

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE IN Leningrad

Transactions

Труды
вып. 32

vol. 32

06
778

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ОКЕАН—АТМОСФЕРА

INVESTIGATIONS
ON THE OCEAN — ATMOSPHERE PROBLEM

Сборник 2

работ научно-исследовательского института взаимодействия океана
и атмосферы

issue 2

of the papers of the air sea interaction institute

24443

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института

ЛЕНИНГРАД
1970

Сборник содержит результаты исследований взаимодействия океана и атмосферы, выполняемых в Ленинградском гидрометеорологическом институте. Статьи посвящены формированию процессов в реальных океанах и морях, изменению метеорологических и гидрологических условий и их прогнозу. Некоторые статьи имеют теоретическое и методическое содержание.

Сборник рассчитан на широкий круг океанологов, метеорологов и геофизиков, а также на преподавателей, аспирантов и студентов.

Научный редактор **В. В. Тимонов**

Ответственный редактор *О. А. Алекин*

2—9—6

Труды Ленинградского Гидрометеорологического института
Исследования по проблеме океан — атмосфера

СБОРНИК 2

Работ научно-исследовательского института взаимодействия океана и атмосферы

Редактор *Б. И. Леонова*

М-13 525. Сдано в набор 21/V-1968 г. Подписано к печати 2/VII-1970 г. Формат бум. 70 × 108^{1/16}.
Бумага тип. № 3. Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 19. Тираж 500. Заказ 2329. Цена 1 р. 84 к. Тем. план 1968 г.

Типография профессионально-технического училища № 4. Ленинград, 12-я Красноармейская ул., 27.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая. ФИЗИКА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Теория, эксперименты, методы расчета

	Стр.
<i>В. М. Радикевич.</i> Исследование некоторых характеристик взаимодействия пограничных слоев атмосферы и моря на основе новой теоретической модели	3
<i>А. С. Балуева, В. Н. Веретенников.</i> К теории нестационарных чисто дрейфовых течений в океане	16
<i>А. С. Балуева, В. Н. Веретенников.</i> К вопросу о расчете ветрового нагона	23
<i>В. А. Макаров.</i> О распространении длинной волны в канале переменной ширины	30
<i>Л. И. Борис.</i> О расчете внутренних приливных волн и связанных с ними течений в океане	33
<i>Б. А. Каган, А. В. Некрасов, Р. Э. Тамсалу.</i> Расчет приливных явлений в море с учетом горизонтального турбулентного трения	50
<i>А. В. Некрасов.</i> Использование соотношений между уровнем и его наклоном при анализе приливных колебаний	56
<i>А. Б. Мензин.</i> Об электрической аналоговой модели глубинной циркуляции	64

Формирование процессов в реальных океанах и морях

В. В. Тимонов . Очаги взаимодействия океана и атмосферы	69
<i>В. М. Радикевич.</i> Основные причины изменений сезонных величин турбулентного потока тепла и затрат тепла на испарение в Северной Атлантике	76
<i>И. П. Карпова.</i> К вопросу об устойчивости атмосферы над Северной Атлантикой	81
<i>Н. Л. Козутовский.</i> К обмену теплом и солями между верхним слоем и глубинными водами Северной Атлантики	85
<i>Б. И. Тюрков.</i> Расчетная схема изменений структуры деятельного слоя Охотского моря от сезона к сезону	94
<i>В. П. Хрол.</i> Метод расчета адвективных изменений толщины льда вдоль восточно-американского пути перемещения льдов	121

Изменение метеорологических и гидрологических условий, их прогноз

<i>Б. Б. Елеков.</i> Об изменении длины планетарных волн при переходе от зональной циркуляции к меридиональной	138
<i>А. А. Гирс.</i> Учет развития макросиноптических процессов при изучении причин изменения фоновых характеристик гидросферы	145
<i>А. И. Савичев.</i> К вопросу о прогнозе барического поля над Северной Атлантикой в июле	169
<i>Е. И. Серяков, В. П. Карауловский.</i> Расчет вариаций месячных величин потерь тепла на испарение и теплообмена с атмосферой в Северной Атлантике	184
<i>Е. И. Серяков, А. И. Смирнова.</i> Связь составляющих теплового баланса Северной Атлантики с аномалиями температуры воды за характерные годы	193
<i>А. И. Смирнова.</i> Изменение теплосодержания деятельного слоя Северной Атлантики при разных типах атмосферной циркуляции	206
<i>И. П. Карпова.</i> О влиянии Исландского минимума атмосферного давления на течения Норвежского моря	221

