the valuable research data obtained in the previous years continues. The experimental activities were resumed in the summer of 1999. But these were the coastal measurements, at the Black Sea from the pier of the Southern Branch of the RAS Shirshov Institute of Oceanology in Golubaya Bay near Gelendzhik.

Особенности нашей планеты — плотная атмосфера и большая площадь океанов, которые связаны в тесную систему, определяющую многие происходящие на Земле процессы. Исключительную ценность для наблюдений за ними представляет микроволновый диапазон наблюдений. Оказалось, что электромагнитные волны именно этого участка спектра эффективно взаимодействуют с шероховатостями земной и водной поверхности и микроструктурами в атмосфере, и по особенностям этого взаимодействия можно определять многие параметры происходящего на Земле. В арсенале современных средств ДЗЗ сегодня — многочисленные радиометры, скаттерометры и радиолокаторы.

В дополнение к космическим средствам используются наземные станции наблюдения в России и за рубежом, где также проводятся многочисленные эксперименты для проверки теоретических предположений.

Как и ранее, океан и атмосфера, их взаимосвязи и влияние на климат остаются важнейшей темой, но, кроме них, мы исследуем снеговые и ледовые покровы, степень человеческого воздействия на окружающую среду.

В 2002 г. отдел возглавил д-р физ.-мат. наук, профессор Евгений Александрович Шарков — крупный специалист в области наук о Земле и аэрокосмического зондирования. По его предложению в отделе стало развиваться новое для отдела направление работ — дистанционные исследования по изучению климатических процессов на Земле, а также влияние на взаимодействие «океан-атмосфера» мультимасштабных атмосферных катастроф при помощи радиофизических пассивно-активных методов и средств.

Сотрудники отдела участвовали во многих исследовательских программах, в том числе президиума РАН, ассоциации INTAS, 6-й и 7-й Рамочных программ Европейской комиссии. В 2009–2013 гг. действовали два гранта Президента Российской Федерации для молодых учёных — кандидатов наук.

Кроме «земных» задач, в отделе решаются и космические — сотрудники отдела участвовали в проектах «Фобос» (1986), «Марс-94/96» (1996), Mars Surveyor'98 Program (NASA, 1998 г.).

Лаборатория моделирования и автоматизации (551) (руководитель — канд. физ.-мат. наук Михаил Раев)

Основанную в 1992 г. как структурное подразделение отдела лабораторию с момента создания по настоящее время возглавляет канд. физ.-мат. наук Михаил Дмитриевич Раев. Сотрудники лаборатории ведут теоретические исследования и активно участвуют в экспериментальных работах отдела.

The peculiar feature of our planet is the dense atmosphere and large areas of the ocean connected into a close system that determines many of the Earth's processes. The microwave observation range is of exceptional value for observation of these processes. It turned out that the electromagnetic waves of that very energy band effectively interact with the ground and water surface irregularities and microstructures in the atmosphere, and the special aspects of this interaction help define many parameters of the events taking place on the Earth. ERS today includes many radiometers, scatterometers, and radio detectors.

In addition to the space means the ground-based observation stations are used in Russia and abroad where multiple experiments are conducted to test the theoretical assumptions.

As before, the ocean and the atmosphere, their interaction and influence on the climate remain the most important topic, but additionally we explore snow and ice covers, the degree of anthropogenic impact on the environment.

In 2002 the department was headed by Prof. Dr. Evgeny Sharkov, a prominent scholar in the field of Earth sciences and aerospace sensing. It was his proposal that the department started developing a new research field — remote examination of climatic processes on the Earth as well as influence of the multi-scale atmospheric disasters on the ocean-atmosphere interaction using the radio physical passive and active methods and means.

The department's staff members were participating in many research programs including those of the RAS Presidium, INTAS association, EU's Sixth and Seventh Framework Programs. In 2009–2013 the department received two fellowships of the Russian President for young scientists — candidates of sciences.

In addition to the ground problems the department is solving the space problems as well, the department's staff members were participating in *Phobos* (1986) and *Mars-94/96* (1996) projects and in the *Mars Surveyor'98* Program (NASA, 1998).

Laboratory of Modeling and Automation Processes (551). Head — Dr. Mikhail Raev

Since its foundation in 1992 as a structural division of the department till today the laboratory is headed by Dr. Mikhail Raev. The laboratory's staff members are conducting theoretical research and taking an active part in the experimental activities of the department.



Михаил Раев
Mikhail Raev

До 1993 г. эксперименты с комплексами приборов дистанционного зондирования: радиометров и скаттерометров — проводились в основном в акваториях морей Северного Ледовитого и Тихого океанов. С 1999 г. район экспериментальных работ был перенесён в Чёрное море — Голубую бухту (Геленджик), где находится база ЮО ИО РАН.

Основные направления исследований:

- разработка методов дистанционного зондирования для изучения поверхностных проявлений океанических процессов, в том числе модернизация используемой аппаратуры (улучшение параметров радиолокатора РЛС), повышение чувствительности и применение цифровых методов регистрации данных скаттерометров и радиолокаторов. Акцент сделан на разработке цифровых методов анализа различного типа данных дистанционного зондирования, в том числе и при обработке радиоизображений. Работы ведутся в тесном сотрудничестве с сотрудниками лаборатории подспутниковых экспериментов;
- использование данных приборов космического базирования для исследования поверхности Земли. С 1987 по 2014 г. были накоплены данные микроволновых приборов космической системы DMSP и создана база данных многоканальных радиометров космического базирования типа SSM/I, SSMIS и AMSR-E, разработаны специализированные программы обработки этих данных с целью изучения процессов энергообмена и массопереноса в системе океан-атмосфера, происходящих в широком диапазоне интенсивностей и с разными пространственными и временными масштабами. Данные вошли в созданную в отделе базу данных GLOBAL-RT и позволили разработать и реализовать в специализированных программах методики пространственно-временного формирования радиотепловых полей. С их помощью можно изучать пространственно-временную динамику различного рода климатических процессов, в том числе — динамику зарождения и развития различного рода циклонов.

Проекты, результаты

Созданная в отделе база многоканальных радиотепловых данных использована в работах по построению и исследованию физических моделей снежных и ледовых покровов. Были выявлены и детально проанализированы особенности пространственно-временной изменчивости залегания снежного покрова в отдельных регионах, в том числе Восточно-Европейской равнины и Сибири.

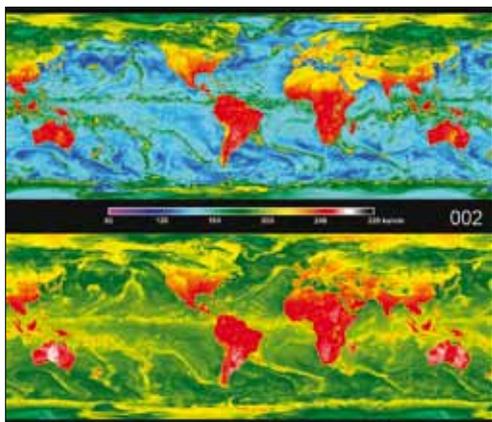
Until 1993 the experiments with remote sensing hardware — radiometers and scatterometers — were conducted mostly in the marine environments of the Arctic and Pacific Oceans. Since 1999 the area of experiments was moved to the Black Sea — Golubaya Bay (Gelendzhik) to the base of the Southern Branch of the RAS Shirshov Institute of Oceanology.

Research Areas

- development of remote sensing methods to study the surface manifestations of oceanic processes including upgrade of the applied hardware (improvement of the radar detector parameters), enhancement of sensitivity and application of digital methods of scatterometer and radio detector data recording. The focus is on the development of the digital methods for the analysis of various types of the remote sensing data including those for radio image processing. The activities are conducted in close collaboration with staff members of the Laboratory of Subsatellite Experiments;
- usage of the data from the space-based hardware to explore the Earth's surface. From 1987 through 2014 the data from the microwave hardware of the DMSP space system were collected and the database of space-based multichannel radiometers of type SSM/I, SSMIS and AMSRE was built up, special programs of data processing to study the energy exchange and mass transfer processes in the ocean-atmosphere system taking place in a wide intensity range and in various spatial and time scales were developed. The data were included into the GLOBAL-RT database established in the department and enabled to develop and implement methods of the space-time formation of the thermal radiation fields for special programs. These methods can be used to study the space-time dynamics of various kinds of climatic processes including the dynamics of various types of cyclones genesis and development.

Projects, and Results

The database of multichannel thermal radiation data established by the department was used during the work on the development and investigation of the physical models of snow and ice covers. The special aspects of space-time variability of the snow lying in different regions including the East European Plain and Siberia were found and analyzed in details.



Синтезированное радиотепловое изображение земной поверхности, полученное 2 января 2000 г. синтезом данных нескольких приборов SSM/I диапазона 19 ГГц на горизонтальной и вертикальной поляризациях

An image of the synthesized thermal radiation of the Earth's surface obtained on 2 January, 2000 through the synthesis of the data from several 19 GHz SSM/I instruments on the horizontal and vertical polarizations

Разработана модель эффективной диэлектрической проницаемости сухого и влажного снега, которая учитывает физические и структурные параметры среды, а также рассеяния излучения на неоднородностях среды, и разработана модель излучения слоистого снежного покрова.

