



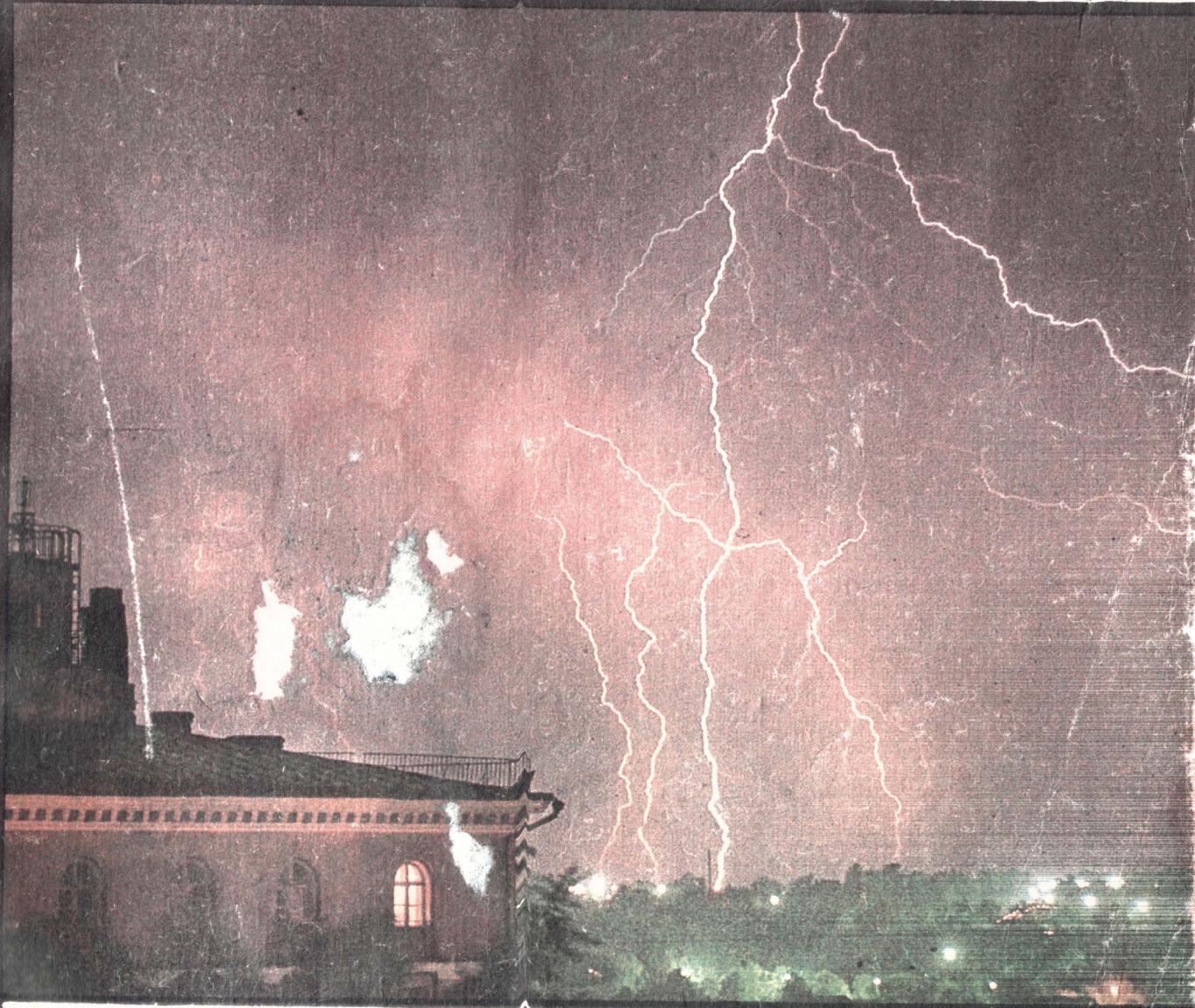
ТВОЯ ПРОФЕССИЯ

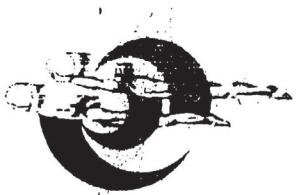
12'88

НИКОЛАЙ ДАНИЛКИН

КОСМИЧЕСКИМ ИНЖЕНЕРАМ XXI ВЕКА

(АВТОР РАССКАЗЫВАЕТ О ПРОФЕССИИ ГЕОФИЗИКА)





ТВОЯ 12'88 ПРОФЕССИЯ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ
ИЗДАЕТСЯ ЕЖЕМЕСЯЧНО С 1977 Г.

Николай Данилкин

КОСМИЧЕСКИМ ИНЖЕНЕРАМ XXI ВЕКА

К читателю (С. Авдюшин)	2
От автора	4
К полюсу	7
Справочное бюро Загляни в словарь. В нашу библиотеку. Куда пойти учиться? Психологический практикум «Проверь себя».	46

**Выпуск открывает
лауреат Государственной
премии СССР,
доктор технических наук,
профессор
АВДЮШИН Сергей Иванович**

К читателю

В век бурного развития радиосвязи и начала освоения человеком Вселенной важнейшей задачей стало решение проблемы контроля и прогноза состояния, прежде всего околоземного космического пространства, включая состояние магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы.

Современному человеку, а тем более человеку XXI века, все более важно знать, каковы физические свойства среды, в которой происходит полет пилотируемых космических кораблей и автоматических межпланетных станций; какое влияние эта среда оказывает на распространение радиоволн, ориентацию и навигацию космического объекта, жизнедеятельность человека в космосе; как со временем изменяются параметры этой космической среды.

Совокупность явлений, происходящих в верхних слоях атмосферы, в ионосфере и в околоземном космическом пространстве, в последнее время все чаще называют «космической погодой», или «погодой в космосе». Впервые это понятие ввел замечательный советский ученый, участник знаменитой папанинской эпопеи, Герой Советского Союза, академик Евгений Константинович Федоров. Он первым начал работы по комплексному наблюдению за околоземным космосом, по созданию службы космической погоды. По его

инициативе в 1956 году и был создан Институт прикладной геофизики (ИПГ), носящий сегодня его имя.

Перед Институтом в настоящее время стоит одна из важнейших задач — создание службы погоды в космосе. Сюда входят изучение, контроль и прогноз состояния околоземного космического пространства, солнечной активности, межпланетного магнитного поля, магнитосферы, верхней атмосферы и ионосферы Земли.

С 1975 года Институт начал вести ионосферно-магнитную службу в нашей стране. В рамках этой службы ИПГ уже сегодня обеспечивает все заинтересованные организации нашей страны оперативными сведениями о состоянии ионосферы, магнитного поля Земли, контролирует солнечную активность, оценивает радиационную обстановку для обеспечения безопасности космических полетов.

Наиболее важные задачи предстоит решить коллектиvu Института в ближайшем будущем. Одна из первых — создание многоярусной космической системы службы космической погоды. Ее верхний первый ярус — специальный околосолнечный спутник (или даже система спутников), вращающийся вокруг Солнца по орбите Земли. Его условно называют «Гелиозонд». Он должен решать несколько задач. Первая — заглянуть на невидимую для нас с Земли в данный момент половину солн-

ечного диска. Отметим, что Солнце совершает полный оборот за 27 суток, а многие «активные» образования «живут» на солнечном диске значительно дольше, и узнавать об их существовании для современного и будущего человека следует как можно раньше, пока они еще не вышли на видимую с Земли поверхность Солнца и не стали геоэффективными. Вторая задача — предупреждать об ожидающих Землю изменениях межпланетного магнитного поля (ММП). Дело в том, что ММП не однородно, а как бы разбито на сектора внутри спирали Архимеда, в центре которой — Солнце. Пересечение Землей границ секторов часто влияет на космическую погоду. «Гелиозонд» сможет заблаговременно сигнализировать пересечение Землей границы сектора.

Второй ярус — это спутники, находящиеся либо на геостационарной орбите, либо на эллиптической орбите, выходящей за пределы магнитосферы, такие, например, как спутники «Прогноз». Их задача — оценить «солнечный ветер» и реакцию магнитосферы в разных зонах на изменение солнечного ветра.

И, наконец, нижний третий ярус — это спутники типа «Метеор», «Ионозонд». Их главная задача — получать оперативно достаточно полную информацию о глобальном состоянии и изменениях в околоземном космическом пространстве и ионосфере Земли. Будущие спутники типа «Ионозонд» и их сего-

дняшний прототип — «Космос-1809» контролируют все зоны ионосферы нашей планеты — полярную, среднеширотную и экваториальную. Наиболее сложным образом устроена полярная ионосфера. Здесь интенсивные ливни из электронов и ионов вторгаются в ионосферу из магнитосферы и вызывают значительную и, что очень важно, неравномерную ионизацию. Над неосвещенной зимней полярной шапкой существует область привнесенной ионизации из освещенных районов, и эта ионизация позволяет поддерживать радиосвязь в течение длинной полярной ночи. Именно в полярную ионосферу опускаются своеобразные «колодцы» со стенками из магнитных силовых линий, в которые проникает «горячая» плазма солнечного ветра. В общем, с одной стороны, в полярной ионосфере еще очень много непонятного и загадочного, а с другой стороны, именно в полярной ионосфере прогноз распространения радиоволн особенно важен для решения практических задач.

Для того чтобы получить информацию о полярной ионосфере с помощью ИСЗ «Космос-1809», группа сотрудников Института совершила экспедицию к Северному полюсу нашей планеты на борту атомного ледокола «Сибирь». О работе этой группы, в общем-то, достаточно характерной для работы экспедиционных групп нашего Института, и рассказано в данной книге.



Наш автор **Данилкин Николай Петрович**, доктор физико-математических наук, после защиты кандидатской диссертации работал советником департамента геофизики АН Кубы, ставил первую в Центральной Америке ионосферную станцию и обучал кубинских специалистов. В 1969 году проходил стажировку в Великобритании у известного геофизика В. Байнона. С 1972 по 1979 год он проводит цикл исследований в ионосфере, сочетая наземные и ракетные методы контроля ионосферы. Перу Н. П. Данилкина принадлежит около 100 печатных работ и ряд изобретений. Для реализации одного из изобретений — метода трансионосферного зондирования он приходит на работу в Московский институт прикладной геофизики. И новые искусственные спутники Земли «Интеркосмос-19» и «Космос-1809» наряду с другими экспериментами реализуют его идею.