Методы натурных исследований, приборы

<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> Применение искусственных спутников Земли для океанологических исследований	230
<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> О дешифрировании снимков льдов, полученных с метеорологических спутников Земли	239

Часть вторая. ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

<i>О. А. Алекин, Н. П. Моричева.</i> Расчет насыщенности карбонатом кальция воды Черного моря	250
---	-----

CONTENTS

Part first. PHYSICS OF THE OCEAN AND THE ATMOSPHERE

Theory, experiments, methods of calculation

	Pp.
<i>V. M. Radikevich.</i> Investigation of some characteristics of interaction between the atmosphere and sea boundary layers on the base of a new theoretical model	3
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the calculation of wind-induced surge	16
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the theory of non-stationary drift currents in the ocean	23
<i>V. A. Makarov.</i> On the propagation of a long wave in a channel with the variable cross-section	30
<i>L. I. Boris.</i> Calculation of internal waves and associated currents in the ocean	33
<i>B. A. Kagan, A. V. Nekrasov, R. E. Tamsalu.</i> Calculation of tidal phenomena in the sea taking into account the lateral turbulent friction	50
<i>A. V. Nekrasov.</i> Use of the relationships between the sea-level and its slope at the tidal oscillation analysis	56
<i>A. B. Menzin.</i> Electrical analogue model of the deep circulation	64

Formation of real ocean and sea processes

<i>V. V. Timonov</i> . Centers of ocean.—atmosphere interaction	69
<i>V. M. Radikevich.</i> Main causes of variations of seasonal values of turbulent heat flux and evaporation heat loss in the North Atlantic	76
<i>I. P. Karpova.</i> On the atmosphere stability over the North Atlantic	81
<i>N. L. Kogutovskv.</i> Heat and salt exchange between the upper and deep layers in the North Atlantic	85
<i>B. I. Tjuriakov.</i> Calculated pattern of the changes of the structure of the Okhotsk Sea from season to season	94
<i>V. P. Khrol.</i> Methods of calculation of the advective variation of the thickness of the ice along the East American ice travel path	121

Variation of meteorological and hydrological conditions and their forecast

<i>B. B. Elekoyev.</i> Change of the planetary waves length during the transition from the zonal to meridional circulation	138
<i>A. A. Girs.</i> Use of the data of the development of the macrosynoptic processes in studying causes of background hydrosphere characteristics variations	145
<i>A. I. Savichev.</i> The forecast of the atmosphere pressure field over the North Atlantic in July	169
<i>E. I. Seryakov, V. P. Karaulovsky.</i> Calculation of variations of the month values of evaporation heat loss and the sea—air heat exchange in the North Atlantic	184
<i>E. I. Seryakov, A. I. Smirnova.</i> Relation between heat balance components and water temperature anomalies for the characteristic years in the North Atlantic	193
<i>A. I. Smirnova.</i> Variation of the active layer heat content in the North Atlantic in various types of the atmospheric circulation	206
<i>I. P. Karpova.</i> Influence of the Icelandic depression on the currents of the Norwegian Sea	221

Methods of natural investigations. Apparatus

<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhtzamer.</i> Use of satellites for oceanological investigations	230
<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhtzamer.</i> Decoding of ice photographs made by means of meteorological satellites	239

Part second. CHEMICAL SEA-AIR INTERACTION

<i>O. A. Alekii, <i>N. P. Moricheva</i>.</i> Calculation of the saturation of calcium carbonate in the water of the Black Sea	250
---	-----

МЕТОДЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИБОРЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер