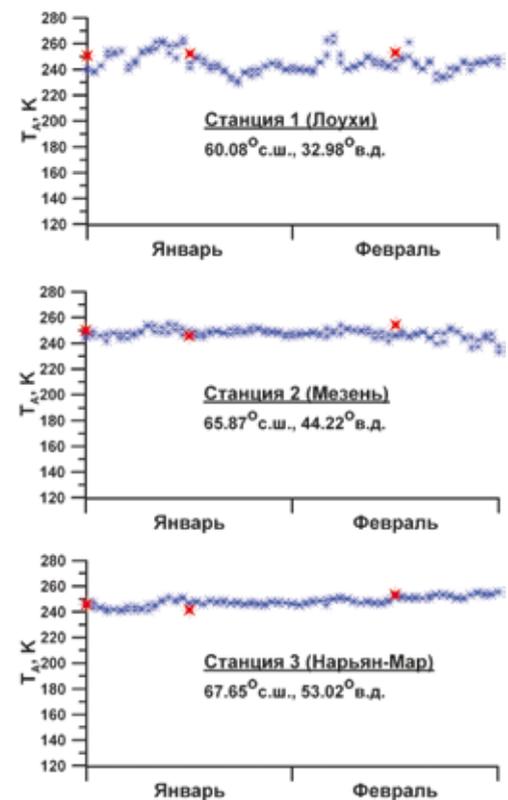
В лаборатории был выполнен обширный цикл работ по исследованию ледяных покровов полярных регионов методами спутниковой микроволновой радиометрии. По их итогам разработаны:

- модель эффективной диэлектрической проницаемости морского льда, учитывающая рассеяние излучения в среде;
- модель излучения системы морская поверхность — ледяной покров — снежный покров — атмосфера;
- комплексный алгоритм определения ледовой обстановки полярных регионов по данным спутниковой микроволновой радиометрии, или VASIA2 (Variation Arctic/Antarctic Sea Ice Algorithm 2), который позволяет, в отличие от общепринятого алгоритма NASATeam2 (США), определять не только сплочённость ледяного покрова, но и площадь снежиц, образующихся на поверхности льда в летний период.

The model of the effective dielectric permeability of dry and wet snow, which takes into account the physical and structural parameters of the environment as well as radiation scattering on the medium nonhomogeneity was developed and the model of radiation from the layered snow cover was developed.

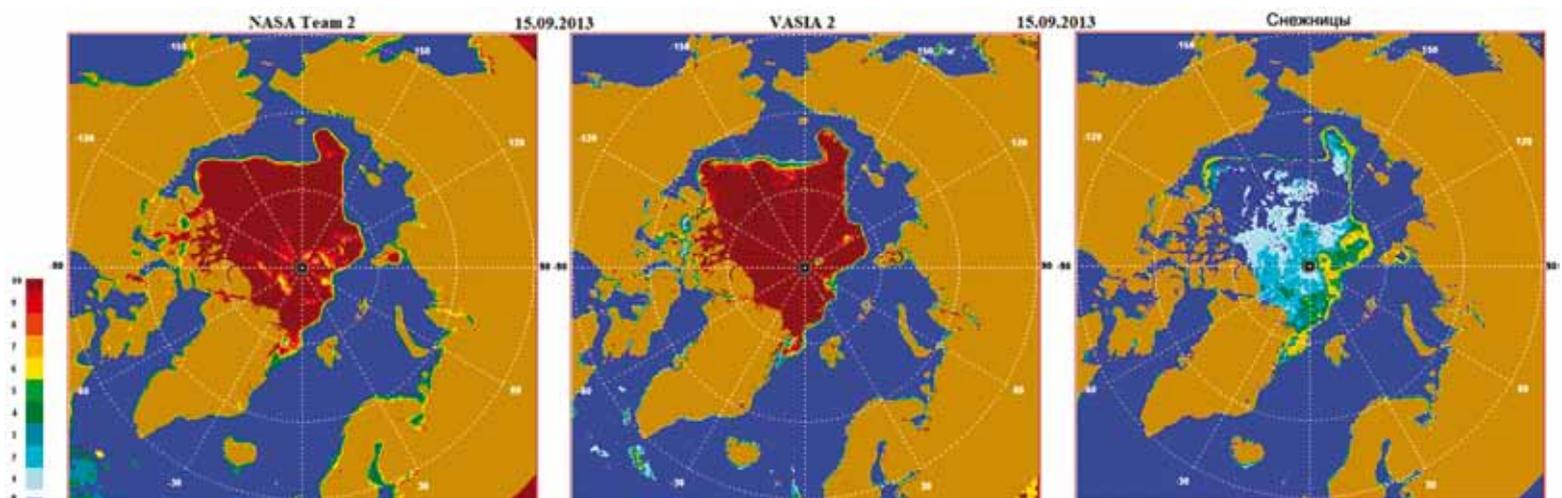
The laboratory has conducted a whole cycle of activities in exploration of the ice covers of the polar regions using the methods of satellite microwave radiometry. The following models were developed by the results of these activities:

- the model of effective dielectric permeability of the sea ice, which takes into account radiation scattering in a medium;
- the model of radiation of the ocean surface — ice cover — snow cover — atmosphere system;
- a comprehensive algorithm to determine the ice situation in the polar regions by the data of the satellite microwave radiometry or VASIA2 (Variation Arctic/Antarctic Sea Ice Algorithm 2) which enable, unlike the common NASATeam 2 algorithm (USA), to determine not only the ice cover compaction, but also the area of the melt water pools forming on the ice surface in summer.



Итог сопоставления экспериментальных данных (для ряда наземных станций наблюдения) и результатов расчётов, полученных по предложенным моделям. Синий цвет — данные SSM/I, красный — модельный расчёт

The result of experimental data comparison (for certain ground-based observation stations) with the calculated results obtained using the proposed models. Blue color marks the SSM/I data, red color marks the model calculation



Изображения сплочённости льда и площадь снежиц в Антарктике 15 января 2013 г., рассчитанные по алгоритму NASATeam2 и разработанному в ИКИ РАН алгоритму VASIA2. Для построения изображений были использованы данные GLOBAL-RT

Image of the ice compaction and melt water pools area in Antarctica on 15 January, 2013 calculated using the NASATeam2 algorithm and VASIA2 algorithm developed in IKI. GLOBAL-RT data were used to construct the images

Евгений Скворцов
Evgeny Skvortsov



Лаборатория подспутниковых экспериментов (552) (руководитель — канд. физ.-мат. наук Евгений Скворцов)

Subsatellite Experiments Laboratory (552).
Head — Dr. Evgeny Skvortsov

До 2007 г. лабораторию возглавлял канд. физ.-мат. наук Михаил Григорьевич Булатов, много сделавший в становлении лаборатории и внёсший большой вклад в развитие комплексных микроволновых методов дистанционного зондирования.

Prior to 2007 the laboratory was headed by Dr. Mikhail Bulatov, who contributed much to the lab's foundation and to development of microwave remote sensing.

Основные направления исследований

- Разработка современных радиофизических средств и методов дистанционного зондирования;
- исследования характеристик морской поверхности методами микроволнового зондирования;
- верификация спутниковых данных.

Research Areas

- Development of the advanced radiophysical means and methods of remote sensing;
- research of the ocean surface characteristics using the method of microwave sensing;
- verification of the satellite data.

Проекты и результаты

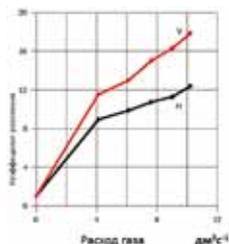
В 2001–2005 гг. основная проблема, на которой сосредоточилась лаборатория, заключалась в дистанционном обнаружении аварийных участков подводных газовых трубопроводов. Для её решения проводились натурные эксперименты, в ходе которых имитировались повреждения подводных газопроводов, а «отклик» поверхности наблюдался с помощью радиолокационно-радиометрического комплекса. В результате впервые были обнаружены микроволновые (радиолокационные и радиометрические) поверхностные проявления потока газа, исходящего из повреждённой трубы, и установлено, что радиотепловые контрасты (различия в радиояркостной температуре между морской поверхностью, насыщенной пузырьками газа, и окружающей водой), могут достигать 16...17 К, а радиолокационные контрасты, или различия в интенсивности отражённых сигналов — величин 10...15 дБ. Таким образом, было показано, что с помощью аэрокосмических средств дистанционного зондирования можно надёжно обнаруживать разрушения подводных газопроводов и, что особенно интересно, — подводные природные газовых факелы, которые обычно указывают на газовые месторождения.

Projects and Results

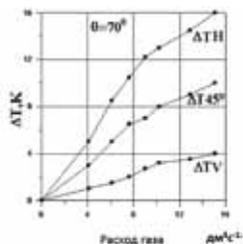
In 2001–2005 the primary problem being solved by the laboratory was the remote detection of the damaged parts of underground gas pipelines. To solve this problem, field experiments were conducted during which the damage of a subsea gas pipeline was simulated and the surface response was observed using the radio detection/radio metering suite. As a result, for the first time ever the microwave (radio detection and radiometric) surface manifestations of the gas flow going out of a damaged pipe were discovered and it was found that the radio-thermal contrasts (the difference in the brightness temperature between the ocean surface saturated with gas bubbles and the surrounding water) can reach 16...17 K and the radio detection contrasts, or the differences in the intensity of the reflected signals, can reach 10–15 dB. So it was shown that by means of the aerospace remote sensing instruments one can effectively detect damages of the subsea gas pipelines and, what is most interesting, subsea natural gas flames, which are usually indicators of the gas and oil fields in the off-shore regions.

Исследования собственного и рассеянного излучения органических плёнок на водной поверхности, образованных всплывающими газовыми пузырьками, — новое направление работы лаборатории. В ходе исследований экспериментально показано, что поток всплывающих газовых пузырьков увеличивает концентрацию клеток фитопланктона в поверхностном микрослое воды. Это, в свою очередь, заметно ослабляет капиллярные волны на поверхности и меняет характеристики отражённых сигналов в микроволновом диапазоне.

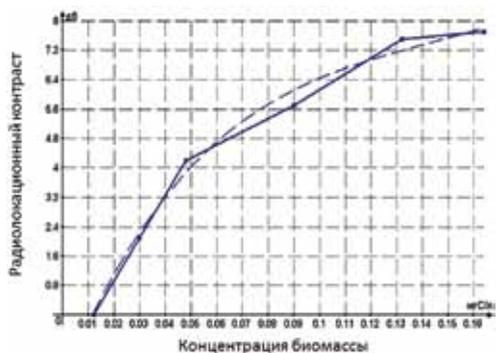
The study of the intrinsic and scattered radiation from organic films on the water surface formed by the floating gas bubbles is a new field of laboratory research. As a part of the research it was shown by experiment that the flow of the floating gas bubbles is increasing the phytoplankton cell concentration in the surface water microlayer. This, in its turn, significantly weakens the capillary waves on the surface and changes the characteristics of the reflected signals within the microwave range.