От автора

С некоторых пор я полюбил московскую весну. В ее неспешном таинстве смени зимних покровов на летние есть какая-то волшебная нота, которая вроде звучит все время, но слышу я ее не всегда. Сегодня 12 апреля 1987 года — День космонавтики — очень солнечный и красивый день.

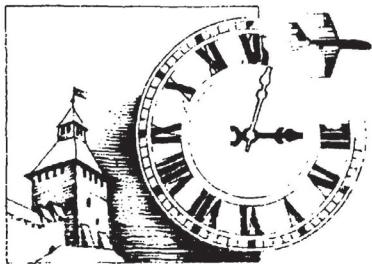
Снег уже сошел, и только в заливе Москвы-реки на льду сидят любители подледного лова. Жена и дочь говорят о летних платьях, о скорой поездке на дачу, а я готовлюсь к зиме — собираю всю теплую одежду: два свитера, шерстяное белье, в углу стоят теплые унты. Такова судьба геофизика, такова одна из сторон моей профессии, которая придает ей в моих глазах очарование. В прошлом году в это время я купался в Бенгальском заливе. В этом году я собираюсь на Северный полюс, и теплая одежда, выданная мне в институте, — необходимость, так как морозы в Арктике, несмотря на весну, могут быть очень сильными.

Это моя первая экспедиция в Арктику, и, как многие, я пытаюсь отсутствующий опыт восполнить чтением, и, конечно, первое, за что я взялся, — это «Полярные дневники» Е. К. Федорова, мне хорошо известные. Евгений Константинович Федоров — человек удивительной судьбы, основатель и первый директор Института прикладной геофизики, в котором я теперь работаю и который носит его имя. В моей жизни он тоже сыграл исключительную роль. Федоров предложил мне реализовать у него в институте придуманный мной метод трансионосферного зондирования. Устоять я, конечно, не мог. Вот поэтому-то я и собираюсь в Арктику, в район Северного полюса, на борту атомного ледокола «Сибирь» для наблюдений и исследований полярной ионосферы с участием спутника «Космос-1809», созданию и запуску которого были посвящены последние восемь лет моей жизни. Разумеется, не только моей, но и многих других ученых, в том числе и молодых, о которых я расскажу.

А книгу Евгения Константиновича я перечитывал, чтобы восстановить в памяти события полувековой давности. В то далёкое время легендарная четверка папанинцев весной 1937 года собиралась на Северный полюс для организации там первой научной станции «Северный полюс-1»

(СП-1). (И сегодня я думаю о тех, кто достигнет совершеннолетия в следующем веке и войдет в пору творческой зрелости где-то к столетию с момента легендарной экспедиции папанинцев.)

Я пишу эти записки о моей профессии тем ребятам, тем школьникам, с которыми я знаком и которых я люблю, а также и тем, с которыми я незнаком. Мне хочется рассказать им о моей профессии так, чтобы и они ее полюбили и выбрали ее для себя на всю жизнь так, как это сделал я.



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Страницы истории

Геофизика — это наука о наиболее общих законах природы планеты Солнечной системы. Можно условно выделить три области единой науки о планете: физика Земли и океанов, физика атмосферы и физика околоземного космического пространства, или, как многие говорят, физика ОКП. Именно последнюю и представляю, о ней пойдет в основном речь, хотя в природе все взаимосвязано. В тех местах, где это необходимо, мы будем говорить о ядре Земли и о процессах в глубинах Солнца. Эта взаимосвязь всех процессов подчеркнута в другом названии нашей науки — солнечно-земная физика.

Трудно сказать, когда она родилась. Уже при свете первобытных костров люди делились сведениями и наблюдениями о погоде, о прозрачности атмосферы и сиянии серебристых облаков, о буйствах и волшебных красках сполохов небесного огня — полярных сияниях. Человек всегда старался отмечать тех, ктоставил надежные вехи на сложном и трудном пути познания. Так было и в нашей науке. М. В. Ломоносов одним из первых высказал мысль об электрической природе полярных сияний. Бальфур Стоарт первым высказал гипотезу о том, что магнетизм определяется электрическим током, текущим

на высотах около 100 км и выше. Но основные знания принес XX век.

Начало XX века — это удивительное время в физике вообще и в геофизике в частности. Казалось, совсем недавно, в 1895 году, подводя итоги развития физики XIX века, один из величайших физиков лорд Рэлей сказал, что здание физики в основном построено. Все явления и известные человеку процессы в природе объяснены в рамках классической физики. Есть два «пустячка», которые пока непонятны. В дальнейшем из этих пустячков выросли стройные здания новой физики XX века: квантовая механика и теория относительности. В геофизике эта общая картина развития физики повторилась.

Это случилось 31 декабря 1901 года, когда молодой итальянский инженер Маркони установил радиосвязь из Европы в Америку — явление, которое тогдашняя наука объяснить была не в состоянии.

Несколько позже, в 1902 году, во время экспедиции на корабле Маркони определил, что радиосигналы можно ночью принять на значительно большем расстоянии, чем днем. Вот она, классика геофизики: новый прибор, новый метод, затем путешествие, но не как самоцель, а как средство открытия новых закономерностей.

Для того чтобы объяснить эти волшебные — а именно такое впечатление они произвели на современников — передачи радиоволн из Европы в Америку, Кэннэли и Хевисайд, независимо друг от друга, высказали мысль о существовании в атмосфере невидимого зеркала, отражающего обратно к Земле электромагнитные волны. Это была по тем временам удивительно дерзкая гипотеза, и многие серьезные учёные ее не приняли. Причем это неприятие было настолько сильным, что статьи с упоминанием об ионосфере в редакциях серьезных журналов просто не принимались, как «вздорные и экстравагантные затеи». Начало второго десятилетия двадцатого века было ознаменовано двумя событиями. Первое из них — это построение строгой теории дифракции радиоволн вокруг сферической поверхности Земли, выполненное главой мюнхенской школы физиков, одним из крупнейших физиков-теоретиков того времени Зоммерфельдом. Он вычислил величины напряженности электромагнитного поля «за горизонтом», в зоне так называемой полутени. Эти величины

оказались на несколько порядков ниже, чем экспериментально наблюдаемые. Второе событие — это солнечное затмение 1912 года. Дело в том, что к этому времени в мире достаточно широко распространялись установки так называемой в те годы беспроволочной телеграфии, т. е. по просту линии радиосвязи, состоящие из приемников и передатчиков. И вот оказалось, что солнечное затмение резко влияет на условия распространения радиоволн между передатчиком и приемником. Это было совершенно непонятно с точки зрения строгой теории, т. к. не было никаких видимых причин, чтобы солнечное затмение оказывало влияние на дифракцию радиоволн на сферической поверхности Земли. Действительно, американский ученый Остин эмпирически (т. е. на основе анализа только экспериментальных данных), а другой ученый Ватсон теоретически показали, что напряженность электрического поля E электромагнитной волны длиной λ , создаваемая за счет дифракции радиоволн на сферической Земле на расстоянии, определяется выражением, где совершенно не видны параметры, на которые могло бы воздействовать солнечное затмение.

Как часто бывало и впоследствии в XX веке, полученное физиками уравнение сыграло определяющую роль в выборе научно-технической политики перед первой мировой войной. Утверждалось, что для увеличения дальности передачи и увеличения напряженности поля предпочтительнее использовать более длинные волны. Началось строительство все более мощных радиостанций на все более длинных волнах. А короткие волны оставили... радиолюбителям. Но к великому удивлению всех и к очередному щелчу по гордецам-теоретикам радиолюбители стали устанавливать радиосвязи на коротких волнах (КВ) на многие тысячи километров на очень маленьких и простых радиостанциях, чего не удавалось сделать мощным государственным радиостанциям на длинных волнах (ДВ). Радиолюбители установили, что чем короче длина волны, тем выше напряженность поля и дальше расстояние радиосвязи. Это полностью противоречило теоретическим представлениям.

Парадоксы эстафеты научной мысли! Какие удивительные загадки. Казалось

бы, люди, находящиеся на самом острие научной атаки, и должны были бы изучать область незнанного все дальше и дальше. Ах нет! Такое впечатление, что внезапно им на глаза опускаются шоры, и приходят совсем другие исследователи, часто с иными взглядами по основному вопросу, но именно им-то и суждено найти очередное звено в нескончаемой цепи познания мира.

Джеймс Максвелл — один из столпов физической науки, создатель электромагнитной теории, очень скептически относился к волновой природе фактически открытых им электромагнитных волн. Понадобился талант экспериментального поиска Генриха Герца, чтобы доказать, что распространение электромагнитного процесса в пространстве и во времени подчиняется законам преломления, отражения, фокусировки и прочим характерным для световых и звуковых волн явлениям, т. е. что это электромагнитные волны. Одновременно и независимо Н. Умов, профессор Московского университета — один из образованнейших первооткрывателей физики конца XIX века формулирует тезисы о пространственно-временной форме движения, о локализации энергии поля, о существовании и форме вектора плотности потока энергии — вектора Умова — Пойнтинга. Казалось бы, каждый должен видеть следующий шаг — передача информации на электромагнитных волнах. Но нет — сам Г. Герц отрицает такую возможность. Понадобился гений А. Попова — самостоятельного, настойчивого и умелого экспериментатора, чтобы создать первое техническое устройство — «прибор для обнаружения и регистрации электрических колебаний».

Гениальное изобретение А. Попова — «Применение к передаче сигналов на расстояния при помощи быстрых электрических колебаний» — явилось изобретением новой области науки — науки о радио.

И таких примеров несть числа.

Зачем же мы идем к Северному полюсу и какую аппаратуру везем? Что надеемся увидеть? На какие вопросы современного незнания стремимся ответить? Пути в какое будущее стремимся осветить?