Введение

Создание и запуск в космос искусственных спутников Земли (ИСЗ) не только открывают неограниченные возможности для исследования макропроцессов, происходящих в атмосфере, но и дают возможность применения их для исследования морей и океанов. Из большого количества различных по назначению искусственных спутников Земли наибольший интерес для изучения морей и океанов имеют метеорологические спутники, которые уже в настоящее время фотографируют почти одновременно всю поверхность земного шара и дают возможность получить целый комплекс метеорологических данных для установления закономерностей, происходящих в атмосфере, а также уточнять данные для составления синоптических прогнозов. Поскольку физические процессы, имеющие место в мировом океане, неразрывно связаны и находятся в зависимости от процессов, происходящих в атмосфере и особенно в ее приводном слое, то становится ясным, что, кроме фотографирования поверхности воды и льда, метеорологические спутники Земли дают возможность исследовать и физические явления, происходящие в морях и океанах, и установить их связь с процессами, происходящими в атмосфере.

Эти обстоятельства и позволяют утверждать, что из искусственных спутников Земли, запущенных в настоящий момент для изучения мирового океана (из-за отсутствия специальных океанологических ИСЗ), наиболее отвечают требованиям при океанологических исследованиях метеорологические искусственные спутники Земли, тем более, что такое их использование не связано ни с какими дополнительными затратами.

Необходимость применения искусственных спутников в океанологии объясняется тем, что до настоящего времени океанологи располагают сравнительно небольшими фактическими данными и при этом чаще всего разрозненными наблюдениями над различными гидрологическими элементами, что, естественно, очень затрудняет исследование процессов и выявление закономерностей, происходящих в мировом океане. Искусственные спутники дадут возможность во много раз увеличить объем и качество информации, а также получать синхронные сведения для изучения физических явлений в морях и океанах. Но несомненно и то, что хорошие результаты могут дать только комплексные исследования с применением всех имеющихся в наличии средств наблюдения с использованием современного математического аппарата.

Основной задачей настоящей статьи является дать короткую информацию о метеорологических спутниках Земли, запущенных в США и СССР, а также показать возможность их применения и перспективу использования для исследования морей и океанов.

Краткие сведения о метеорологических спутниках Земли

В течение шести лет, начиная с 1960 г., в США были запущены на орбиту искусственные спутники земли серии «Тайрос», «Нимбус» и «Эссо», а в 1966 г. в СССР выведен на орбиту метеорологический спутник «Космос-122». Основной задачей этих ИСЗ является исследование облачного покрова Земли и радиационные измерения системы земная поверхность — атмосфера. Каждый из спутников имеет свою орбиту, период обращения и аппаратуру для производства научных наблюдений. В табл. 1 представлены основные технические сведения о каждом из метеорологических спутников Земли.

Все искусственные спутники серии «Тайрос», за исключением «Тайрос-IX» и «Тайрос-X», представляют собой восемнадцатигугольную платформу диаметром 107 см и высотой от 48 до 56 см, по бокам которых располагаются 920 солнечных элементов для подзарядки никелево-кадмиевых аккумуляторов [1,2]. Для контроля за выполнением заданных программ полета и работы спутники «Тайрос» имеют:

системы динамического контроля для проверки и коррекции направления оси вращения спутника;

программное устройство для включения и отключения аппаратуры, в том числе и включения тормозных ракет;

систему траекторных измерений, позволяющих передавать информацию и включать в работу передатчики-маяки, по которым наземные станции слежения ведут наблюдения за изменением орбиты спутника;

приборы ориентирования, по которым определяются координаты спутника относительно Солнца и Земли;

систему питания, состоящую из никелево-кадмиевых аккумуляторов и солнечных батарей;

научную аппаратуру, в которую входят телевизионные камеры и приборы для измерения уходающей радиации.

Спутники «Тайрос-IX» и «Тайрос-X» выведены на орбиту, близкую к полярной, благодаря чему телевизионные камеры в течение дня фотографируют все освещенное Солнцем полушарие Земли. Плоскость орбиты спутников поворачивает синхронно с обращением Земли вокруг Солнца и всегда расположена по направлению Земля-Солнце. Такие условия создают наилучшую освещенность для фотографирования поверхности Земли в продолжение всего года. Спутник «Тайрос-IX» является первым образцом серии из шести метеорологических спутников системы TOS (Tiros Operational Satellites), которая предусматривала получение карт облачности всей планеты четыре раза в сутки. С 1966 г. осуществление программы TOS продолжили спутники «Эссо».