Типичные зависимости радиолокационных и радиометрических контрастов на вертикальной и горизонтальной поляризации от расхода газа

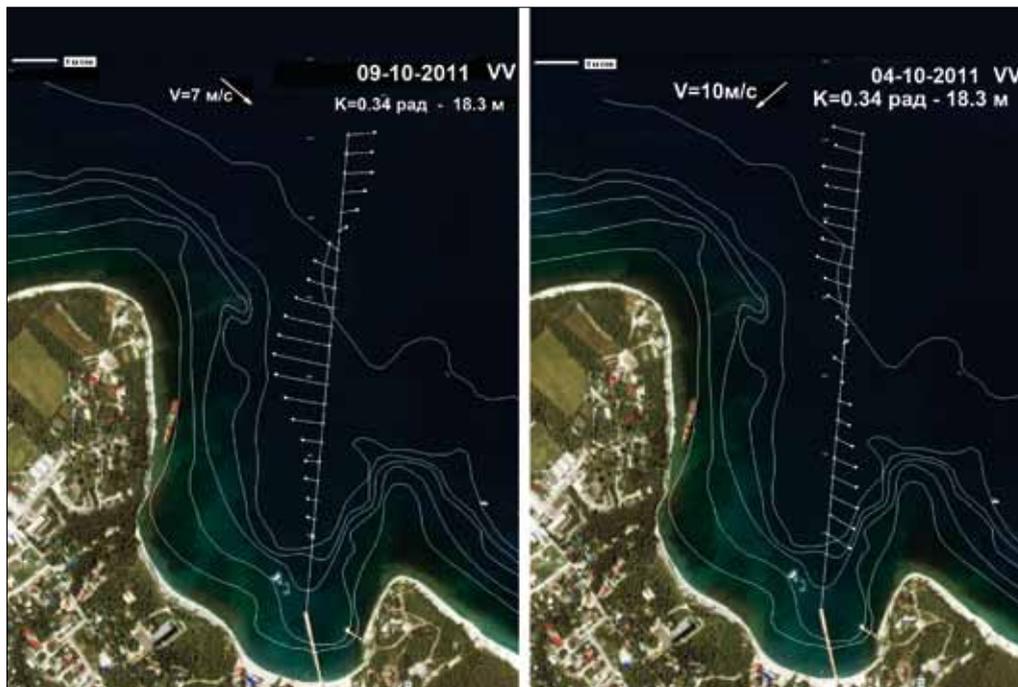


Typical dependencies of the radio detection and radiometric contrasts on the horizontal and vertical polarizations on the gas flow rate



Зависимость радиолокационного контраста от концентрации биомассы фитопланктона

A graph of radio detection contrast against phytoplankton biomass concentration



Карты, отражающие тонкую структуру течений в Голубой бухте (Геленджик), построенные с помощью нового комбинированного метода радиолокационных измерений при разных гидрометеорологических

Maps showing a fine structure of the currents in Golubaya Bay (Gelendzhik) reconstructed using a new combined method of radar measurement under various hydro meteorological conditions

В лабораторных экспериментах исследовались условия образования, динамика развития и время распада плёнок, а также зависимость этих процессов от внешних условий и видового состава фитопланктона. С помощью скаттерометра 8-миллиметрового диапазона впервые в контролируемых условиях исследовалась связь величин радиолокационных контрастов и сдвигов доплеровских частот с физическими параметрами биологических плёнок.

В 2002–2008 гг. проходили натурные эксперименты по исследованию обрушения ветровых волн — одного из наиболее важных и наименее изученных (в статистическом и динамическом смысле) процессов в верхнем слое океана. Наблюдения проводились с помощью локатора ИКИ-2М. По радиоизображениям морской поверхности, представленным в координатах «время-дальность», были определены геометрические характеристики (линейные и площадные размеры) обрушений поверхностных волн, время жизни и скорости распространения обрушающихся волновых гребней. Все эти величины были впервые измерены микроволновыми методами. Эти данные очень важны для фундаментальных исследований, например, генерации турбулентности в верхнем перемешанном слое или скорости обмена газов через границу раздела воздух-море.

During the laboratory tests the conditions of formation, development and film decay period as well as the dependence of these processes on the external conditions and a phytoplankton species composition were studied. By means of the 8-mm scatterometer the connection of the radio detection contrasts and Doppler frequency shifts with the physical parameters of biological films was investigated for the first time.

In 2002–2008 field experiments were conducted in examination of the wind-generated waves collapse — one of the most important and least studied (in the statistical and dynamic terms) processes in the ocean's upper layer. The observations were conducted using the IKI-2M locator. By the radio images of the ocean surface presented in the time-distance coordinate system the geometric characteristics (linear sizes and area) of surface wave collapses, life, and distribution speed of the collapsing wave crests were discovered. All these values were measured first through the microwave methods. This data is very important for the fundamental research, for instance, of the turbulence boundary in the upper mixed layer or the speed of gas exchange across the air-sea interface.

Но, кроме этого, они же стали основой для разрабатываемого в настоящее время нового комбинированного метода радиолокационных измерений параметров поверхностных течений и топографии дна в прибрежной зоне. Его отличия от тех методик, которые применяются сегодня, — более высокая точность определения скорости и направления течений. Повышение точности таких измерений важно для обеспечения безопасности судоходства, при строительстве портовых сооружений, для охраны окружающей среды, а также при верификации спутниковых данных.

But additionally these values have become the basis for a new combined method of radio detection measurements of surface current parameters and bottom topography in the coastal region being currently developed. The difference of this method from the methods applied today is a higher accuracy of velocity measurement and currents direction. Improving accuracy of such measurements is of importance to ensure safe navigation, when constructing docking facilities, for environmental protection and when verifying the satellite data.

Алексей Кузьмин
Alexei Kuzmin



Лаборатория микроволновой радиометрии (553) (руководитель — канд. физ.-мат. наук Алексей Кузьмин)

Laboratory for Microwave Radiometry (553).
Head — Dr. Alexei Kuzmin

Лаборатория микроволновой радиометрии была образована в 2002 г. До этого момента соответствующее подразделение возглавлял **Юрий Гаевич Трохимовский** (1957–2002), определивший ряд приоритетных направлений лаборатории. Юрий Гаевич пришёл в отдел дистанционного зондирования океана, который возглавлял В.С.Эткин, ещё студентом МФТИ. Пытливый ум, творческая активность, выдающиеся научные способности, умение увлечь своими идеями всегда отличали Ю.Г. Трохимовского, а работоспособность и оригинальность научного мышления сделали его истинным генератором идей, которые легли в основу многих проектов, экспериментов и экспедиций. Он был одним из разработчиков теории «критических явлений» в собственном тепловом излучении морской поверхности и отдал много времени и сил, чтобы подтвердить её экспериментально. Ю.Г. Трохимовский предложил новый метод дистанционной спектроскопии морской поверхности по микроволновым многочастотным радиометрическим измерениям в надир, а также метод восстановления спектра гравитационно-капиллярной части морского волнения по угловым микроволновым радиометрическим измерениям. Под его руководством экспериментально исследован эффект анизотропии морского волнения и на основе этого разработан метод дистанционного измерения скорости и направления ветра у морской поверхности.

The laboratory of microwave radiometry was founded in 2002. Up until that time the respective division was headed by **Yuri G. Trokhimovsky** who defined some priority fields of the laboratory. Yuri Trokhimovsky came to the department of the remote ocean sensing headed by V.S. Etkin while he still was a student of the Moscow Institute of Physics and Technology. Inquiring mind, creative efforts, outstanding research capabilities, ability to captivate others with his ideas always were the distinctive features of Yu.G. Trokhimovsky. And his commitment and distinction of scientific thinking made him a true generator of ideas which became the basis of many projects, experiments and expeditions. He was one of the developers of the critical phenomena theory in the intrinsic thermal radiation of the ocean surface and spent much time and effort to confirm this theory by experiments. Yu.G. Trokhimovsky proposed a new method of remote spectroscopy of the ocean surface through microwave multi-frequency radiometric measurements pointed at nadir and the method of reconstruction of the spectrum of the gravity-capillary part of the ocean disturbance by the angular microwave radiometric measurements. Under his direction the anisotropy effect of the ocean disturbance was examined by experiment and based on the results the method of remote measurement of the wind velocity and direction at the ocean surface was developed.

Сегодня основная задача лаборатории — разработка методик дистанционного зондирования океана и атмосферы Земли с помощью микроволновых радиометров. Для решения этой задачи необходимы и разработка новой радиометрической аппаратуры, и проведение исследований в области физики океана и атмосферы, распространения электромагнитного излучения через атмосферу и рассеяния его на шероховатой поверхности.

Today the laboratory's primary task is to develop the methods of remote sensing of the ocean and the Earth's atmosphere using the microwave radiometers. Both development of new radiometric hardware and research in the field of ocean and atmosphere physics, distribution of electromagnetic radiation through the atmosphere and its scattering along the uneven surface are required to solve this problem.

Ю. Г. Трохимовский
(26.07.1957–2.2.2002)
Yu. G. Trokhimovsky
(July 26, 1957 – February 2, 2002)



Основные направления

Дистанционные исследования поверхности океана:

- Исследование ветрового волнения на морской поверхности и его влияние на характеристики собственного излучения;
- дистанционное определение скорости и направление ветра;
- разработка методики определения спектра гравитационно-капиллярного волнения (ГКВ);
- дистанционное определение потоков тепла через границу океан-атмосфера;
- определение солёности и температура поверхности океана (ТПО).

Исследования атмосферы:

- Повышение точности определения интегрального содержания водяного пара и интегрального содержания капельной влаги;
- определение подробных профилей водяного пара и температуры атмосферы с высоким пространственным разрешением;
- определение интенсивности осадков.

Приборы, проекты, результаты

Разработка уникального метода дистанционного определения параметров спектра ГКВ — метода нелинейной радиотепловой резонансной спектроскопии (НРРС) — можно отнести к основным достижениям последних десяти лет. Определение этой части спектра необходимо для решения фундаментальных задач, связанных с механизмами накачки и диссипации энергии от ветрового потока к поверхностному волнению, как часть механизма взаимодействия океана и атмосферы. Экспериментальные исследования с помощью метода НРРС проводились в рамках международных экспедиций CAPMOS'05 и CAPMOS'07 и подспутниковых экспериментов на Чёрном море (полигон ЮО ИО РАН, Геленджик, Россия; океанографическая платформа МГИ пос. Качивели, Крым). Анализ большого экспериментального материала позволит скорректировать существующие модели гравитационно-капиллярного волнения и разработать новую эмпирическую модель.