На эти вопросы я и попытаюсь ответить в своих записках.

К ПОЛЮСУ!

ПЕРЕХОД МУРМАНСК — ЗФИ

Сегодня 7 мая. Завтра в 16 часов намечен отход нашего ледокола. Мы уходим в область широт, где расстояние между часовыми поясами будет все меньше, а на полюсе понятие времени, принятое на остальной земле, вообще потеряет свой смысл. Здесь будет сразу любое время. Поэтому мы будем пользоваться временем московским.

Два предшествующих дня все мы работали очень много и дружно по 16—17 часов и сегодня с гордостью смотрим — наша передвижная лаборатория стоит на третьей палубе ледокола, крепко-накрепко прикрученная и приваренная к ней толстыми и очень крепкими стальными тросями, а над ней возвышается полностью собранная двойная спиральная антенна. Еще вчера был проведен первый сеанс связи с нашим ионосферным спутником «Космос-1809». Волнения улеглись, так как уверенный прием показал, что аппаратура хорошо перенесла все тяготы переезда. Но особенно успокаиваться рано, впереди неизвестный нам мир ударных вибраций ледокола, и как его перенесет наша техника, никто не знает.

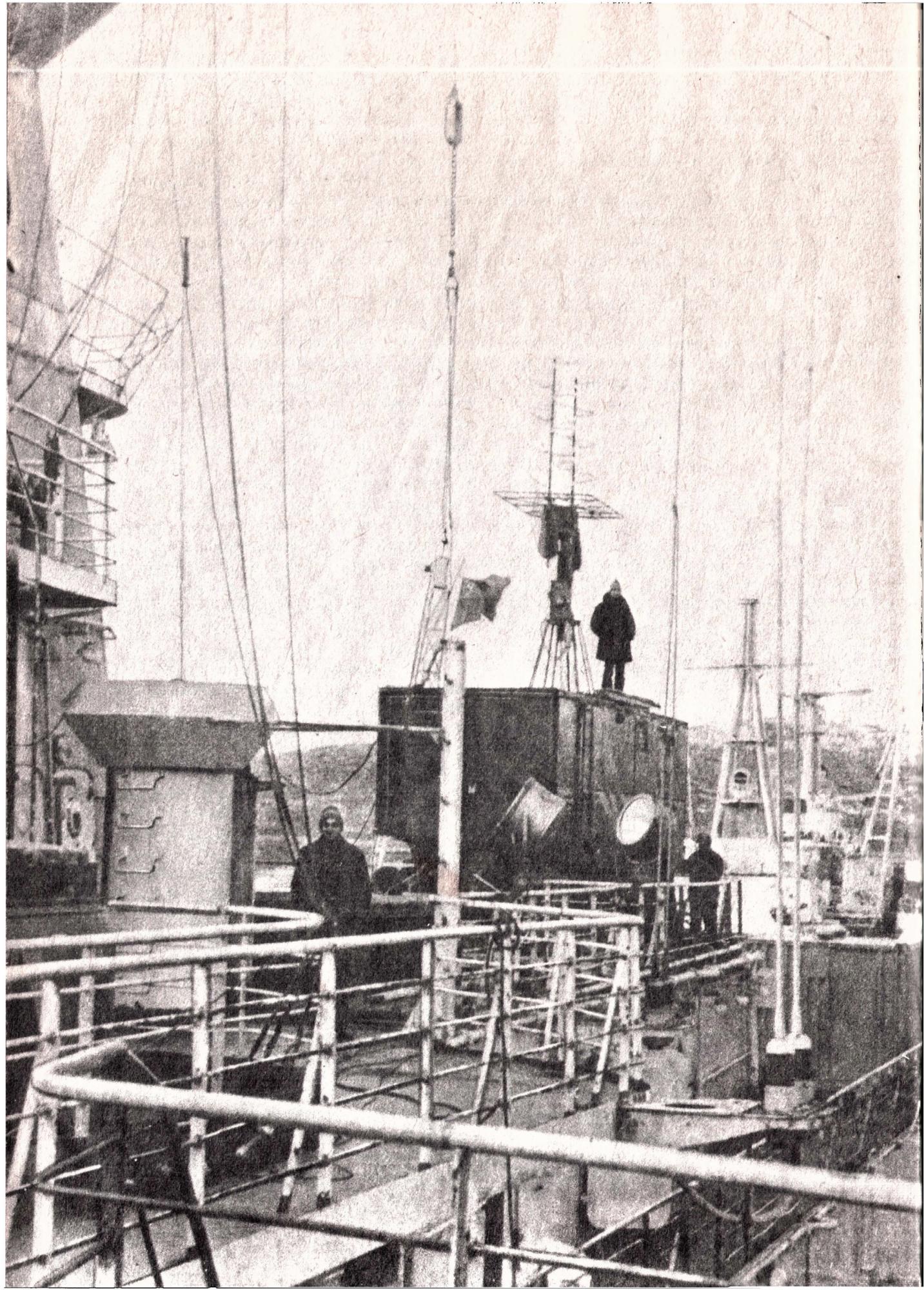
Сегодня же произвели расселение всей нашей большой экспедиции. Экипаж ледокола имеет одноместные комфортабельные каюты. Обязательными принадлежностями устройства всех кают являются: спальное место моряка, письменный стол, санузел, небольшой столик, платяной шкаф и диванчик.

Все, начиная от директора Института Арктики и Антарктики, доктора географических наук, известнейшего советского ученого, профессора Крутских Бориса Андреевича до младших лаборантов многочисленных научных отрядов, были в равных условиях — все жили на диванчиках, пользуясь гостеприимством хозяев корабля. Забегая вперед, отмечу, что это мудрое морское правило, полностью себя оправдало — все члены экспедиции могли сразу получить и получали любую необходимую бытовую консультацию и помощь. С другой стороны, и экипаж корабля многое получил от общения с членами экспедиции, так как в экспедицию подбира-

лись лучшие специалисты в разных областях знания, люди, которые многое видели, многое знают и умеют. Атмосфера дружбы, какой-то внутренней деликатности, желание создать максимальный комфорт для соседа — это та атмосфера, которая сразу возникла на корабле и сопровождала нас в течение всего рейса.

Мне трудно описать сам ледокол. Трудно в силу его исключительного разнообразия. (Мое описание будет очень кратким и индивидуальным описанием человека, который впервые отправился в морской рейс.) Атомный ледокол «Сибирь» — это очень большой, широкий и высокий корабль. Впечатление огромной моши, это первое впечатление от корабля. Оно рождается от толстых железных бортов и палуб корабля, от большого количества тяжелого металла, окружающего вас со всех сторон. Здесь ничего нет от легкой комфортабельности современных авиалайнеров. Здесь все оченьочно и надежно.

Жизнь на корабле строго регламентирована. Рабочий день — две вахты по четыре часа каждая. Прием пищи — четыре раза в день и один раз ночью для ночной смены. Корабль работает круглые сутки, люди, сменяя друг друга на вахтах, тоже. Библиотека, точнее абонемент библиотеки, в которой на общественных началах работают члены экипажа, открыта в строго определенное время. Остальное открыто и функционирует круглые сутки. Вы можете сходить в «парилку» или поплавать в бассейне и в четыре часа утра и днем, а также в любое другое удобное для вашей работы время. Наверное, большой неожиданностью будет, если я скажу, что на корабле царит атмосфера «тишины». Это не значит, что на ледоколе тихо, вовсе нет. Это значит, что найдена атмосфера доверительных взаимоотношений между людьми, когда одни спят, другие работают, трети отдыхают, четвертые развлекаются и все делают это одновременно и не мешая друг другу. Разумеется, явный примат здесь — работа. Ради работы, ради того, чтобы сделать ее более качественной, все остальное — и отдых, и бани, и спортивные тренажеры. А когда надо, когда аврал, тогда все выходят в любое время дня и ночи, в любое время... кроме времени вашей работы. Это священно, это табу, это неприкасаемо.



На корабле царит атмосфера полного доверия друг к другу. Стиль взаимоотношений — глубокое уважение друг к другу, которое сочетается с высокой исполнительской дисциплиной. Все распоряжения из рубки корабля или из ЦУПа, т. е. центра управления техническими службами ледокола, передаваемые во все без исключения помещения корабля, выполняются сразу и полностью. Этот стиль поведения как-то легко стал нормой взаимоотношений и в нашем маленьком коллективе, состоящем из пяти человек. Распределение обязанностей в нашей лаборатории тоже регламентировано, хотя степень взаимозаменяемости у нас очень высокая.

Сергей Журавлев, наш радиофизик, кандидат физико-математических наук, окончил Московский университет и аспирантуру при нем. Получил ионосферную специальность на кафедре волновых процессов, которую в годы его учебы возглавлял академик Рем Викторович Хохлов — известный советский ученый, бывший ректор МГУ. Сережа является признанным «неформальным» лидером в нашей лаборатории. Его знания, а особенно умение находить «радиофизические» выходы в сложных ситуациях, не один раз выручали нашу лабораторию. Его стиль работы — спокойствие, невозмутимость, аккуратность, идеальный порядок в приборах и инструментах, которые он использует. Я подозреваю, что он иногда тоже волнуется, но это совершенно не выражается внешне. Перед нашим походом он работал два месяца на Кубе и получил записи первых сигналов с нашего ИСЗ «Космос-1809», запуск которого 18 декабря 1986 года он встретил в Гаване.

Анатолий Семейкин несет на своих плечах все наши хозяйствственные заботы, а также является специалистом по точной электромеханике, которой, к сожалению, довольно много в нашем хозяйстве. Я написал «к сожалению», потому что именно электромеханические блоки оказываются наиболее чувствительными к ударным и вибрационным нагрузкам, определяющим специфику работы аппаратуры на ледоколе. Толя тоже

Передвижная лаборатория надежно укреплена на палубе атомохода

большой аккуратист, и в его механическом хозяйстве порядок вполне может соперничать с «радиофизическим» порядком Сережи Журавлева. На нем также заботы о нашей антенне, которая вызывает наибольшее беспокойство.