Метеорологические спутники «Нимбус» представляют собой стабилизированную по трем осям относительно Земли платформу диаметром 1,52 м и высотой 3,05 м. Платформа состоит из двух контейнеров. В верхнем расположены системы стабилизации и панели солнечных элементов, в нижнем — усовершенствованные телевизионные камеры и два радиометра.

Метеорологические спутники «Эссо» и спутники типа «Тайрос» оборудованы телевизионной системой APTS с непрерывной передачей изображения каждые шесть минут. Масштаб телевизионных снимков 1:2 500 000. Снимки плановые размером 10 × 10 см («Эссо-II»).

Метеорологические искусственные спутники Земли

Таблица 1

Название спутника	Дата запуска	Продолжительность работы	Высота перигея, км	Высота апогея, км	Угол наклона орбиты к экватору	Период обращения, мин.	Вес, кг	Тип ракеты носителя	Научная аппаратура	Количество переданных снимков
Тайрос I	1 IV 1960 г.	до 14 VI 1960 г.	589,8	749,6	48°36	99,19	123	Тор-Энбл II	Две телекамеры	22 952
Тайрос II	23 II 1960 г.	14 IX 1961 г.	622,7	728,9	48°53	98,27	127	Тор-Дельта	Две телекамеры, два приемника уходящей радиации	36 156
Тайрос III	12 VII 1961 г.	—	741,7	814,8	47°53	100,42	129	"	"	—
Тайрос IV	8 II 1962 г.	—	709,9	844,4	48°30	100,40	124	"	"	32 593
Тайрос V	19 VI 1962 г.	V 1963 г.	589,5	971,7	58°10	100,47	130	"	Две телекамеры	58 226
Тайрос VI	18 IX 1962 г.	18 X 1963 г.	684,3	711,3	58°32	98,73	128	"	"	66 674
Тайрос VII	19 VI 1963 г.	—	621,2	649,2	58°23	97,42	135	"	Две телекамеры, радиометры	95 573
Тайрос VIII	21 XII 1963 г.	—	701,6	754,8	58°50	99,35	140	"	Две телекамеры, новая автоматическая система передачи изобар	66 444
Нимбус А	28 VIII 1964 г.	23 IX 1964 г.	490	925	81°	98,3	350	Тор-Б	3 системы телекамер, система APTS	27 000
Тайрос IX	22 I 1965 г.	На орбите	701,0	2 579	96°40	119,1	155	Тор-Дельта	Две телекамеры, два радиометра, радиометры	38 060
Тайрос X	1 VII 1965 г.	"	752,1	839,2	98°64	100,78	—	"	"	за 3 месяца
Эссо	3 II 1966 г.	"	697	841	9°9	100,2	130	"	Две телекамеры, радиометры	—
Нимбус В	V 1966 г.	"	1 104	1 178	100°35	108	300	"	Системы APTS и AUCS радиометры	—
Эссо-2	28 II 1966 г.	"	1 380	1 390	78°6	113,5	130	"	Система APTS	—
Космос-122	25 VI 1966 г.	"	625	625	65°	97,1	—	"	Две телекамеры, два сканирующих радиометра; один несканирующий	—
Эссо-3	3 X 1966 г.	"	—	—	—	—	—	—	Система APTS	—

Советский метеорологический искусственный спутник Земли «Космос-122» запущен 25 июня 1966 г. на круговую орбиту с углом наклона к экватору 65° [3]. «Космос-122» представляет собой цилиндрический контейнер с двумя панелями солнечных батарей. В верхней части контейнера расположен энергетический отсек, в нижней части — приборный. Научная аппаратура состоит из двух телевизионных камер и инфракрасной аппаратуры. Одна телевизионная камера снимает левую сторону по направлению движения спутника, а другая — правую. Полоса захвата имеет ширину порядка 1000 км. Разрешающая способность камер 1.25 км.