Research Areas

Remote sensing of the ocean surface:

- Study of the wind-generated waves on the ocean surface and their influence on the intrinsic radiation characteristics;
- remote wind velocity and direction measurement;
- development of the methods to measure the spectrum of the gravity-capillary disturbance (GCD);
- remote detection of the heat flows across the ocean-atmosphere boundary;
- measurement of salinity and ocean surface temperature (OST).

Atmospheric research:

- Improving the accuracy of measurement of the integral content of the water vapors and integral content of the condensed moisture;
- defining the detailed profiles of water vapors and atmosphere temperature with a high spatial resolution;
- measurement of the precipitation rate.

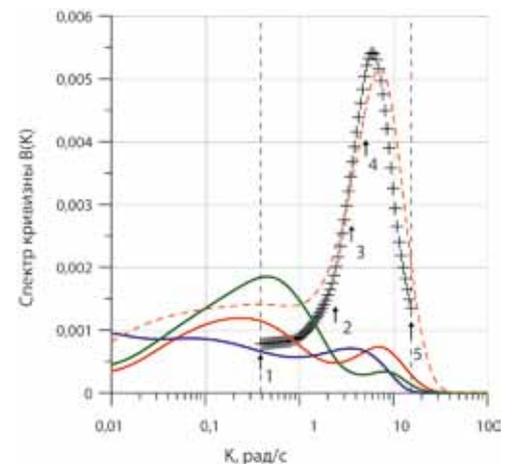
Instruments, Projects, Results

The development of the unique method of remote measurement of the GCD spectrum parameters — the method of nonlinear thermal radiation resonance spectroscopy (NRRS) — can be referred to the primary achievements of the last decade. Measurement of this part of the spectrum is required to solve the fundamental problems associated with the mechanisms of pumping and dissipation of energy from the wind flow towards the surface disturbance as a part of the mechanism of ocean-atmosphere interaction. The experimental research through the NRRS method was conducted within the framework of the CAPMOS'05 and CAPMOS'07 international expeditions and subsatellite experiments at the Black Sea (test ground of the Southern branch of RAS Shirshov Institute of Oceanology, Gelendzhik, Russia, the oceanographic platform of the Marine Hydrophysical Institute, Katsiveli settlement, Crimea). The analysis of a large experimental data will enable to correct the current models of the gravity-capillary disturbance and develop a new empirical model.

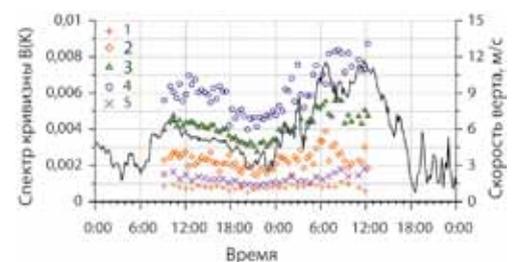
Радиометрический комплекс «Траверс», установленный на гидрофизической платформе на южной оконечности п-ова Крым близ пос. Качивели, с помощью которого были произведены измерения спектра кривизны морского волнения (1). В середине (2) — типичный спектр кривизны, цифрами от 1 до 5 выделены поверхностные составляющие, для которых на рисунке внизу (3) прослежено временное поведение в сравнении со скоростью приповерхностного ветра



1



2



3

Travers radiometric suite installed on a hydrophysical platform at the southern extremity of the Crimea peninsula nearby the Katsiveli settlement which helped to measure the spectrum of the curvature of ocean disturbance (1). Middle (2): a typical example of the curvature spectrum, figures from 1 to 5 mark the surface components for which the down image (3) shows the temporal behavior as compared to the surface wind velocity



**Комплекс радиометров
при испытаниях**

*A radiometer suite during
the tests*

Разработка прецизионных радиометров-поляриметров для проведения подспутниковых измерений завершилась созданием двух новых современных радиометров-поляриметров 8-мм диапазона и калиброванных широкоугольных излучателей к ним. Радиометры прошли успешные испытания на полигоне ЮО ИО РАН.

В теоретических разработках развивалась теория взаимодействия плоско-поляризованной монохроматической электромагнитной волны с синусоидальной морской поверхностью. Получено точное решение волнового уравнения на синусоидальной границе вода-воздух для произвольной поляризации. Граничные условия на периодической поверхности разлагаются в ряды Фурье по пространственным гармоникам, после чего приравниваются коэффициенты при одинаковых экспонентах. Это приводит к бесконечномерной системе линейных уравнений, которая решается с любой выбранной степенью точности, в силу её диагональной сходимости. На основе полученного решения проведены расчёты коэффициента поглощения, излучения и радиояркостной температуры морской поверхности в зависимости от различных параметров. Показаны резонансные особенности в коэффициентах излучения и поглощения. Максимальные эффекты связаны, как это и ожидалось, с вертикальной поляризацией излучения.

Разработан и введён в Долгосрочную программу космических экспериментов на российском сегменте МКС проект космического эксперимента «Конвергенция», целью которого является исследование основ зарождения и эволюции крупномасштабных кризисных атмосферных процессов типа тайфунов и тропических циклонов как одних из основных элементов в формировании глобального массо- и влагообмена в системе «океан-атмосфера». Задачи — измерения абсолютных радиояркостных температур системы атмосфера-океан тропиков в диапазоне 6–220 ГГц, определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы, исследования по круглосуточному обнаружению вспышек молний, определение энергетических, пространственных и временных характеристик вспышек молний, зон грозовой деятельности.

Для эксперимента разрабатываются и устанавливаются сканирующий микроволновый радиометр-спектрометр (МиРС) и детектор молний (ДМ). Первый предназначен для измерения радиотеплового излучения атмосферы Земли и её поверхности в микроволновом диапазоне и представляет собой многоканальный радиометр панорамного типа обзора со сканированием пространства лучами, вращающимися вокруг направления в нади́р под постоянным углом $45 \pm 0,1^\circ$ (коническое сканирование) с периодом 1,29 с.

The development of high-precision radiometers-polarimeters for subsatellite measurements ended up in construction of two new advanced 8-mm radiometers-polarimeters and gaged wide-angle radiators for them. The radiometers have successfully passed the tests on the test ground of the Southern Branch of the RAS Shirshov Institute of Oceanology.

In the theoretical research the theory of the interaction of a linearly polarized monochromatic electromagnetic wave with a sinusoidal ocean surface was developed. An exact solution of the wave equation on a sinusoidal water-air interface for arbitrary polarization was obtained. The boundary conditions on a periodic surface are transformed as Fourier series by spatial harmonics and after that the coefficient are made equal at the same exponentials. This results in an infinite-dimensional system of linear equations which can be solved with any selected accuracy degree due to its diagonal convergence. Based on the obtained solution the calculations of the coefficient of absorption, radiation, and brightness temperature of the ocean surface depending on various parameters were made. The resonance peculiarities in the radiation and absorption coefficients were shown. The maximum effects are associated with, as expected, the radiation vertical polarization.

The *Konvergenziya* space experiment (SE) was developed and included into a long-term program of experiments onboard Russian Segment of the ISS. Its goal is to study genesis and evolution conditions of large-scale crisis atmospheric processes like typhoons and tropical cyclones as one of the primary elements in the formation of the global mass and moisture exchange in the ocean-atmosphere system. The tasks of the experiment are: measurements of the absolute brightness temperatures of the tropic ocean-atmosphere systems within the 6–220 GHz range, measurement of detailed atmospheric temperature and humidity profiles, research in the field of 24-hour detection of flashes of lightning, measurement of energy, space and time characteristics of the flashes of lightning, regions of thunderstorm activity.

For the experiment a scanning microwave radiometer-spectrometer (MiRS) and a lightning detector (DM) are being developed and installed. The first one is designed to measure the radio thermal radiation of the Earth's atmosphere and its surface within the microwave band and is a multi-channel radiometer of the panoramic view type with the function of space scanning using the beams rotating around the direction pointed at nadir at the constant angle of $45 \pm 0,1^\circ$ (conical scanning) with 1.29-sec period.

При таком способе обзора поверхности Земли для высоты орбиты космического аппарата 450 км полоса обзора составит 810 км. Второй прибор предназначен для обнаружения вспышек молний в полосе захвата 680 км (формат кадра 680×550 км). Вспышки молний наблюдаются в надир.

Лаборатория аэрокосмической радиолокации (554) (руководитель — канд. физ.-мат. наук *Ольга Лаврова*)

Лаборатория аэрокосмической радиолокации была образована в 2002 г., и её деятельность продолжает научное направление, разработанное д-ром физ.-мат. наук, профессором В.С. Эткиным, — дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) радиофизическими методами. Основные научные направления деятельности — теоретическое и экспериментальное исследование динамических и волновых процессов в верхнем слое океана и в приподнятой атмосфере на основе данных спутникового дистанционного зондирования.

За годы существования лаборатории её сотрудники в ходе выполнения целого ряда российских и международных проектов накопили уникальный опыт работы с разнообразной спутниковой информацией о состоянии морей и океанов и развили комплексный (многосенсорный и междисциплинарный) подход к исследованию Мирового океана на основе данных ДЗЗ.

Основу исследований составляют изображения морской поверхности, полученные при помощи радиолокаторов с синтезированной апертурой, а для их уверенной и надёжной интерпретации в лаборатории разрабатываются методики анализа всей совокупности информации, полученной с помощью приборов дистанционной диагностики, установленных на различных спутниках, специализированных на дистанционном зондировании Земли. Ключевым вопросом является возможность комплексного использования данных, различных по своей физической природе (активное и пассивное микроволновое зондирование, много- и гиперспектральные оптические и ИК-данные), пространственному разрешению и размерности.

Разработка физических основ выявления антропогенных загрязнений на морской поверхности — ещё одна из важных задач научных исследований лаборатории. Были разработаны основные критерии, позволяющие с высокой степенью достоверности выявлять нефтяные загрязнения на морской поверхности и отделять их радиолокационные сигнатуры от поверхностных проявлений других феноменов, например областей активного цветения водорослей, ветрового застоя и ледяного покрова.

With this method of Earth surface observation for a spacecraft 450-km orbit altitude, the swath width will be 810 km. The second instrument is designed to discover the flashes of lightning within the 680-km field of view (680×550 km frame size). The flashes of lightning are observed in the direction pointed at nadir.