Наш добрейший капитан Зигфрид Адольфович Вибах, у которого доброта сочетается с высокой требовательностью, лично проверил всю процедуру нашего «прикрепления» на верхней палубе ледокола, при этом с большим сомнением отнесся к конструкции нашей антенны. На всякий случай мы имели в запасе еще две антенны, с характеристиками значительно худшими, но в механической прочности которых мы не сомневались.

Еще в порту в Мурманске возникла необходимость в нашем первом «мозговом штурме», а как раз в тот момент, когда мы, приняв первые ионограммы и убедившись, что аппаратура в полном порядке, немного успокоились. Я собрал всех ребят, постарался коротко объяснить беспокойство капитана и мои соображения и отпустил всех думать до утра. Но уже вечером решение было найдено, и, как показал весь поход, решение совершенно правильное и, видимо, единственно возможное в наших условиях.

Главным человеком на компьютерах у нас Рафис Ахмедшин. Он тоже закончил Московский университет, но уже не физический, а факультет вычислительной математики и кибернетики. Вычислительные машины — его работа, его любовь, его отдых и развлечение. Наверное, нет такой задачи, которую Рафис не мог бы решить на машине быстро, точно и аккуратно. Его главная задача на корабле — точно указать оператору антенны, где в данный момент находится спутник, а также куда он переместится в ближайшее время. Эта задача непростая и на твердой Земле при той точности, что нам необходима, но она резко усложняется на движущейся платформе.

Нам следовало овладеть техникой измерения сигналов спутника на движущейся платформе с непредсказуемой программой поведения. Действительно, ведь во льдах ледокол идет по трещинам, а куда повернет трещина, не знает никто. И делать это нужно срочно и немедленно, никому не жалуясь и ни с кем не согласовывая. И мы стали думать и считать.

Главное условие, чтобы качество наших измерений не ухудшилось. Какие угодно сложные расчеты перед, какой угодно тяжелый труд в момент сеанса. Только не ухудшение качества приема. Ведь неизвестные науке явления могут попасть в наши сети только на границе максимальной точности измерений. Это как раз тот случай, когда качество измерений не самоцель, это необходимость следующего шага познания: И мы разработали методику и технику работы на такой платформе. Поворот корабля, который мы пережили еще на чистой воде, подготовил нас к работе в тяжелых льдах, когда повороты корабля возможны ежеминутно в условиях сильнейшей тряски и вибрации. Наша методика оказалась настолько успешной, что за весь рейс мы не потеряли по причине маневров и движения корабля ни одного измерения.

Так вот, Рафис и Сережа сумели эту методику создать. Все математические соотношения были преобразованы таким образом, чтобы курс корабля, который отмечается на капитанском мостике специальным прибором в нужной системе координат, просто прибавлялся к некоторому условному числу, которое предварительно вычислялось на ЭВМ. Курс корабля по телефону с капитанского мостика диктовался Рафисом, а Сережа и в уме складывал или вычитал его с числом, заранее вычисленным компьютером, и по этому числу вел antennу. Так они работали от 10 до 20 минут непрерывно в течение каждого сеанса. Впоследствии по нашей просьбе капитан дал команду, и нам поставили рядом с нашим пультом ведения антенны репетир компаса, т. е. прибор, который показывал в каждый данный момент положение продольной оси корабля. Это упростило нашу работу, однако, к сожалению, исключило возможность прогноза. Дело в том, что наш оператор в рубке ледокола довольно быстро научился вместе с помощником капитана, ведущим ледокол, оценивать обстановку перед ледоколом и «предсказывать» команды для поворота корабля. Это давало оператору антенны несколько лишних секунд для контроля входного сигнала и подготовки поворота антенны вместе с поворотом корпуса нашего атомохода. В середине похода я неоднократно любовался, как одновременно с пово-

ротом ледокола поворачивается наша антenna как привязанная, держа все время курс на невидимую для нас точку небосклона.

Оператором выходного сигнала в день «первого» поворота корабля и антенны был Андрей Небузданов. Андрей самый молодой член нашей команды, ему только 24 года, он студент Всесоюзного заочного политехнического института. Его узкая специализация — радиотехника. Несмотря на молодость, за его плечами уже богатый жизненный опыт: он закончил техникум, поработал на машиностроительном заводе, отслужил в армии. В радиотехнике он специалист исключительный. Когда я встречаюсь с людьми типа Андрея, я всегда испытываю чувство внутреннего беспокойства. Даже невооруженным глазом в нем видна «искра божья», и я чувствую свою ответственность за то, чтобы она не потухла. Его решения возникающих радиотехнических задач блестящи и конкретны. Почек его работы — это почерк мастера, который берется за проблему и находит ее необычное, может быть, в чем-то странное, но изящное, красивое и, главное, исключительно полезное решение. Ему принадлежат многие радиотехнические находки, сделавшие нашу аппаратуру очень четко и точно работающей.

Я пятый и последний член нашего коллектива ионосферщиков на ледоколе. Сейчас я обдумываю, как нам устроить круглосуточную работу, особенно с учетом того факта, что на широте более 75, а тем более 80° у нас будет свыше десяти сеансов каждые сутки. Ясно, что будет две команды по два человека, которые должны сосредоточить все свое внимание только на измерениях, а пятый... пятый станет юнгой двух команд, их лаборантом. Он будет получать после проведенных сеансов многочисленные рулоны электрохимической бумаги и бумажные ленты, их обрабатывать, сушить, разрезать, скреплять, аккуратно складывать и, главное, изучать, изучать каждый сеанс, каждую ионограмму, чтобы не пропустить новое, внести изменения в программу, если возникнет необходимость. Зову ребят, излагаю свои соображения, прошу советов и замечаний. Как и ожидал, замечаний нет, все согласны. Ребята сами разбиваются на две команды. Сережа и Рафис,

Толя и Андрей — лаборантом стану я. Здесь же решаем, что дежурить каждая команда будет сутки, потом сутки «отдыха», в течение которых должна быть сделана та работа каждого члена команды, которая не входит в собственно дежурство. У Рафиса это расчет целеуказаний для ведения антенны и ведение «переписки» с помощью радиотелеграфа с нашим штабом по управлению спутником, который находится в нашем институте в Москве. У Сережи и его «правой руки» Андрея это поддержание «в форме» всего радиохозяйства нашей экспедиции, а у Толи всего механического и электромеханического хозяйства.

11 мая. Идет третий день похода. Мы пересекаем широту Земли Франца-Иосифа (ЗФИ). Основная трудность на сегодняшний день — ветер и вибрация ледокола, когда мы идем по льдам. Приняли все сеансы, полный порядок, качество ионограмм высокое. Со своими обязанностями лаборанта справляюсь успешно, правда, много чисто механической работы, устаю, и мало остается времени для анализа материала. Когда идем по льдинам, трясет очень сильно. Что же будет в тяжелых льдах?

Когда мы выходили из Мурманска, отходили от берега и шли по Баренцеву морю, то мои представления об этих местах, почерпнутые из книг, оказались приблизительно правильными. Хмурый не-приветливый берег, низкое, мрачное небо, сильный ветер и волна, качающая ледокол. Иногда в воздухе появляются снежинки. По мере приближения к южной границе льдов стали появляться отдельно плавающие в море льдины. Дальше появились целые плавающие ледяные острова. Волна стала незаметной, и наконец мы вошли в ледяные поля, где уже, наоборот, редкостью стали отдельные просветы воды.

На следующий день нас ждала совершенно поразительная картина. Утром, когда мы проснулись, светило в иллюминатор яркое солнце, и вокруг простиравшаяся без конца и края огромная, какая-то парадно праздничная страна искрящегося белого неподвижного безмолвия. Это «видимое» безмолвие нарушилось только деловитым гудением ледокола. Пока лед был молодым и незначительной толщины — до полутора метров, ледокол ус-

пешно продвигался вперед со скоростью, лишь немногим меньшей, чем по чистой воде. Такой лед — его называют «нилас» — возникает в течение одного года и считается легким для ледокола, молодым льдом. После ледокол вошел в тяжелые многолетние льды и стал продвигаться медленнее, иногда делая за одну вахту — четыре часа — не более четырех, пяти миль. Яркая солнечная погода сменилась туманом, иногда шел снег. Температура стабильно ниже -10° по Цельсию.

Антенна работает нормально. Только при сильном ветре приходится помогать электромотору, вращающему антенну, вручную, один мотор не справляется. Это тяжелая работа на морозе и сильном ветре длится около получаса в каждом сеансе. Обычно ее выполняет Толя Семейкин.

Итак, что же мы собираемся изучать?

Солнце, Земля и солнечно-земные связи

СОЛНЦЕ

Рассказывать о Солнце можно бесконечно много. Поэтому постараемся выделить только те современные знания, которые необходимы или любопытны для наших целей. Солнце — это гигантский плазменный шар с температурой поверхности около 6000°K и с диаметром, равным 109 диаметрам Земли. Важнейшее для нас его свойство — регулярность и равномерность излучения солнечной энергии. Солнце вращается относительно своей оси, но не как твердое тело. На экваторе период обращения — 27 суток, а на полюсе — 32 суток. Солнце имеет магнитное поле. Можно не искать источник магнитного поля в виде токов, текущих внутри Солнца, как это принято делать для планет или для звезд с быстрым вращением. У звезд типа Солнца иной источник магнитного поля, этот источник не нужно непрерывно поддерживать. Магнитное поле Солнца, однажды возникнув, сохраняется на основе закона самоиндукции.

Солнце, по современным представлениям, представляет собой фантастической мощности саморегулируемый термоядер-

ный реактор. Внутреннее устройство Солнца, с одной стороны, предельно просто, с другой стороны, безумно сложно и во многом пока непонятно. Принцип существования Солнца — это равенство в каждой сферической оболочке газокинетического давления плазмы силам гравитации, которые возрастают по мере приближения к его центру. Таким образом, по направлению к центру растут давление и температура. При температурах, характерных для внутренних областей Солнца, начинают протекать термоядерные реакции синтеза, сопровождающиеся выделением огромной энергии. Перенос энергии из внутренних областей наружу в основном происходит путем поглощения электромагнитного излучения нижележащих слоев вышележащими и переизлучения его с постепенным увеличением длины волны по мере понижения температуры при удалении от центра Солнца.