Инфракрасная аппаратура представлена тремя радиометрами:

1. Радиометром, обеспечивающим измерения в интервале «окон прозрачности атмосферы» (3,5—4,1 и 8—12 мк) для съемки облачности на теневой стороне Земли. Этот радиометр сканирует в плоскости, перпендикулярной плоскости орбиты, поверхность Земли в пределах $\pm 40^\circ$ от надира, обеспечивая непрерывное просматривание полосы местности шириной 1100 км. Угол зрения прибора $\pm 1,5^\circ$. Разрешающая способность 15 км.

2. Узкоспектрным сканирующим радиометром для актиметрических измерений, работающим в интервале 0,3—3, 3—30, 8—12 мк с углом зрения 5° , что при заданных условиях в данный момент дает возможность захватить площадь на поверхности Земли, равную 50×50 км.

3. Широкополостным несканирующим радиометром с углом зрения 180° и обеспечивающим измерения в интервалах 0,3—3, 3—30 мк.

Спутник «Космос-122» дает возможность производить автоматическую привязку фотографий. Масштаб снимков с нанесенной на них сеткой координат в проекции Меркатора равен 1:7 500 000.

Некоторые результаты океанологических исследований с искусственных спутников Земли

Одной из важнейших задач современной океанологии является увеличение объема и качества информации и физических явлениях и процессах, происходящих в Мировом океане. Искусственные спутники Земли, оснащенные телевизионной аппаратурой и радиометрами, дают возможность уже в настоящее время несколько восполнить этот пробел и осуществлять комплексные исследования некоторых вопросов, связанных с гидрологическим режимом. Следует заметить, что ввиду большого расстояния между приемной аппаратурой, установленной на спутнике, и изучаемой поверхностью морей, получаются обобщенные сведения, которые позволяют исследовать только макропроцессы. Это обстоятельство безусловно является недостатком применения ИСЗ, хотя одновременно с этим появляется возможность синхронного исследования огромной акватории, что невозможно осуществить никакими другими способами.

За пять лет существования искусственные спутники Земли проделали большую работу. Не касаясь вопросов метеорологического характера, которые освещены довольно подробно в соответствующей литературе зарубежными и советскими учеными, коротко остановимся на том, что сделано в области океанологии.

Карты облачности, полученные при помощи спутников «Тайрос-I» и «Тайрос-II», дали возможность американским ученым установить системы облачности, характерные для циклонического поля давления над океаном, и позволили успешно применить эти данные для составления штормовых предупреждений на морях и океанах, а в дальнейшем ис-

пользовать эти материалы и для прогнозов погоды над Атлантическим, Тихим и Индийским океанами. На основании информации, полученной от метеорологических спутников, Бюро погоды США опубликовало и разослало 2100 бюллетеней со штормовыми предупреждениями, которые зафиксировали более 160 ураганов, тайфунов и тропических штормов. Таким образом, в результате обработки материалов, полученных с метеорологических спутников США, появилось огромное количество уникальных данных об облачности и режиме радиационного излучения нашей планеты, которые с большим успехом используются в настоящее время метеорологами многих стран [4—8].

Специальные океанологические исследования с помощью искусственных спутников в США не производились, исключением являются ледовые наблюдения [9, 10].

При анализе первых снимков, полученных с «Тайрос-I», выяснилось, что часть снимков, при отсутствии на них облачности, может быть использована для исследования ледового покрова. В связи с этим с апреля 1960 г. Лаборатория метеорологических спутников Бюро погоды и Военно-морское гидрографическое управление США начали проводить совместные исследования с целью определения возможности использования для ледовых разведок спутников «Тайрос». Для проведения эксперимента был выбран залив Св. Лаврентия. Согласно разработанной программе в этом районе проводились синхронные наблюдения за состоянием ледового покрова с помощью метеорологических спутников «Тайрос-I» и «Тайрос-II», аэрофотосъемки, визуальной ледовой разведки с использованием данных срочных наблюдений, осуществляемых метеорологической службой Канады.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что ледовая разведка со спутников имеет большие перспективы. Было получено значительное количество телеснимков ледовой обстановки, которые удовлетворительно совпадали с данными аэрофотосъемки льдов и визуальных авианаблюдений. Как выяснилось, основным недостатком телеснимков льдов со спутника является облачность и малая разрешающая способность телевизионных камер, которая не позволяла дешифровать средние и малые ледовые объекты. Подобные работы продолжались и в 1961 г. В 1962 г. сразу после запуска спутника «Тайрос-IV» было сделано 26 вылетов на ледовую авиаразведку в заливе Св. Лаврентия и у восточного побережья Нью-Фаундленда, т. е. в районе полета спутника. С самолета производились аэрофотосъемочные, визуальные и радиолокационные наблюдения надо льдами на высотах от 450 до 12300 м. Кроме того, для анализа материалов были привлечены метеорологические данные и судовые наблюдения. Несмотря на то, что облачность значительно затрудняла полеты самолетов и ограничивала съемку ледового покрова при полетах спутника, полученные результаты оцениваются американскими учеными как весьма полезные.