Laboratory of Aerospace Radio Detection (554).
Head — Dr. Olga Lavrova

The laboratory of aerospace radio detection was founded in 2002 and its activities continue the research line developed by professor V.S. Etkin — the Earth remote sensing through radiophysical methods. The primary lines of research are theoretical and experimental research of dynamic and wave processes in the ocean upper layer and in the surface atmosphere based on the data from the satellite remote sensing.

Over the years of laboratory existence its staff members have gained a unique experience in various satellite data on the seas and oceans conditions in the course of a series of the Russian and international projects and developed a complex (multi-sensor and interdisciplinary) approach to exploration of the world ocean based on the Earth remote sensing data.

The research framework includes images of the ocean surface obtained from the radio detectors with synthesized aperture, the laboratory is developing the analysis methods of the whole collection of the data obtained by the remote diagnostic instruments installed onboard various satellite intended for the Earth remote sensing for confident and reliable data interpretation. The key problem is the possibility of complex use of the data different in their physical nature (active and passive microwave sensing, multi- and hyper-spectral optic and IR-data), spatial resolution and units.

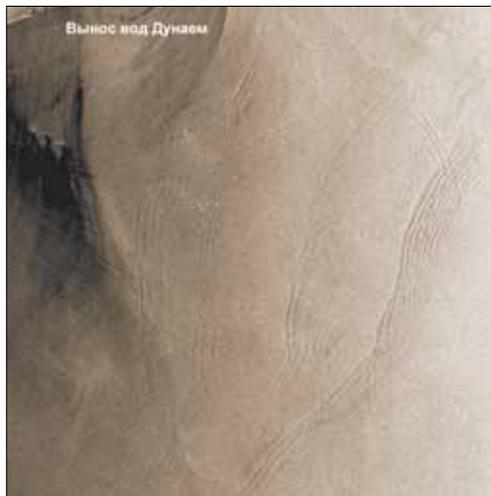
The development of the physical basics to find the anthropogenic pollution on the ocean surface is one more important problem of scientific research of the laboratory. The primary criteria were developed enabling to discover oil spills on the ocean surface with a very high degree of confidence and separate their radar signature from surface manifestations of other phenomena, for instance, from the regions of active algal bloom, wind standstill and ice cover.



Ольга Лаврова
Olga Lavrova

Посредством совместного анализа разнородных спутниковых данных были определены основные типы антропогенных и естественных плёночных загрязнений морской поверхности, характерные для Чёрного, Балтийского и Каспийского морей.

Совокупность накопленных экспериментальных фактов и теоретических моделей легли в основу развиваемой в настоящее время технологии экологического мониторинга состояния и загрязнения прибрежной зоны российских морей. Оно строится на детальном знании всей совокупности гидродинамических процессов, характерных для района мониторинга, так как загрязнения, попадая в морскую среду, становятся частью этой среды и развиваются вместе с ней под воздействием метеорологических и гидрологических факторов. Комплексный подход к оперативному спутниковому мониторингу нефтяного загрязнения морей России впервые был реализован на практике сотрудниками лаборатории совместно с коллегами из Института океанологии им. П. П. Ширшова и Геофизического центра РАН для района юго-восточной Балтики в 2004–2005 гг. Позже разработанные методики и накопленный опыт были использованы при проведении экологического мониторинга Балтийского, Чёрного, Азовского и Каспийского морей в 2004–2011 гг.



Проявление многочисленных изгогов внутренних волн на радиолокационных изображениях ASAR Envisat (© ESA) вблизи дельты Дуная в Чёрном море (вверху) и в Каспийском море (внизу)

Display of multiple internal wave trains on the radar images from ASAR Envisat (© ESA) near the Danube Delta in the Black Sea (left) and in the Caspian Sea (right)

Результаты

1. Исследование циркуляционных и динамических процессов во внутренних морях России на основе комплексного использования спутниковой информации

Использование данных спутникового дистанционного зондирования морской поверхности существенно расширило наши представления о внутренних волнах в океане. В последнее время удалось выявить поверхностные проявления внутренних волн не только в хорошо изученных и подробно описанных в научной литературе районах Мирового океана, но и в замкнутых бассейнах: морях и больших озёрах. Наблюдаемые внутренние волны в бесприливном бассейне существенно менее интенсивны, чем их аналоги в океане или морях с приливами, но более разнообразны с точки зрения механизмов своего происхождения. Было выявлено, что механизмом генерации изгогов интенсивных внутренних волн в бесприливном море могут служить выходы на шельф длинных внутренних волн — внутренних сейш и квазиинерционных внутренних волн, появляющихся, как правило, в послештормовую погоду. Выходящие на шельф длинные внутренние волны в бесприливном море играют ту же роль, что и внутренние приливы на шельфе океана. По мере распространения к берегу, они сначала претерпевают нелинейную эволюцию, превращаясь из

Through the joint analysis of the heterogeneous satellite data the primary types of the anthropogenic and natural film-type pollution of the ocean surface specific to the Black, Baltic, and Caspian Seas were defined.

The stock of the collected experimental facts and theoretical models has become the basis of the technology of ecological monitoring of the conditions and pollution of the coastal regions of the Russian seas being at the development stage now. It is based on the detailed knowledge of the whole range of hydrodynamic processes specific to the region of monitoring since the pollution, as it enters the marine environment, becomes a part of this environment and develops together with it under the influence of meteorological and hydrological factors. A comprehensive strategy for the on-line satellite monitoring of oil spills in the Russian seas was first implemented in practice by the laboratory's staff members together with their colleagues from the Shirshov Institute of Oceanology and RAS Geophysical Center for the region of Southeast Baltics in 2004–2005. Later the developed methods and the accumulated experience were applied when conducting an ecological monitoring of the Baltic, Black, Azov and Caspian Seas in 2004–2011.

Results

1. Research of the circulation and dynamic processes in the Russian internal seas based on the comprehensive utilization of the satellite information

Utilization of the data of the satellite remote sensing of the ocean surface has significantly expanded our ideas of the internal waves in the ocean. Recently, we were able to discover the surface manifestation of internal waves not only in the world ocean regions well-explored and described in the scientific papers but also in the enclosed basins: seas and large lakes. The observed internal waves in the tideless basins are substantially less intense than the similar waves in the tidal ocean or seas but considerably more diverse from their origin point of view. We found that long internal waves (internal seiches and quasi-inertial internal waves that usually appear in a post stormy weather) going out to the shelf can be the generation mechanism of intense internal wave trains in a tideless sea. The long internal waves going out to the shelf in a tideless sea are playing the same role as the internal tides on an ocean shelf. As they propagate towards the coast, they first undergo a nonlinear evolution and turn from quasi-sinusoidal into nonlinear waves and then generate the trains of soliton-like internal waves. Under the conditions of a narrow steep shelf the generation of waves with maximum amplitudes can be associated with local fronts of the surg-

квазисинусоидальных в нелинейные волны, а затем генерируют пакеты солитоноподобных внутренних волн. В условиях узкого приглубого шельфа генерация волн максимальных амплитуд может быть связана с подходом в прибрежную зону локальных фронтов сгонно-нагонного происхождения, наблюдающихся в периоды снятия ветрового напряжения и восстановления нарушенной сгоном или нагоном стратификации. В условиях широкого шельфа возможна генерация интенсивных внутренних волн движущейся поверхностной интрузией распресненных прибрежных вод, как это регулярно наблюдается на придунайском шельфе Чёрного моря. Сотрудники лаборатории на основе спутниковых данных выявили ещё один новый механизм генерации внутренних волн в бесприливных морях, а именно — генерация волн нестационарным фронтом (движущимся и/или подверженным инерционным колебаниям), связанным с прохождением холодного вихря.

В последние годы большое внимание уделяется исследованию субмезомасштабных вихревых структур Чёрного, Балтийского и Каспийского морей с размерами от нескольких сот метров до нескольких километров. Данные процессы являются одним из важнейших элементов динамики вод, ответственных за интенсивное перемешивание, отличаются сильной изменчивостью во времени и пространстве, спонтанностью появления, неустойчивостью и коротким временем жизни.

На основе спутниковых данных высокого пространственного разрешения были выявлены основные механизмы генерации вихревых структур разных масштабов и определены районы их пространственной локализации в Чёрном, Каспийском и Балтийском морях. Был разработан метод реконструкции реальных полей поверхностных течений, позволяющий выявлять мезо- и мелкомасштабные структуры: вихри, диполи и мультиполю, струи, филаменты — и проводить оценки влияния динамических структур в прибрежной зоне моря на пространственно-временное распределение основных параметров загрязнения морской среды. Для верификации результатов, полученных на основе спутниковой информации, регулярно проводятся подспутниковые измерения реальных полей течений в прибрежных акваториях Чёрного и Балтийского морей.

2. Разработка методики выявления антропогенных и естественных загрязнений морской поверхности и прогноза их распространения на основе данных спутникового зондирования

ing origin observed in the periods of wind stress release and stratification recovery disturbed by a negative or positive surge. Under the condition of a wide shelf, the generation of intense internal waves by a moving surface intrusion of the freshened coastal waters as it is often observed on the Danube-influenced shelf of the Black Sea is possible. The laboratory's staff members, based on the satellite data, have found one more mechanism of internal wave generation in tideless seas, namely, wave generation by a transient front (moving and/or subject to inertial oscillations) associated with a cold vortex passage.

In the recent years a lot of attention is paid to exploration of sub-mesoscale vortex structures of the Black, Baltic, and Caspian Seas of the size from several hundreds of meters up to several kilometers. These processes are one of the most important elements of dynamics of the waters responsible for rapid mixing, they feature high variability in time and space, spontaneous formation, instability and short life.

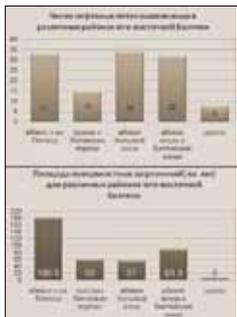
Based on the satellite data of high spatial resolution the primary generation mechanisms of vortex structures of various scales were discovered and the regions of their spatial localization in the Black, Caspian, and Baltic Seas were defined. We developed the method of reconstruction of actual fields of surface currents that enables to discover meso- and small-scale structures: vortices, dipoles and multipoles, streams, filaments, and to estimate the influence of dynamic structures in the coastal regions on the space-time distribution of the primary parameters of the marine environment pollution. To verify the results obtained from processing of the satellite data, subsatellite research of actual current fields in the off-shore strips of the Black and Baltic Seas is conducted on a regular basis.