На расстояниях около 0,6 радиуса Солнца начинается так называемая конвективная зона. В ней более низкая температура, и вследствие этого излучение уже не может перенести весь поток энергии из глубин Солнца. Начинает играть заметную роль конвективный перенос, т. е. вверх поднимаются потоки горячей плазмы, передающей свою энергию непосредственно внешним слоям — фотосфере. Следствием такого взаимодействия фотосфера и зоны конвекции являются неравномерная яркость фотосфера, зернистость и наличие гранул.

Гранулы представляют собой яркие пятна окружной формы размером от 400 до 1000 км. Время их жизни в среднем около 10 минут. Кроме гранул, в фотосфере наблюдаются солнечные пятна и факелы, число которых резко меняется с циклом солнечной активности.

Факелы — яркие площадки поверхности Солнца вблизи солнечных пятен. Они появляются до возникновения пятен и остаются после их исчезновения. Среднее время жизни около 20 дней.

Как происходит саморегулирование солнечного термоядерного реактора? Расчеты и наблюдения показывают, что самоуправляемость обеспечивается динамическим равновесием процессов сжатия и расширения ядра Солнца. Под действием гравитационных сил происходит процесс сжатия, который сопровождается увели-

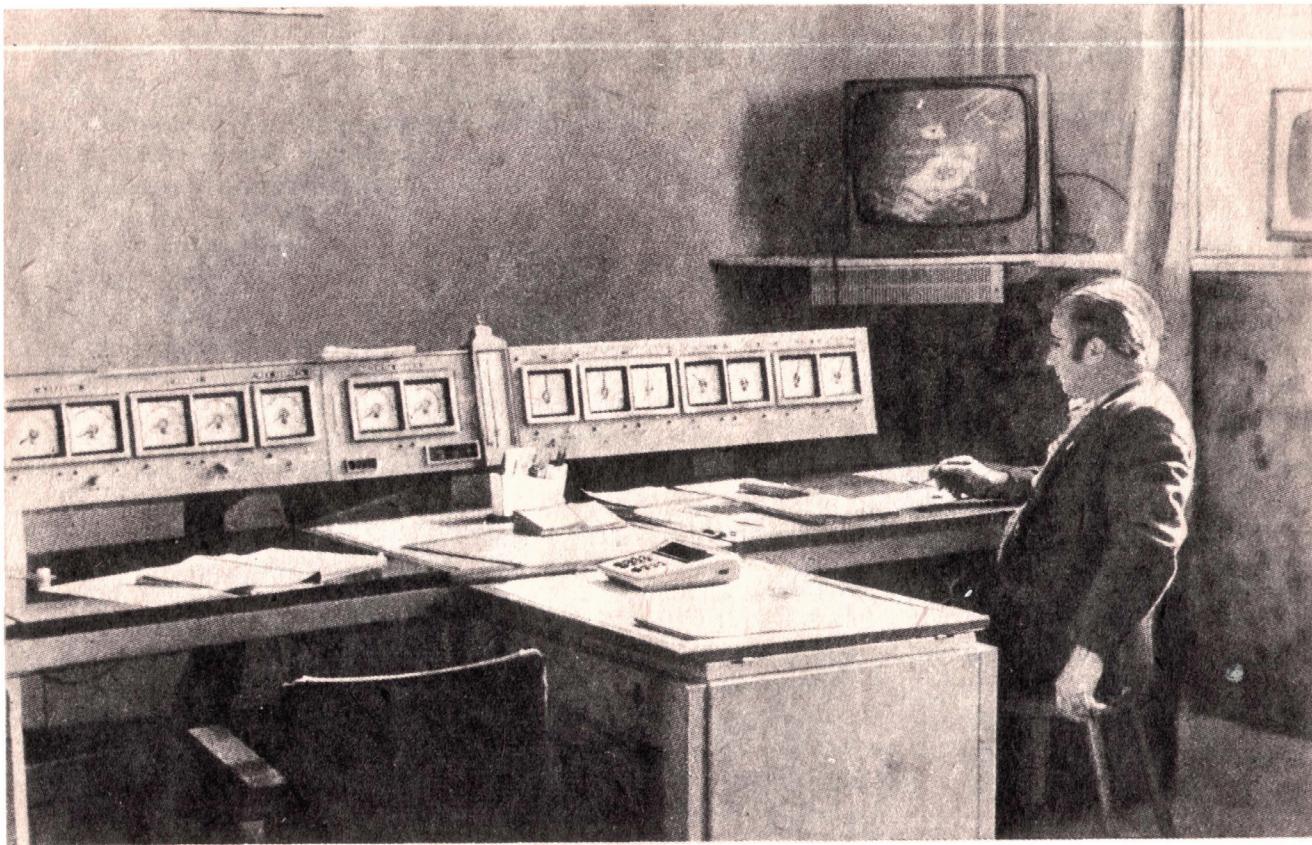
чением температуры и плотности плазмы водорода. Увеличение плотности приводит к усилению термоядерных реакций и увеличению энерговыделения. Последнее останавливает сжатие и приводит к расширению ядра Солнца. Расширение с понижением температуры и давления продолжается до того момента, когда выделение энергии начинает оказывать меньшее воздействие, чем силы гравитации. Гравитация вновь сжимает ядро и т. д. Продолжительность одного цикла сжатия и расширения ядра Солнца — одиннадцать лет. Эта цикличность не мешает Солнцу излучать энергию исключительно постоянно, настолько постоянно, что до недавнего времени отсутствовали способы измерения имеющейся неравномерности излучения.

Солнечные пятна — темные образования на поверхности Солнца. Эффективная температура пятен примерно на 1000° ниже, чем у окружающей фотосфера. Все солнечные пятна обладают магнитным полем напряженностью от 100 до 2000 гаусс. Наблюдаются также группы солнечных пятен.

Над фотосферой расположен слой атмосферы Солнца, называемый хромосферой. Ее отличительная черта — так называемая хромосферная сетка, хорошо видная в монохроматическом свете. Эта сетка состоит из отдельных узелков от 1000 до 8000 км диаметром. Около солнечных пятен хромосфера имеет характерную вихревую структуру, и в ней наблюдаются флоккулы, волокна и протуберанцы. Число их так же, как и число солнечных пятен, меняется с фазой цикла солнечной активности.

Волокна — темные, удлиненные образования, видимые в монохроматических изображениях Солнца. Некоторые волокна достигают длины солнечного радиуса и могут существовать в течение нескольких оборотов. В быстро меняющихся волокнах скорость вещества достигает 500 км/с.

Протуберанцы — облака солнечной плазмы, наблюдаемые над краем Солнца. Эти фонтаны огня, красиво меняющиеся самым причудливым образом, хорошо видны через специальные светофильтры и являются одной из загадок Солнца. Плотность вещества в них такая же, как в хромосфере, и на два порядка выше, чем в ко-



роне, а температура существенно ниже. Существует несколько типов протуберанцев. Наиболее быстрые из них — эруптивные — поднимаются над поверхностью Солнца со скоростью до нескольких километров в секунду. Их развитие длится от нескольких минут до получаса. Спокойные протуберанцы, массивные и красивые образования длиной около 20 000 км, висят слегка наклонно над хромосферой от одного или двух дней до нескольких месяцев.

Флоккулы — яркие образования в активных областях Солнца — являются как бы продолжением факелов хромосферы. Их время жизни достигает 200—300 дней, т. е. они являются долгожителями активной группы, а физические условия с высотой резко меняются. Данные об их наблюдениях ежемесячно публикуются.

Наконец, солнечная корона — внешняя, наиболее протяженная оболочка Солнца — одно из наиболее красивых и загадочных явлений нашей планетной системы. Ее форма зависит от фазы 11-летнего цикла солнечной активности. В период максимума активности корона имеет сравнительно круглые очертания, а в пе-

Обычная работа

риоды минимума яркость короны сосредоточена вблизи экватора. Солнечная корона активно излучает энергию. В коротковолновой части спектра с длиной волны менее 200 Å все излучение, идущее от Солнца, принадлежит короне. В радиодиапазоне на метровых волнах все излучение Солнца также исходит из солнечной короны. Корона — наиболее нагретая часть солнечной атмосферы. Ее нагревание происходит за счет механической энергии волновых движений, идущих от фотосфера. Именно корона служит источником солнечного ветра — потока корональной плазмы, скорость которого около Солнца составляет несколько километров в секунду, а около Земли увеличивается до 300 км/с. Концентрация частиц в солнечном ветре на орбите Земли около 20—30 частиц в 1 см³, т. е. наша планета находится еще в атмосфере Солнца. Когда солнечный ветер усиливается, концентрация частиц увеличивается до 1000 частиц в 1 см³ на орбите Земли, а скорость ветра достигает 10³ км/с. Солнечная корона теряет все свое вещество за несколько месяцев.

Пополнение происходит из хромосферы.

Хромосфера и корона из-за сильной разреженности плазмы прозрачнее для видимого света, чем фотосфера. Поэтому, хотя их температуры существенно выше, их волновое излучение составляет ничтожную долю от излучения фотосферы. Фотосфера, имеющая температуру около 6 тыс. градусов, практически излучает всю энергию Солнца.

ЧТО И КАК СОЛНЦЕ ИЗЛУЧАЕ

Излучения Солнца — основной источник энергии для всех процессов, происходящих на поверхности всех планет нашей системы и в их атмосферах, в том числе и Земли. Известны электромагнитное и корпускулярное излучения Солнца.

Солнце излучает целый спектр электромагнитных волн с мощностью $\approx 4 \cdot 10^{33}$ эрг/с. Основная часть излучения лежит в видимой части спектра.

Инфракрасное излучение значительно и видно вплоть до 30 мик. Оно сильно ослаблено на уровне поверхности Земли поглощением некоторых составляющих атмосферы — парами воды, углекислым газом и т. п. Радиоизлучение, т. е. излучение Солнца в радиодиапазоне, довольно слабое. Оно проходит через атмосферу земли только в «окне» от 1 см до 12—14 м и состоит из теплового радиоизлучения и спорадического радиоизлучения. Последнее включает в себя шумовые всплески и бури, оно интенсивнее теплового и довольно быстро изменяется.