В начале 1964 г. телеснимки с искусственных спутников «Тайрос-VII» и «Тайрос-VIII» были применены для прослеживания вскрытия льда в заливе Большой Лейк (р-н залива Св. Лаврентия). В августе и сентябре этого же года снимки спутников «Тайрос-VII», «Тайрос-VIII» и «Нимбус А» послужили основой для первого экспериментального прогноза ледовой обстановки для судов, плавающих в Гудзоновом и Лабрадорском заливах. С помощью спутника «Нимбус А» впервые были получены хорошего качества телеснимки Арктики и Антарктики, в частности паковых льдов у побережья Гренландии. На некоторых снимках по длине тени определялась высота шельфовых льдов и айсбергов. После запуска искусственных спутников «Тайрос IX», «Тайрос-X» и спутников «Эссо» данные ледовой обстановки для районов Арктики и Антарктики стали

регулярно поступать в Бюро погоды США и Канады. Следует отметить, что низкая разрешающая способность телекамер системы APTS спутников «Эссо» не дает возможности получать высококачественные снимки льдов.

К сожалению, этими результатами и ограничиваются океанологические исследования, произведенные американскими учеными с помощью метеорологических спутников Земли.

Перспективы исследования Мирового океана с помощью метеорологических спутников Земли

Возможность получения новых более точных и более подробных данных различных физических явлений в первую очередь зависит от создания более совершенной аппаратуры и приборов, находящихся на спутниках, которые позволят не только улучшить качество наблюдений, проводимых в настоящее время, но и увеличить их разнообразие, т. е. фиксировать те физические явления и процессы, которые были до сих пор практически недоступны. Не останавливаясь на вопросах, связанных с далеким будущим, рассмотрим некоторые ближайшие перспективы исследований Мирового океана с помощью метеорологических спутников.

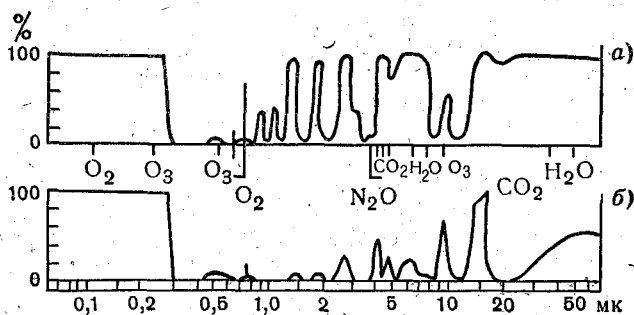
Одной из основных причин, не позволяющих получить достаточно подробную информацию, является небольшая разрешающая способность телевизионной аппаратуры и мелкий масштаб изображения. Поэтому основной задачей в этой области является повышение разрешающей способности телевизионных камер или увеличение масштаба съемки. Это можно осуществить увеличением числа строк разложения или применением съемки несколькими камерами с узкоугольными объективами, которые дают большее разрешение. Такие системы уже разработаны в наземном варианте, а также для некоторых съемок из космоса.

Увеличение разрешающей способности телевизионных снимков, получаемых с помощью усовершенствованных телевизионных космических систем типа APTS и AVCS, обеспечит надежной информацией все наземные станции.