2. Development of the methods of finding anthropogenic and natural pollution of the ocean surface and prediction of their distribution based on the satellite sensing data.



Проявление на цветосинтезированном изображении TM Landsat-5 (НАСА) вихревых структур и внутренних волн, которые сформировались на гидрологическом фронте, связанном с распространением распреснённых мутных вод Дуная

Display of vortex structures and internal waves formed on a hydrological front associated with propagation of Danube freshened muddy waters on a color synthesized image from TM Landsat-5



Результаты мониторинга нефтяного загрязнения Балтийского моря. Слева — сводная карта-схема нефтяных пятен в юго-восточной части Балтийского моря, выявленных в результате анализа данных спутниковой радиолокации в 2009–12 гг.; справа — распределение нефтяных пятен по различным районам

The results of the monitoring of the oil spill in the Baltic Sea. Left. General index map of oil spills in the southeastern part of the Baltic Sea found as a result of data analysis from the satellite radio detection in 2009–2012. Right. Distribution of oil spills by various regions



Пример распознавания различных типов вод в Перекопских озёрах по данным гиперспектрометра Hyperion

An example of recognition of various types of waters in the Perekop lakes based on the Hyperion hyperspectrometer data

На основе архива спутниковых данных за более чем 10-летний период было оценено экологическое состояние акваторий Чёрного, Каспийского и Балтийского морей, которые наиболее подвержены нефтяному загрязнению из-за широкомасштабного освоения запасов нефти и газа на морском шельфе, чему сопутствуют строительство и эксплуатация морских стационарных платформ, береговых терминалов, хранилищ углеводородов, прокладка подводных трубопроводов, сейсмические и буровые работы, рост судоходства и пр. По результатам анализа данных спутниковой радиолокации за 2009–2012 гг. для каждого моря составлены карты нефтяного загрязнения, определены межгодовая и сезонная изменчивость совокупной площади нефтяного загрязнения, пространственное распределение и пространственная изменчивость площадей нефтяных загрязнений для различных акваторий.

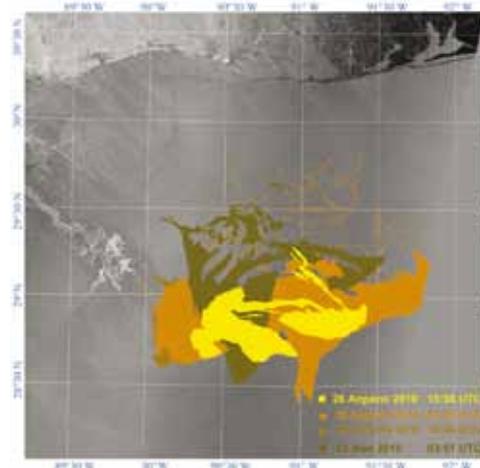
Новое направление исследований для лаборатории — использование данных спутниковых гиперспектральных сенсоров для выявления и распознавания различных типов вод в прибрежной зоне морей и во внутренних водоёмах. Интересные результаты были получены при решении задачи распознавания антропогенных загрязнений в различных частях залива Сиваш и в Перекопских озёрах по данным гиперспектрометров Hyperion (КА EO-1, NASA) и HICO (на борту МКС, NASA). Эти акватории используются либо как источники минерального сырья, либо служат отстойниками многочисленных заводов. В то же время они — зоны отдыха и разведения рыбы. Один и тот же водоём может быть разделён дамбой и использоваться для разных целей. Задачей спутникового экологического мониторинга является отслеживание ситуаций, когда загрязнённая вода попадает в более чистый резервуар.

Based on the archive satellite data for more than 10 years the ecological condition of the aquatic zones of the Black, Caspian, and Baltic Seas which are subject to oil spillage most due to a wide-scale development of the oil and gas deposits on the sea shelf accompanied with construction and operation of offshore fixed platforms, shore-based terminals, hydrocarbon storage facilities, submerged pipeline laying, seismic and drilling operations, shipping traffic increase, etc., was evaluated. By the results of the satellite radio detection data in 2009–2012 for each sea the maps of oil spillage were prepared, year to year and seasonal variations of the total area of oil spillage, spatial distribution, and spatial variations of the areas of oil spillages for various aquatic zones were defined.

The new profile of research for the laboratory is the use of satellite hyperspectral sensors for finding and recognizing various types of waters in the coastal zones of the seas and inland water reservoirs. Fascinating results were obtained while resolving the task of anthropogenic pollution recognition in different parts of the Syvash Lake and the Perekop lakes based on the data from the Hyperion and HICO hyperspectrometers. These aquatic zones are used either as sources of mineral raw materials or serve as holding ponds for multiple factories. At the same time, these are the recreation areas and areas for fish farming. The same water reservoir can be divided by a dam and used for different purposes. The objective of the satellite ecological monitoring is tracking the situations when the contaminated water goes into a cleaner reservoir.

Катастрофический разлив нефти в Мексиканском заливе. Слева: изображение нефтяного загрязнения с образовавшейся струёй 17 мая 2010 г. по данным MODIS на КА Terra (НАСА, © MODIS Rapid Response Team); справа: композиция четырёх радиолокационных снимков ASAR Envisat, показывающая распространение нефтяного пятна с 26 апреля по 2 мая 2010 г.

A disastrous oil spillage in the Gulf of Mexico. Left: an image of the oil spillage with the formed stream on 17 May, 2010 from the data of MODIS Terra (©MODIS Rapid Response Team); right: a composition of four ASAR Envisat radio detection images showing the spillage distribution from 26 April through 2 May, 2010



Сотрудники лаборатории активно участвовали в проведении оперативных спутниковых мониторингов при катастрофических разливах нефтепродуктов: в Керченском проливе, при аварии танкера «Волгонефть-139» (11 ноября 2007 г.); в Мексиканском заливе, вследствие разрушения нефтяной платформы (21 апреля 2010 г.), в Гвинейском заливе, при аварии на морской нефтяной платформе Bonga (21 декабря 2011 г.). На основе всей совокупности доступных спутниковых данных проводился ежедневный мониторинг распространения нефтяной плёнки, оценивались площадь загрязнённой акватории, изучалась гидродинамическая обстановка в районе бедствия и делался прогноз дальнейшего распространения загрязнения. Полученные результаты опубликованы в российских и зарубежных монографиях.

Лаборатория климатических исследований (555) (руководитель — д-р физ.-мат. наук Евгений Шарков)

Лаборатория была образована в 2002 г., её деятельность развивает научное направление, предложенное её руководителем, — разработка научных основ и методов анализа глобальных спутниковых наблюдений радиофизическими методами для объективной оценки изменений окружающей среды и климата планеты.

По данным спутниковых наблюдений можно определить, сколько водяного пара (скрытое тепло) и воды (капельная фаза) содержится в атмосфере Земли, как она переносится, где «пролетают» основные «магистрали» энергии в системе океан-атмосфера, как зарождаются и развиваются тропические циклоны — один из важнейших элементов климатической машины Земли, которые одновременно наносят огромный ущерб технологической инфраструктуре многих государств. Тропический циклогенез — одно из важнейших направлений исследований в лаборатории, и, как было показано сотрудниками, именно тропические циклоны переносят огромную долю тепловой энергии и массы влажного воздуха на нашей планете в средние и высокие широты, обеспечивая таким образом достаточно комфортные условия жизни для человечества и животного мира.

Разработанные методики радиотеплового зондирования системы океан-атмосфера успешно применяются для научного прогноза изменений климатического состояния системы океан-атмосфера в Арктике и в тропической зоне под воздействием природных и космических факторов на основе современных и перспективных спутниковых комплексов. В их числе — программа DMSP, миссия TRMM, миссия Aqua, миссия GCOM-1A, миссия Megha-Tropiques.

The laboratory's staff members were taking an active part in the on-line satellite monitoring during disastrous oil spillages in the Kerch Strait, during the *Volgoneft-139* carrier accident (11 November 2007); in the Gulf of Mexico due to destruction of an oil platform (21 April 2010), in the Gulf of Guinea during the accident at the *Bonga* offshore oil platform (21 December 2011). Based on the whole body of circumstance of the available satellite data the daily monitoring of the oil film distribution was conducted, the area of the polluted aquatic zone was estimated, the hydrodynamic situation in the disaster area was studied and further pollution distribution was predicted. The obtained results were published in the Russian and foreign monographs.

Laboratory of Climatic Research (555). Head — Prof. Dr. Eugene Sharkov

The laboratory was founded in 2002 and it is dealing with the scientific area proposed by its head — the development of scientific grounds and methods of analysis of the global satellite observations using the radio physical methods for objective evaluation of the planetary environment and climate.

By the data of the satellite observations the amount of water vapors (latent heat) and water (droplet phase) can be determined in the terrestrial atmosphere, how they are transferred, where the main energy lines in the ocean-atmosphere system are, how the tropic cyclones form and develop. The cyclones are one of the most important elements of the Earth's climatic machine which can significantly damage the industrial infrastructure of many countries. The tropic cyclogenesis is one of the most important research areas in the laboratory and, as the laboratory's staff members have shown, these are the tropic cyclones (TC) that transfer a significant amount of the thermal energy and mass of the humid air on our planet to the middle and high latitudes and thus providing adequately comfortable living conditions for humankind and wildlife.

The developed methods of the thermal radio sensing of the ocean-atmosphere system are applied successfully for the scientific prediction of the climatic condition changes in the ocean-atmosphere system in the Arctic region and in the tropic zone under the influence of the natural and space factors based on the modern and prospective satellite suites. These suites include, among others, DMSP program, TRMM mission, *Aqua* mission, GCOM-1A mission, and *Megha-Tropiques* mission.



Евгений Шарков
Eugene Sharkov



Комбинационное (мозаика) оптическое изображение Австралии и прилегающих акваторий Индийского и Тихого океанов в момент одновременного функционирования трёх тропических циклонов: Олwyn, Nathan и Pam (11 марта 2015 г.)