Коротковолновое излучение Солнца также полностью поглощается земной атмосферой.

Рентгеновское излучение Солнца также состоит из сплошного излучения и излучения в отдельных линиях. Оно сильно меняется с течением 11-летнего цикла и в годы максимума становится более жестким, т. е. интенсивность в нем смещается в сторону более коротких длин волн. Во время хромосферных вспышек рентгеновское излучение усиливается в десятки раз, возрастает и его жесткость.

Хотя ультрафиолетовое и рентгеновское излучение несут сравнительно немного энергии, именно эта часть электромагнитного излучения является определяющей для состояния и изменений электри-

ческой части земной атмосферы — ионосфера.

Корпускулярное излучение — это непрерывный поток плазмы солнечного происхождения, заполняющий всю солнечную систему. Он получил красивое название — солнечный ветер.

Возникшая в короне Солнца, солнечный ветер проносится мимо планет солнечной системы, взаимодействуя с ними и формируя всю околопланетную обстановку, а потом исчезает в межзвездном пространстве. Характер этого взаимодействия определяется в первую очередь характеристиками собственного магнитного поля планеты.

Сделаем здесь отступление и расскажем о некоторых законах физики, которых нет в школьной программе, но которые очень просты и легко могут быть поняты без специальных знаний. В физике плазмы строго доказана теорема о том, что при определенных условиях магнитный поток через любой проводящий контур внутри плазмы не изменяется в течение бесконечного интервала времени. Эта теорема имеет исключительно важное значение, определяя, по существу, всю специфику космического электричества. Если изображать магнитный поток в виде трубы силовых линий, то необходимым следствием этой теоремы является то, что силовые линии будут «вморожены» в проводящую среду таким образом, что всякое движение среды увлекает за собой и силовые линии. Физически условие «вмороженности» означает, что при движении плазмы поперек магнитного поля в ней индуцируются токи. Поля этих токов складываются с первоначально существующими и создают новое поле, которое фактически оказывается смещенным вместе со средой. Силовые линии, проходящие через некоторые области плазмы, будут проходить через те же области и в дальнейшем при любых течениях и изменениях среды.

Вот теперь, зная этот закон «вмороженности» силовых линий, легко понять многие характерные процессы солнечно-земного взаимодействия. Солнечная корона, испаряясь непрерывно, испускает в межпланетное пространство радиальные потоки плазмы, которые частично увлекают с собой в межпланетное пространство крупномасштабное магнитное поле Солнца из тех областей, где они зарождаются. Вра-

щение Солнца закручивает линии межпланетного магнитного поля в спираль, которая называется спиралью Архимеда. Самая характерная черта крупномасштабного магнитного поля Солнца — это существование двух областей: северной и южной, в которых направления векторов магнитного поля противоположны. Следовательно, прилегающие к каждой полусфере области межпланетного пространства оказываются заполненными полями разных знаков. Магнитные потоки от обоих полушарий разделены токовым слоем, выше и ниже которого межпланетное магнитное поле имеет разную направленность. По поверхности, разделяющей магнитные потоки, течет электрический ток. Сама поверхность этого токового слоя как бы гофрирована в пространстве, а при вращении Солнца вокруг оси гофрировка закручивается в спираль Архимеда. Существование токового слоя иногда называется «эффектом балерины». Если Земля находится вблизи плоскости эклиптики и вращается вокруг Солнца, то она попадает то выше, то ниже токового слоя, т. е. в секторы с разными знаками межпланетного магнитного поля (ММП).

Легко понять, что протекание всего комплекса явлений околоземной космической плазмы существенно зависит от того, в каком секторе ММП находится наша планета.

На стационарный процесс излучения Солнца накладываются нестационарные процессы, связанные со вспышками на Солнце. Вспышки являются одним из наиболее мощных проявлений солнечной активности. Энергия одной вспышки в сотни раз превышает весь известный энергетический потенциал химического топлива (нефть, уголь, газ) Земли. Однако даже эта гигантская энергия не вызывает заметного увеличения светимости Солнца.

Исследования вспышек имеют огромное практическое значение, так как они оказывают сильное воздействие на околоземную плазму, в первую очередь на ионосферу, вызывая нарушения радиосвязи, радионавигации, загоризонтной радиолокации и т. п. Сильные вспышки требуют специальной защиты космонавтов, они оказывают влияние на состояние земной погоды, протекание различных жизненных процессов в биосфере Земли. Но об этом несколько позже.

В целом именно излучение Солнца определяет все процессы жизни и деятельности человека на нашей планете, а также физические и прочие условия на других планетах нашей звездной системы. Но в сутолоке наших будней мы редко помним об этом, тем более что часто влияние Солнца, переданное по цепочке взаимосвязанных факторов, многие из которых человек еще не понимает, незаметно в повседневной жизни. Но тенденция современной науки такова, что становится все более зорким влияние космических факторов на земные дела.

ЗЕМЛЯ И ОКОЛОЗЕМНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Для наших целей Землю можно рассматривать как шар радиусом 6378 км. Современные представления о строении Земли опираются на понятие о системе сферических оболочек, вложенных — как матрешки — одна в другую. Внутренняя матрешка — центральное ядро Земли, или субядро, — имеет радиус около 1200 км и находится в твердом состоянии. Высокие давления создают здесь температуры в 5000 К, а плотность достигает 16 г/см³, давление 3 млн. атм. Далее идет относительно тонкий переходочный слой толщиной около 150 км. Переходный слой отделяет твердое субъядро от жидкого внешнего ядра Земли. Последнее простирается от 1350 до 3450 км. Вещество земли здесь находится в жидком состоянии с температурой 3000÷4000 К и плотностью 5—9 г/см³. Для жидкого ядра характерна высокая электропроводимость. Далее находится внутренняя оболочка Земли, или мантия, толщиной 2100 км. Сама мантия также состоит из трех слоев, отличающихся различной плотностью и вязкостью составляющего ее вещества. Внутренние слои мантии находятся в твердом, видимо, кристаллическом состоянии. Возможно, здесь происходят фазовые переходы, т. е. вещество переходит из одного состояния в другое. Внешняя оболочка мантии — астеносфера — находится в аморфном состоянии и при температуре, близкой к температуре плавления ее вещества. Здесь находятся очаги вулканов, представляющие из себя зоны расплавленного вещества мантии — магмы.

Еще выше расположена кора Земли. Она также состоит из нескольких оболочек. Внутренний слой — базальтовый, над ним гранитный слой, самый верхний слой состоит из осадочных пород, образовавшихся в результате осаждения различных мелких частиц с последующим их окаменением.

На внешней оболочке коры живет человек. Он живет на дне громадного океана, называемого атмосферой Земли. Толщина атмосферы превышает несколько тысяч километров, однако основная масса воздуха сосредоточена в довольно узкой области около поверхности Земли. Так в 10-километровом слое сосредоточено свыше 70% массы атмосферы Земли, а в 30-километровом около 99%. Для сферических оболочек атмосферы есть разные наименования, зависящие от принципов, положенных в основу рассмотрения. Так, по одному из них нижнюю часть называют гомосферой, а верхнюю — гетеросферой. Казалось бы, воздух, являющийся смесью различных газов, благодаря законам диффузии должен был бы разделиться на слои тяжелых газов, сосредоточенных у поверхности, и легких, поднимающихся вверх, но этого не происходит. До высоты около 160 км состав воздуха приблизительно постоянен и не меняется ни с течением времени, ни в зависимости от географических координат. Почему? Дело в том, что на высотах до 100 км диффузия газов мала и основную роль играет процесс турбулентного перемешивания, при котором состав газов непрерывно выравнивается.

Выше 100 км роль диффузии становится важнее, и происходит диффузионное разделение газов. От 100 до 250 км преобладает молекулярный азот, далее до 700 км — атомарный кислород. Еще выше — гелий и водород. Последняя оболочка — атомарный водород — прослеживается до 10—15 тысяч километров и называется водородной геокороной Земли.

По другой терминологии, в основу которой положено изменение температуры воздуха с высотой, нижний слой называется тропосферой. Эта область высот толщиной 10—17 км характеризуется медленным (около 6°C на один км высоты) убыванием температуры. В тропосфере сосредоточено свыше 80%

массы воздуха и почти весь водяной пар. Именно здесь образуются облака, формируется дождь, град, снег, наблюдаются резкие смены температуры, т. е. все те явления, которые мы объединяем словом «погода».

Выше располагается стратосфера, которая характеризуется постоянством или ростом температуры. Постоянство температуры наблюдается до высоты около 25 км, а выше температура растет, достигая на верхней границе стратосферы (~55 км) величины 0°C. В стратосфере практически нет водяного пара, тем не менее в высоких широтах на высотах 25 км в сумерках можно видеть очень красивое атмосферное явление — перламутровые облака. Рост температуры в стратосфере происходит благодаря поглощению озоном и углекислым газом ультрафиолетового и инфракрасного излучения Солнца.

Выше 55 км температура воздуха уменьшается с высотой. Эта область называется мезосферой. Ее верхняя граница располагается на высоте около 85 км. В мезосфере иногда можно наблюдать серебристые облака. Они, как и перламутровые, очень тонки и различимы только после захода Солнца. Серебристые облака можно также наблюдать с борта космического корабля. В мезосфере, так же как в тропосфере и стратосфере, сильны годовые колебания температуры. Однако в отличие от нижних слоев здесь высокая температура наблюдается зимой, а низкая летом.

Выше лежит термосфера. Температура в ней быстро растет и достигает на высоте 400 км величины в 2000°C. Далее температура практически не меняется. В термосфере важны суточные колебания температуры, которые определяют плотность атмосферы. Термосфера — это область, в которой летают искусственные спутники Земли и вариации плотности на высотах их полетов, по существу, определяют динамику изменения их орбит.

В основу третьей классификации сфер положены их специфические особенности, влияющие на деятельность человека. Здесь различают озоносферу, ионосферу и магнитосферу.