Другими очень важными приборами, установленными на искусственных спутниках Земли, являются различные системы радиометров для измерения радиации. Усовершенствование этих приборов должно идти по пути увеличения точности измерения уходящей радиации в узких интервалах как в «окнах прозрачности атмосферы», так и в зонах, соответствующих излучению различных компонентов атмосферы. Это позволит более детально изучить строение атмосферы над океаном, с большей степенью точности определить радиационный баланс системы земная поверхность — атмосфера и, кроме того, даст возможность измерять одновременно на большой акватории температуру поверхности воды океана.

Из рисунка I можно видеть, что изучение уходящего излучения водной поверхности следует вести в так называемых «окнах прозрачности атмосферы» и при этом наиболее выгодным является интервал шириной порядка $0,1 \text{ мк}$ в зоне волн длиной 11 мк , где отсутствует поглощение атмосферы. Однако такие измерения в настоящее время невозможны из-за недостаточной чувствительности радиометров, поэтому до настоящего времени используется, несмотря на значительные искажения атмосферой собственного излучения поверхности Земли, «окно прозрачности атмосферы» в районе $8\text{—}12 \text{ мк}$. Использование этой области для получения температуры земной поверхности может быть

осуществлено только при выделении зон поглощения различных компонентов атмосферы в данном интервале, т. е. водяного пара, озона и углекислого газа. Первичным материалом для определения температуры с ИСЗ должны являться тепловые карты, а также карты распределения «водяного пара», углекислого газа и озона атмосферы и земной поверхности с разрешающей способностью порядка 1 км. Чтобы получить «тепловые» фотографии, необходимо иметь узкополосные интерференционные фильтры и передающую телевизионную трубку, чувствительную к инфракрасным лучам. В настоящее время в СССР и США уже созданы подобные трубки, чувствительные к инфракрасной части спектра (ИСЗ «Космос-122» и «Нимбус-С»). Например, на спутнике «Нимбус-С» установлен семиканальный радиометр средней разрешающей способности, работающий в интервалах излучения водяного пара (6,5—7 мк), «окна прозрачности атмосферы» (10—11 мк), углекислого



Спектр поглощения атмосферы на уровне земной поверхности (а) и на высоте 11 км (б).

газа (14—16 мк), интегрального теплового излучения (7—10 мк) и интегральной коротковолновой радиации (0,2—0,4 мк). Кроме того, на спутнике «Нимбус-Д» предполагают установить интерференционный спектрометр, работающий в зоне 5—20 мк и дающий возможность измерить не только весь спектр излучения, но и определять вертикальный профиль температуры от приемника до поверхности Земли или до верхней границы облачности. Такая аппаратура, по всей вероятности, позволит получить очень важные и ценные данные для изучения теплового баланса температуры поверхности воды морей и океанов, а также создаст возможности для исследования закономерностей взаимодействия океана и атмосферы.

Решение этих вопросов даст возможность по данным уходящей радиации производить детальные исследования теплового баланса атмосферы над океаном, что создает условия для дальнейшего совершенствования глобальных численных методов расчета теплового баланса по данным метеорологических спутников. Кроме того, имея измерения температуры поверхности океана и данные о тепловом балансе его поверхности, представляется возможным разработать методы исследования теплового режима Мирового океана, а именно: прихода—расхода тепла поверхности, определение теплосодержания, расчета тепловой конвекции и даже в дальнейшем глубин залегания термоклина и получения вертикальных профилей температуры воды.

Уже в настоящее время имеются предпосылки для изучения распределения по поверхности теплых и холодных течений, а также водных масс, которые легко различаются по цвету и тону воды. Эти положения убедительно доказываются фотографиями и визуальными наблюдениями как советских, так и американских космонавтов.

Большие перспективы открываются для исследования ледового покрова, ледового режима и ледовых прогнозов морей и океанов по тем материалам, которые дают метеорологические спутники. Для этого необходимо разработать методы дешифрирования возрастных форм ледовых образований, выделения облачности и снегового покрова, а также получить возможность с помощью более совершенных радиометров с большей разрешающей способностью производить съемки льдов на неосвещенной стороне Земли.