A combined (mosaic) optic image of Australia and the adjacent aquatic zones of the Indian and Pacific Oceans at the time of simultaneous action of three tropic cyclones: Olwyn, Nathan, and Pam (11 March, 2015)

Основные направления исследований

- Формирование научной многолетней базы данных глобального тропического циклогенеза GLOBAL-TC (1983–2014) на основе детального реанализа данных спутникового и контактного зондирования;
- развитие анимационных методов изучения циркуляционных свойств глобальных полей водяного пара в атмосфере Земли на основе данных спутникового радиотеплового зондирования (радиотепловидение);
- создание научной основы организации дистанционного мониторинга природных атмосферных катастроф, риска их генезиса и их последствий на основе данных спутникового микроволнового зондирования.

Приборы, проекты, результаты

В качестве примера представлена мозаика из комбинации ИК- и видимого изображений прибора VIIRS, размещённого на спутнике Suomi NPP (США). Мозаика получена в момент динамического удара трёх тропических циклонов одновременно по территории Австралии, причём один из них — ТЦ Pam — является одним из сильнейших ТЦ на планете за последние 10 лет. Скорость ветра в нём достигала 265 км/ч.

Разработаны научные основы изучения изменчивости климатических глобальных параметров Земли и характеристик природных катастрофических атмосферных вихрей и явлений, происходящих в системе океан-атмосфера и оказывающих влияние на формирование климата планеты.

Созданы научные основы проведения мониторинга и изучения глобального тропического циклогенеза как одного из климатообразующих факторов. В частности показано, что:

- необходимое условие генезиса ТЦ — наличие поля интегрального водяного пара выше 60 кг/м^2 . Иными словами, для зарождения циклона в атмосфере должно быть достаточное количество водяного пара;
- необходимое условие существования и интенсификации (усиления) ТЦ — наличие джетового моста с экваториальным материнским полем интегрального водяного пара;
- разрыв джетового моста приводит к немедленной диссипации ТЦ.

В качестве примера показана временная эволюция ТЦ Hondo (4–27 февраля 2008 г.) в акватории Индийского океана в синхронных полях ИК-температуры и водяного пара. Загадочной особенностью эволюции этого ТЦ была его неожиданная диссипация (14.02.2008) и ещё более неожиданное восстановление (20.03.2008 г.).

Research Areas

- Establishment of the scientific years-long database of global tropic cyclogenesis (GLOBAL-TC, 1983-2014) based on the detailed reanalysis of the data of the satellite monitoring and contact sensing;
- development of the animation methods to study the circulation properties of the global fields of water vapors in the Earth's atmosphere based on the data from the satellite thermal radio sensing (radio infrared imagery);
- establishment of the scientific grounds for remote monitoring of natural atmospheric disasters, risks of their genesis and their consequences based on the data from the satellite microwave sensing.

Projects, Results

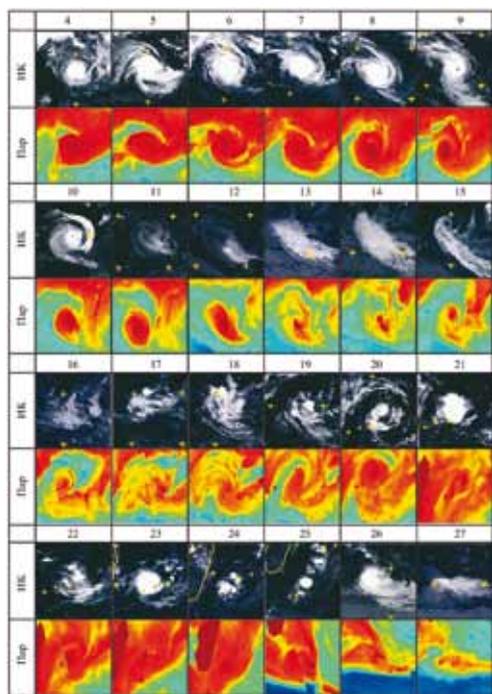
As an example, we present a mosaic of the combination of an infrared and visible images from the VIIRS unit onboard the Suomi NPP satellite (the USA). The mosaic was obtained at the time of a simultaneous dynamic shock of three tropic cyclones on the Australian territory, and one of them — Pam TC — is one of the strongest TC's on the planet over the last ten years. The wind velocity in this cyclone was reaching up to 265 km/h.

The scientific grounds to study the variability of the global climatic parameters and characteristics of the natural disastrous atmospheric vortices and phenomena in the ocean-atmosphere system affecting the planetary climate were developed.

The scientific grounds to monitor and study the global tropic cyclogenesis as one of the climate forcing factors were established. In particular, it was shown that:

- a prerequisite of the tropic cyclone (TC) genesis is the presence of the field of the integrated water vapor of more than 60 kg/m^2 . In other words, a sufficient amount of water vapors shall be present in the atmosphere for the cyclone to form;
- a prerequisite of the tropic cyclone (TC) existence and intensification is the presence of a jet bridge with the equatorial parent field of the integrated water vapor;
- a breakup of the jet bridge results in the immediate dissipation of a TC.

As an example the time evolution of Hondo TC is shown (4–27 February, 2008) in the aquatic zone of the Indian Ocean within the synchronous fields of the IR-temperature and water vapor. A mysterious peculiarity of evolution of this type TC was its unexpected dissipation (02/14) and even more unexpected (03/20) recovery.



Временной ряд композиций (кадров) парных изображений ИК-канала ИЗС Meteosat-7 (ЕКА) и поля интегрального водяного пара, приведённых к одинаковому масштабу и отображающих различные стадии эволюции и трансформации ТЦ Hondo и сопутствующих метеорологических систем за период 4–27 февраля 2008 г. Сроки наблюдения отображены цифрами над изображениями

A time series of the arrangement (frames) of pairs of the IR-channel images obtained from the Meteosat-7 satellite and the fields of the integrated water vapor brought to the same scale and reflecting the various stages of Hondo TC evolution and transformation and the concurrent meteorological systems over the period from 4 through 27 February, 2008. The figures above the images show the periods of observation

Причина всех этих эволюционных загадок оказалась в пространственных особенностях поля водяного пара.

Определена роль тропических циклонов в полярном переносе скрытой теплоты на планете. Анализ глобальных радиотепловых полей Земли из электронной коллекции GLOBAL-Field показал, что водяной пар и тепло переносятся из приэкваториальной атмосферы планеты в более высокие широты («полярный перенос») не меридиональной циркуляцией, а интенсивными горизонтальными движениями, вызванными тропическими циклонами, и атмосферными фронтами, имеющими большую горизонтальную протяжённость.

Создана методика спутникового радиотепловидения, состоящая в пространственно-временной интерполяции и анализе измеренных с полярно-орбитальных спутников радиотепловых полей Земли и восстановленных по ним полей геофизических характеристик. Методика позволяет получать динамическое описание эволюции рассматриваемых полей с рекордными параметрами на сегодняшний день: временной пиксель с шагом до 1,5 ч на глобальной регулярной географической сетке с шагом до $0,125^\circ$, что даёт возможность прямого расчёта физических величин, характеризующих аспекты массо- и энергопереноса в атмосферных системах с горизонтальными размерами от 100 км, развивающихся на суточных и более длительных интервалах времени.

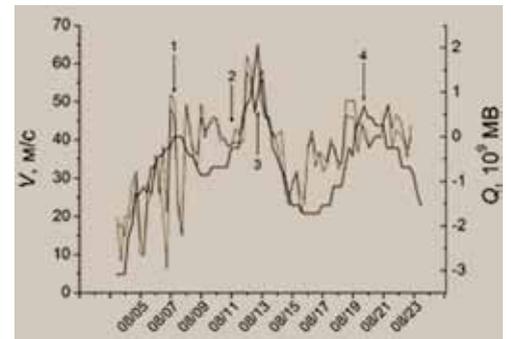
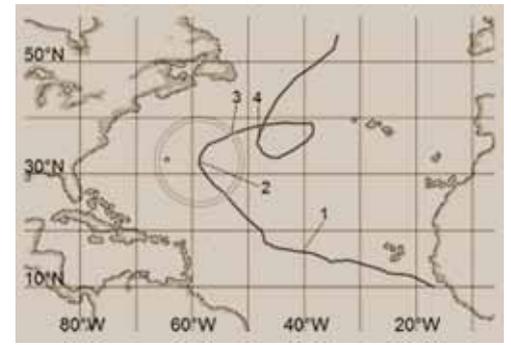
Совместный анализ синхронных пар полей водяного пара W и скорости ветра V позволяет выполнить расчёт адвективных потоков скрытого тепла Q через произвольно заданные границы (контуры), т. е. получить в замкнутой относительно входных радиотепловых данных расчётной схеме важную интегральную характеристику массо- и энергообмена процессов, наблюдаемых в системе океан-атмосфера. Таким образом, экспериментально доказано, что фазы интенсификации и диссипации ТЦ жёстко привязаны к изменению величины и знака потоков Q : интенсификация соответствует конвергентному (положительному, внутрь контура) потоку, а диссипация — дивергентному (отрицательному).

The reason of all these mysteries turned out to be in the spatial peculiarities of the water vapor field.

The role of tropic cyclones in the polar transfer of the latent heat on the planet was defined. The analysis of the global thermal radio fields from the GLOBAL-Field electronic collection has shown that the water vapor and heat are transferred from the near-equatorial atmosphere of the planet to higher latitudes (polar transfer) not by a meridional circulation but by intense horizontal motions induced by tropic cyclones and by atmospheric fronts having a longer horizontal extent.

The method of satellite thermal radio imagery consisting of a space-time interpolation and analysis of the Earth's thermal radio fields measured from the polar orbital satellites and fields of geophysical characteristics reconstructed by these measurements was created. Today this method enables to obtain a dynamic description of the evolution of the fields under investigation with the record parameters: a time pixel in increments of up to 1.5 hours on the global regular grid in increments of up to 1.125 degrees that enables the direct calculation of physical values characterizing the aspects of mass and energy transfer in the atmospheric systems having horizontal dimensions from 100 km and more developing at the 24-hour and longer intervals.