Озоносфера — область высот от 10—20 до 60—80 км — характеризуется наличием в атмосфере слоя озона (молекула

озона состоит из трех атомов кислорода). Он имеет важное значение для биосфера Земли, так как поглощает часть ультрафиолетового излучения Солнца, губительного для живых организмов нашей планеты. В последнее время к существованию и вариациям этого слоя привлечено особое внимание в связи с резким понижением плотности озона в слое над Антарктидой и появившимися в научной печати статьями об уменьшении слоя озона над другими широтами.

Ионосфера — область высот от 70 до 600 км — электропроводящая часть земной атмосферы. Она — дитя Солнца и земной атмосферы. Ионизирующим источником является ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца. Большую роль в процессах ионизации играют также корпукулярные частицы, вторгающиеся в атмосферу Земли из космического пространства. За верхнюю границу ионосферы обычно принимают высоты 600—1000 км. На этой высоте газ заряженных частиц настолько разрежен, что практически ионы и электроны уже не сталкиваются друг с другом и с нейтральными частицами. Характер их движения при этом особенно сильно контролируется магнитным полем Земли. С этой высоты начинается магнитосфера.

Ионосфера очень сильно разрежена. Ее плотность соответствует хорошему вакууму, получаемому в лабораторных условиях на Земле. На ранних этапах космической эры, когда еще повсеместно были распространены электронные лампы на космических аппаратах, курьезом звучало, что в ионосфере вакуум выше, чем в лампе, и желательно, скажем, разбить стеклянный баллон лампы в космосе, чтобы лампа работала более эффективно.

Несмотря на столь незначительную плотность, ионосфера играет исключительную роль в жизни нашего общества. Именно ионосфера защищает все живое на Земле от губительного ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца. Это излучение ионизирует атмосферу на высотах более 70 км и нагревает ее до температур, превышающих 1500—2000° по шкале Кельвина. На высотах ионосферы (80—120 км) сгорают метеорные частицы и теряют свою энергию космические лучи. Ионосфера Земли — надежная биологическая защита Земли от

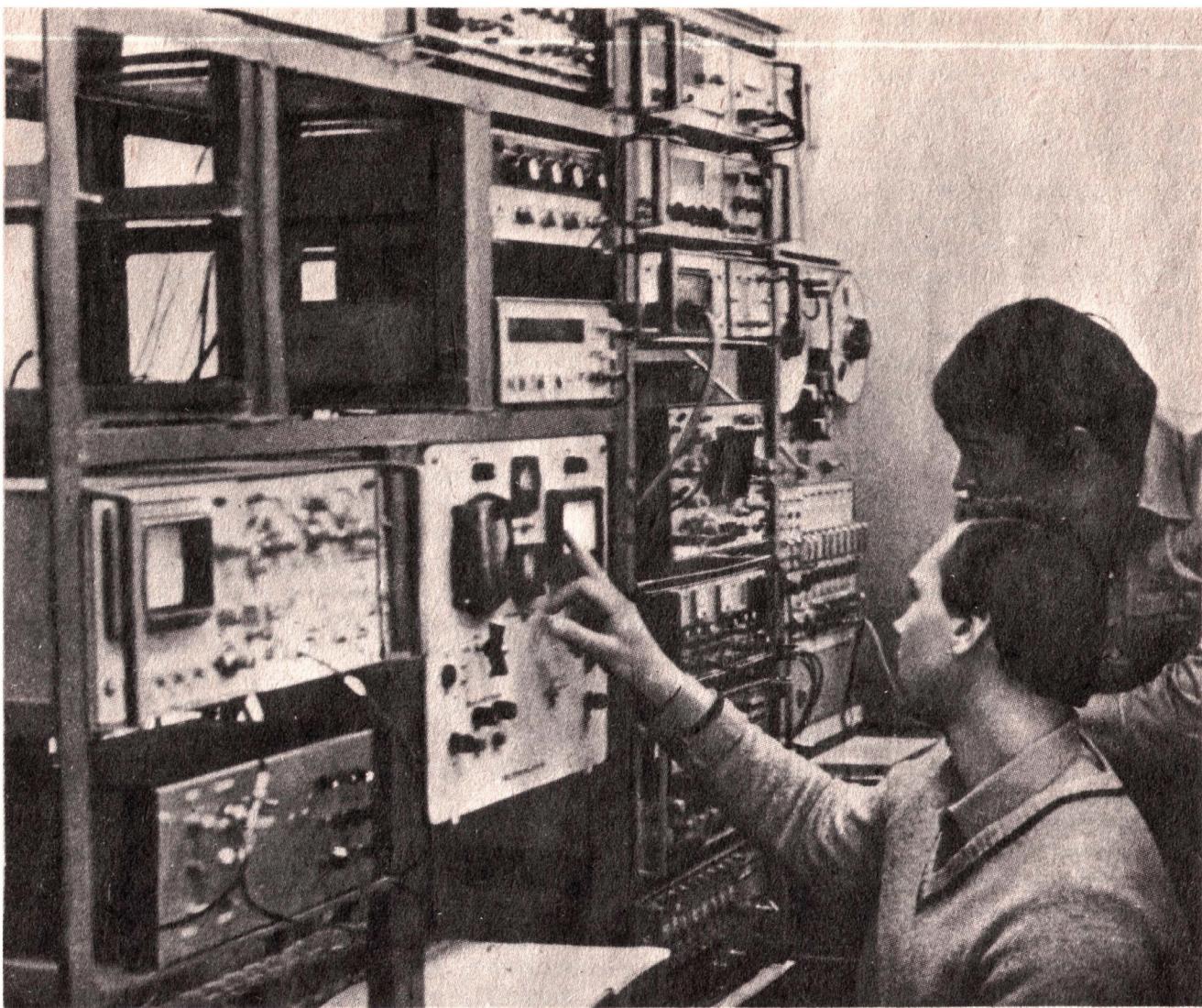
могучего термоядерного реактора — Солнца.

Однако не только эта защитная роль определяет ее практическую значимость. Ионосфера обладает уникальной способностью искривлять и отражать электромагнитные волны. Благодаря этой способности электромагнитные волны легко распространяются над всей шарообразной поверхностью Земли. Десятки тысяч радиостанций непрерывно передают информацию далеко за горизонт, и именно ионосфера превращает естественное прямолинейное распространение радиоволн в необходимое для каждого конкретного случая криволинейное.

Не менее важным является использование ионосферы для целей радионавигации. Давно уже не только и не столько магнитная стрелка указывает путь кораблям в океане и самолетам в воздухе. Ее заменили навигационные радиоприемники. Радиоволны обладают той особенностью, что несут на себе информацию о пространстве, в котором они распространяются. Будучи зафиксированными в какой-либо точке, они определяют ее координаты с точностью, наиболее высокой среди различных технических средств сегодняшнего дня. А ионосфера, искривляя лучи над Землей, делает радионавигацию доступной для любых точек на земном шаре.

Неисчислимые услуги ионосферы человечеству. Но когда ионосфера начинает «штормить», то возникают перебои в линиях радиосвязи, резко увеличивается поглощение радиоволн, возникает особое состояние ионосферной плазмы — ученые называют его диффузным, — когда вместе отражения радиоволн в одном направлении ионосфера рассеивает радиоволны по всем направлениям, значительно затрудняя, если не полностью прекращая, эффекты его использования.

Отсюда становится понятной необходимость постоянного контроля геофизиками состояния ионосферы. Действительно, ряд основных параметров ионосферы: концентрация электронов и ионов, плотность нейтральной среды, непрерывно меняющиеся в зависимости от времени суток, сезона, фазы цикла солнечной активности, — непосредственно определят технические характеристики различных радиокосмических систем. Сюда входят диапазон используемых ра-



Знания и навыки работы с аппаратурой геофизику необходимы

бочих частот, величины его верхней — ее называют «максимально применимая частота ионосферы» — и нижней рабочих частот, время существования и динамика изменения основных параметров орбит ИСЗ и многое другое.

Контроль за состоянием ионосферы над всем земным шаром по специальному расписанию, согласованному в международном масштабе, ведут ионосферные станции. В мире сейчас существует около 160 ионосферных станций, и они непрерывно и неослабно фиксируют все изменения в ионосфере и оперативно извещают об этом соответствующие технические системы.

Особенно изменчива ионосфера вблизи полюсов планеты. Можно смело утверждать, что именно в этой области человека ждут еще многие неоткрытые тайны природы. Здесь удивительная смесь самых разнообразных состояний ионосферы в одной области пространства, здесь зоны интенсивных свечений ионосферы — великолепного по красоте «пожара небес» — полярных сияний, здесь область, где существуют огромные «колодцы», куда проваливается непосредственно вещество солнечного ветра, достигающее Земли, и многое, многое другое. Именно поэтому с таким энтузиазмом собираются мои коллеги и друзья в нашу полярную одиссею.

Выше ионосферы лежит область магнитосферы. Это наиболее обширная из

всех сфер Земли, хотя количество ее вещества не составляет и сотой доли процента от количества вещества нижележащих областей. Ее внутренняя граница была указана выше, а внешняя определяется тем условием, чтобы величина магнитного поля Земли превышала некоторую постоянную величину — постоянное значение межпланетного магнитного поля.

Магнитосфера не есть сфера, это сложное пространственное образование, не симметричное относительно Земли. Со стороны Солнца магнитосфера поджата давлением солнечного ветра и отстоит от поверхности Земли на 10—12 ее радиусов, а с ночной стороны она вытянута, образуя так называемый магнитный хвост Земли. Последний очень протяжен, и пока точно не установлено, где кончается. Во всяком случае на расстояниях орбиты Луны он еще зафиксирован космическими аппаратами. Здесь мы столкнулись, еще с одним удивительным фактом. Уже на внутренней стороне магнитосферы частицы атмосферы практически не соударяются — настолько газ разрежен. На внешней — тем более. О каком же давлении солнечного ветра можно говорить?