Кроме того, очень важным представляется создание радиолокационного высотомера, проект которого рассматривался на океанографической конференции в Океанографическом институте Вудс-Холл Масачузетс [11]. Такой высотомер дает возможность измерять высоты спутника с точностью до нескольких футов в любой момент времени. Это дает возможность определить с большей степенью точности масштабы снимаемых объектов, а также измерить высоты ледовых образований больших масштабов. Высказываются предположения, что впоследствии с помощью приборов подобного типа можно будет вести измерение уровня, изучение приливных явлений и даже волнения моря.

В настоящее время Мировой службой погоды при ООН разрабатываются планы глобальных исследований атмосферы и океана с помощью искусственных спутников Земли, которые предусматривают создание сети спутников, позволяющих в каждый данный момент получать все сведения о погодных условиях в любой точке земного шара. Эта система должна работать синхронно с сетью автоматических буйковых станций, стоящих на якоре. Таким образом достигается, во-первых, привязка спутников, а, во-вторых, производится корректировка данных гидрометеорологических элементов, поскольку эти сведения будут поступать сначала на спутники, а отсюда передаваться вместе с собственной информацией в Мировые центры погоды — Москву, Вашингтон и Мельбурн, где должна производиться их обработка на ЭВМ. Такая глобальная система службы погоды безусловно создаст все возможности для более широкого развития гидрометеорологических наук. Подобным образом такой глобальной системы является действующая сейчас американская система TOS, передающая информацию по всему земному шару один раз в сутки.

Но наряду с созданием глобальной системы службы погоды очень большие перспективы, с нашей точки зрения, представляет создание космических лабораторий с учеными на борту. При этом очень важным фактором будет являться то обстоятельство, что наблюдатель может выбрать наиболее интересный объект для наблюдения и сможет контролировать работу аппаратуры, находящейся на космическом корабле. Уже первые полеты советских и американских космонавтов убедительно показали всю целесообразность метеорологических космических наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Я. Кондратьев. Метеорологические спутники. М., ИЛ, 1963.
2. Ракеты-носители, спутники и космические летательные аппараты США (по материалам иностранной печати). М., ИЛ, 1964.
3. Г. Голышев, И. Андронов. Спутник служит метеорологии. «Правда», 21 августа 1966 г.
4. «Ракеты и искусственные спутники в метеорологии», перевод с английского под редакцией М. С. Малкевича. М., ИЛ, 1963.
5. Ракетная и спутниковая метеорология. Тр. Первого международного симпозиума по ракетной и спутниковой метеорологии. Вашингтон 23—25 апреля 1962 г. Издано КОСПАР, ВМО и МГГС. ГИТТЛ, 1964.
6. R. H. Alexander. Geograph Data from Space. Professional Geogr. rather vol. 16, November, 1964.

7. I. B. Bird, M. C. Chown, A. Morison. World Atlas of photography from Tiros Satellites I—IV. National Aeronautics and Space Administration Contractor Rep. 98. Washington D. C. September, 1964.
8. Extraordinary Photograph Shows Earth Pabl to pole. National Geographic. February, 1965.
9. Oceanography from Space 1965. Proc. of the conference of the Feosibility of Conducting Oceanography Exploration from aircraft Mannedorbitae and Lunnar Laboratories. Held of Woods — Hall Massachuseths 24—28 VIII 1964.
10. Segmud Fritz. «Pictures from meteorological Satellites and their Interpretation» Space Science vol. III, N 4, November, 1964.
11. Meteorological satellites and soundings rockets. NASA. Washington U. S. Govt Print office, 1965.
12. C. L. Bristera, W. M. Callicott. Meteorological products from Digtired Satellite vidicon cloud pictures. Meteorological Satellite laboratory Report 26 U. S. Dep. Comm. Weather Bureau.
13. H. Crane. The Role of Satellites in Oceanography. Proceedings II. Warshawa, 1964.
14. W. Nordberg, W. R. Bandeen, B. Y. Genrath, V. Kundl. Persanos. Preliminary Results of Radiation, Measurements from Tiros III Meteorological Satellites, J. Atmosph. Sciences, vol 19, N 1, 1962.