A combined analysis of the synchronous pairs of water vapor fields W and wind velocity V enables to calculate the advective currents of the latent heat Q using the arbitrarily assigned boundaries (outlines), that is to obtain an important integral characteristic of the mass and energy transfer processes observed in the ocean-atmosphere system within a computational pattern closed against the input thermal radio data. Thus, it was proven by experiment that the TC intensification and dissipation depend heavily on the value and sign reversal of Q currents: intensification corresponds to the convergent (positive, inward the loop) current and dissipation corresponds to the divergent (negative) current.



Пример расчёта потоков Q через систему концентрических круговых контуров, дрейфующих вместе с тропическим циклоном Alberto (август 2000 г.) в процессе его эволюции

An example of calculation of Q currents through the system of concentric circular loops drifting together with Alberto tropic cyclone (TC) (August 2000) in the course of its evolution

Георгий Арумов
Georgy Arumov



Сектор оптического зондирования (555.1)
(руководитель — канд. физ.-мат. наук
Георгий Арумов)

Методы лазерного зондирования, которые развивают сотрудники сектора, используются в изучении не только Земли, но и других планет Солнечной системы. Исследования велись, в основном, по двум направлениям. Первое — анализ элементного состава вещества по спектрам излучения лазерной плазмы, образующейся при воздействии лазерных импульсов на поверхность исследуемых образцов. Второе направление связано с разработкой миниатюрных лидаров для исследования атмосферы. В ИКИ эти методы получили развитие в научной группе Г. Арумова в отделе В. С. Эткина, преобразованной затем в лабораторию в отделе С. С. Моисеева и трансформированную в настоящее время в сектор оптического зондирования в отделе «Исследования Земли из космоса».

Параллельно с участием в космических проектах сотрудники разрабатывали методики дистанционного анализа состава поверхности по оптическим спектрам излучения лазерной плазмы. В работах, посвящённых повышению аналитических свойств лазерной плазмы, образующейся при воздействии мощных лазерных импульсов на поверхность исследуемых образцов, исследовано изменение контраста спектральных линий в зависимости от режима облучения. За счёт применения двухимпульсного облучения получено более чем 10-кратное увеличение контраста линий в эмиссионных спектрах лазерной плазмы.

«Земная» часть работ сектора касается, в первую очередь, лазерного зондирования атмосферы, в которых используются лидары — аналоги радаров, в которых источником излучения выступают лазеры. В космосе приоритетными задачами стали участие в разработке прибора ПмЛ (проекты «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс») и разработка предложений по пылевому комплексу (ПК) проекта «ЭкзоМарс».

Основные направления

- Развитие методики двухпозиционного лидарного зондирования атмосферы.
- разработка концепции лидара-нефелометра обратного рассеяния.
- участие в разработке прибора ПмЛ (проекты «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс»)
- участие в разработке Пылевого комплекса (ПК) проекта «ЭкзоМарс».

Sector of Optical Sensing (555.1). Head —
Dr. Georgy Arumov

Methods of laser sensing being developed by the division's staff members are applied for exploration of not only the Earth but for other planets as well. There were primarily two areas of research. The first one is the analysis of the elemental composition of a compound using the emission spectra of the laser plasma formed when the surface of samples under examination is treated with laser pulses. The second area is connected with the development of miniature lidars to explore atmosphere. In IKI these methods gained momentum in the scientific group of G. Arumov in the V.S. Etkin department later reorganized into a laboratory in the S.S. Moiseev department and now transformed into the sector of optical sensing in the department of Earth exploration from space.

Concurrently with participation in space projects the staff members were developing the methods of remote analysis of the surface composition using the visible spectra of the laser plasma emission. The works dedicated to improvement of the analytic properties of the laser plasma formed under the influence of powerful laser pulses on the surface of the samples under investigation the spectral lines contrast variation depending on the irradiation mode was studied. Due to application of a double-pulse irradiation, more than a tenfold increase of the line contrast in the emission spectra of the laser plasma was obtained.

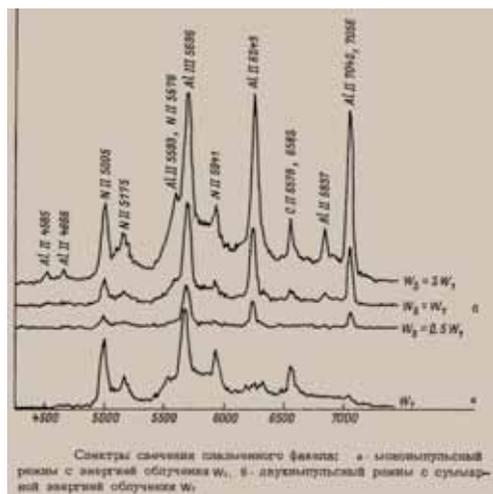
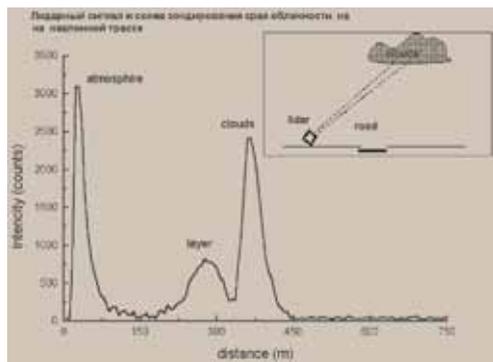
The ground part of the division's activities, first of all, relates to the laser sensing of the atmosphere using the lidars — the analog of radars where the lasers are the radiation sources. In the space the priority tasks were participation in the designing of the PmL instrument (*Luna-Glob* and *Luna-Resurs-Lander* projects) and development of proposals on the *ExoMars* dust suite.

Research areas

- Development of the methods of a two-position lidar sensing of the atmosphere;
- development of the concept of a backscatter lidar-nephelometer;
- participation in the development of the PmL instrument (*Luna-Glob* and *Luna-Resurs-Lander* projects);
- participation in the development of the *ExoMars* Dust Suit (DS).

Результаты калибровки лидара в наземных условиях

Calibration results of a lidar in the ground conditions



Увеличение контраста линий в эмиссионных спектрах лазерной плазмы

Increase of line contrast in the emission spectra of the laser plasma

Приборы, проекты, результаты

Разработана методика двухпозиционного лидарного зондирования. В отличие от схемы с одним приёмным каналом, предложенный метод двухпозиционного лидарного зондирования, особенность которого заключается в пространственном разнесении излучающего и двух (или нескольких в общем случае) приёмных каналов, позволяет определить трассовую зависимость перекрытия полей зрения приёмных каналов с зондирующим пучком. Показано, что двухпозиционный метод (в сочетании с использованием перфорированного экрана в приёмном канале) открывает возможность создания стандартного сценария дистанционных измерений размера и концентрации рассеивающих частиц в атмосфере. Метод, в отличие от традиционных лидарных методов, может применяться как для сферических полидисперсных, так и для несферических частиц.

В рамках разработки концепции лидар-нефелометра обратного рассеяния предложен метод модуляции лазерного зондирующего импульса, который даёт возможность измерения лидарного отношения (коэффициента обратного рассеяния к коэффициенту экстинкции) и, как следствие, определения трассовой зависимости коэффициента обратного рассеяния, знание которой необходимо для определения концентрации частиц.

В рамках институтских научных групп сотрудники сектора участвуют в разработках приборов для новых космических миссий. В частности: прибора ПМЛ, предназначенного для исследования плазменно-пылевой компоненты у поверхности Луны в проектах «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс» и пылевого комплекса посадочного аппарата проекта «ЭкзоМарс», предназначенного для изучения динамики пыли и аэрозоля в приповерхностном слое атмосферы Марса.

Наряду с участием в этих проектах, разрабатываются предложения по оптическим датчикам для исследования аэрозоля в атмосфере Венеры с помощью спускаемого аппарата перспективного проекта «Венера-Д» (приборы НЕФАС и НЕЛИДА).

Instruments, Projects, Results

The method of two-position lidar sensing was developed. Unlike the layout with one reception channel the proposed method of two-position lidar sensing, featuring the spatial separation of the emitting and two (or several in the general case) reception channels, enables to define the route dependence of the overlapping reception channels fields of vision with the sensing beam. It was shown that the two-position method (together with the use of a perforated screen in the reception channel) gives an opportunity of developing a standard scenario of remote measurements of the size and concentration of the scattering particles in the atmosphere. This method, unlike the classic methods, can be used both for spherical polydisperse particles and for non-spherical ones.

Within the framework of the development of the backscatter lidar-nephelometer concept, the modulation method of a laser relation (backscattering index to extinction index) and, as a consequence, to define the route dependence of the backscattering index required to determine the particle concentration was proposed.

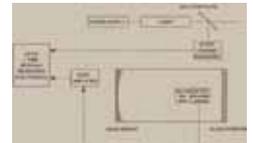
Within the framework of the Institute's scientific groups the division's staff members are participating in the development of the instruments for new space missions. In particular, the PmL instrument designed for exploration of the dust plasma component near the lunar surface for the *Luna-Glob* and *Luna-Resurs* projects and the Dust Suit (DS) of the *ExoMars* lander designed for investigation of the dust and aerosol dynamics in the near-surface layer of the Martian atmosphere.

Together with participation in these projects the sector is developing proposals on optic sensors to investigate aerosol in the Venusian atmosphere using the descending module of the prospective *Venera-D* project (NEFAS and NELIDA instruments).



Лазерные измерители рельефа и отражающей способности поверхности для аэростата проекта «Марс-94/96»

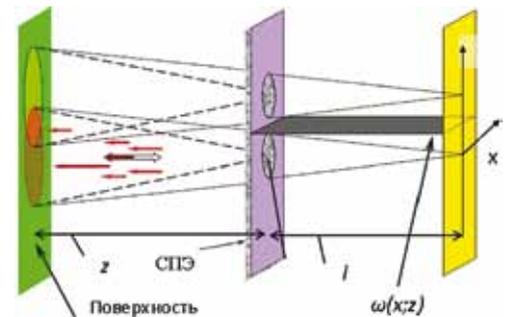
Laser meters of the terrain and the surface reflectance for the Mars-94/96 aerostat



Принципиальная схема прибора
Instrument schematic circuit

Лидар для спускаемого модуля Mars Polar Lander проекта Mars Surveyor 1998/99 (НАСА)

A lidar for the Mars Polar Lander of the NASA Mars Surveyor 1998/99 project



Двухпозиционная схема зондирования с двумя приёмными каналами
Two-position sensing layout with two reception channels