Мы подошли здесь к одной из специфических особенностей плазмы вообще и космической плазмы в частности, а именно соприкоснулись с законом магнитного давления. В физике существует такая наука — магнитная гидродинамика. Она изучает движение электропроводящих жидкостей или газов. Так вот, закон «вмороженности» магнитного поля, рассмотренный нами ранее, и закон магнитного давления являются двумя основными законами магнитной гидродинамики, объясняющими всю специфику поведения космической плазмы. Действительно, налетающие на магнитосферу потоки солнечного ветра несут в себе вмороженные магнитные поля солнечного происхождения. А в магнитосфере текут электрические токи вдоль силовых линий геомагнитного поля. Как известно из школьного курса физики, в этом случае возникает сила Ампера, действующая на вещество (магнитосферу) со стороны поля. Величина этой силы определяется произведением силы тока на напряженность магнитного поля, а ее направление определяется известным правилом буравчика. Именно эта сила поджимает со стороны

Солнца земную магнитосферу и вытягивает на противоположной стороне магнитный хвост Земли¹. Сжатие геомагнитного поля происходит до тех пор, пока давление солнечной плазмы не уравновесится собственным давлением геомагнитного поля. Граница, где выравниваются эти давления, и есть верхняя граница магнитосферы. Если солнечный ветер усиливается, т. е. если возрастают скорость или плотность потока солнечных частиц, то верхняя граница становится ближе к Земле, если ослабевает, то дальше.

Под давлением солнечного ветра магнитные силовые линии, выходящие из областей Северного и Южного полюсов, сносятся с дневной на ночную сторону Земли, образуя упомянутый магнитный хвост. Этот хвост состоит из двух силовых трубок, соответствующих двум полярным шапкам и разделенных плоским нейтральным слоем с напряженностью магнитного поля около нуля.

Нейтральный слой, «щели» или «каспы», которые разделяют силовые линии дневной стороны и хвоста, представляет особенный интерес, так как именно в эти щели «проваливается» горячая плазма солнечного ветра, вызывая разнообразный спектр ответной реакции земной атмосферы. Во всех других местах земная магнитная броня надежно защищает Землю, и возможно лишь слабое «просачивание» за счет диффузии частиц солнечной плазмы.

Познакомившись немного с тем, чему посвящена наша профессия, возвращаемся в экспедицию.

СКВОЗЬ КАНАДСКИЙ ПАК К СП-27

Сегодня 16 мая. У нас восьмой день похода. Идем в тяжелых канадских паковых льдах. Рейсовая информация по кораблю: наши координаты — $85^{\circ}50'$ северной широты, $1^{\circ}21'$ восточной долготы. От Мурманска мы прошли 1295 миль. До станции СП-27 нам осталось 46 миль,

¹ Представлена сильно упрощенная картина. В процессах на дневной стороне большое значение имеет сверхзвуковое обтекание Земли солнечным ветром и возникновение ударной волны в бесстолкновительной плазме перед внешней частью магнитосферы.

за последние сутки в непрерывной и тяжелой работе преодолели только 26 миль. От Северного полюса нас отделяет расстояние 250 миль. Координаты станции СП-27, с которой ледокол поддерживает радиосвязь, — широта $86^{\circ}29'$ и долгота $7^{\circ}20'$ к западу от Гринвича. Станция дрейфует к югу со скоростью около двух миль в сутки.

Мы в самом центре страны вибраций. Трясет и бьет ледокол так, что поверить в возможность таких вибрационных нагрузок, находясь на суше, для меня, например, просто было невозможно. Мне стала ясна и причина вибраций. Представьте себе такую картину. Мы движемся во льдах толщиной 5—6 м. Ледокол с разбегу взбирается на ледяное поле, которое под ним трескается, разламывается на отдельные льдины, и эти льдины с потоком воды под кораблем проходят с большой скоростью под его днищем и остаются за кормой. Размеры льдин колеблются от 5—7 до 20 м и более, т. е. масса льдины — несколько тысяч тонн. И вот эти громадные, как дома, льдины ударяются под днищем о винты ледокола, которые врашаются со скоростью 150 оборотов в минуту. Моряки используют термин «льдина фрезеруется». Грохот и скрежет стоит такой, что на нижних палубах разговаривать практически невозможно. Вибрация и удары не затихают ни на минуту, все 24 часа в сутки, каждые сутки. Все, что не закреплено в каютах, рабочих помещениях и на палубах, движется, перемещаясь в самые немыслимые места. Столы и стулья в кают-компании и столовой прикреплены к полу, трубы телефонных аппаратов находятся в специальных зажимах. Стало понятным, почему кровати членов экипажа имеют бортики, а часть стульев имеет боковые стенки. В моменты особенно сильных ударов вас может просто выбросить с кровати или со стула. Передвигаться по кораблю стало большим искусством. В тарелках с супом, в стаканах с компотом, а особенно в бассейне на поверхности, — стоячие волны (как будто иллюстрации к главе «колебания и волны» учебника по физике).

Именно сейчас проходит проверку наша предусмотрительность в подготовке экспедиционного варианта станции. Мы не ожидали таких сильных вибрационных

ударов, но старались сделать все очень надежно и прочно, и это себя оправдало. Каждый прибор у нас надежно закреплен на столах и стеллажах, а те, в свою очередь, прикреплены к полу, стенам и потолку кунга. Провода проложены в специальных трубках, которые также закреплены. Лампочки в стеклянных футлярах закрыты проволочным ограждением. Антенну каждые четыре часа проверяем и, если нужно, укрепляем дополнительными связями. Толя Семейкин почти не спит, он непрерывно что-то подкручивает или откручивает, смазывает, подпиливает, привязывает, кажется, что каждый электромотор у него на индивидуальном учете. Мы с огромной благодарностью вспоминаем директора экспериментальных мастерских Центральной аэрологической обсерватории Виктора Николаевича Ляха и его коллектив, которые подготовили нашу лабораторию к экспедиции.

Пока потерь у нас нет. Мы приняли все сеансы. Качество ионограмм высокое. Кроме нас, на ледоколе только специалисты из «Моргео», обладающие большим опытом морских и ледовых экспедиций, имеют на палубе свой походный домик. Остальные научные отряды в смысле вибраций находятся в худших условиях. Они расположены в каютах корабля, где трудно, а иногда и невозможно закрепить привезенные с собой приборы и инструменты. Это оказывается на работе, некоторые приборы вышли из строя. Атмосфера дружественных взаимоотношений, сложившаяся на корабле, здесь-то и проявила себя в полной мере. Несмотря на собственные трудности, все старались помочь товарищам во всем, в чем могли. Передавали в соседние отряды необходимые запчасти, иногда целые приборы. Если возникала необходимость, проводили даже специальные измерения по просьбе коллег-соседей.

Во время похода нашей ионосферной группе большую помощь оказали радисты корабля. Ледокол очень хорошо оснащен радиосвязью. Здесь несколько радиостанций, работающих в коротковолновом диапазоне, средневолновом диапазоне, а также обеспечивающих радиосвязь с помощью ИСЗ. Антенны этих радиостанций хорошо приспособлены к вибрациям и находятся в самых разных местах верхних

палуб корабля: и на носу, и на корме, и в других местах. Как мы ни старались найти место вдали от мачт и других антенн, две антенны оказались рядом с нами. Причем электромагнитная несовместимость с ними оказалась столь высокой, что даже работа связистов нашу чувствительную приемную аппаратуру полностью выводила из строя. Поэтому нам пришлось договориться, чтобы в периоды наших сеансов радиосвязь вообще или хотя бы радиосвязь с использованием определенных, рядом с нами расположенных антенн передатчиков не производилась. И радисты пошли на значительное усложнение своей работы для того, чтобы дать нам возможность производить наши измерения с минимальными помехами. Эта жертва связистов во имя науки была особенно тяжела для них в первое время, когда интенсивность работы корреспондентов различных газет и журналов, находящихся на борту корабля и имеющих возможность передавать свои материалы в редакции только с помощью радиоволн, была исключительно высока.

В эти трудные дни перехода от ЗФИ к СП-27 в обстановке особенно сильной вибрации, а в какой-то степени и вопреки ей развернулась общественная работа и жизнь корабля. Ежедневно работает кинотеатр, вывешиваются стенгазеты. Действует интересный лекторий, на котором следует остановиться особо. В составе экспедиции и группы корреспондентов на корабле много известных специалистов по разным областям знаний. И по инициативе экипажа корабля специалисты стали выступать с лекциями. Это было очень увлекательно и собирало большую аудиторию. Весь клуб был, как правило, заполнен, а на особо интересных лекциях люди стояли в проходах. Из наиболее впечатливших я бы отметил лекцию Л. А. Савости на об исследованиях и открытиях океанического дна и выступление В. И. Бардина об Антарктиде. Мне также довелось прочитать первую лекцию этого цикла, которая была тепло встречена экипажем и экспедицией.

Каждая вахта приближает нас к отважным полярникам на СП-27. Уже слетал к ним начальник экспедиции Герой Советского Союза Артур Николаевич Чилингаров. Слетал к ним и вернулся загорелым и обветренным после нескольких

дней работы на свежем воздухе В. Лукин, начальник станции СП-29. Кажется, что мы уже совсем рядом, дойдем, если не в эту вахту, то обязательно в следующую. Но нет. Тяжелый многолетний канадский паковый лед цепко держит ледокол в своих объятиях. Мы уже больше суток идем только реверсом. Это означает, что ледокол идет только ударами, он таранит неподатливый лед, подминает его под себя, залезает на ледовое поле почти до половины своего корпуса, а лед не проламывается, лед держит чудовищный вес ледокола на себе. Приходится давать задний ход, медленно сползать назад, отходить метров на 100, а то и на 150 и снова с разбегу бросаться на лед. Так мы продвигаемся маленькими шагками длиной метров 15—20 каждый. И это при использовании всей гигантской мощности ледокола в 75 тыс. л. с.

В эти дни мне стало как-то здраво понятна и еще одна вещь. Мы находимся в удивительном краю, где Солнце на небе круглые сутки. В первое время было трудно привыкнуть, что надо ложиться спать при ярком солнечном свете. И меня все время не покидает ощущение какого-то яркого праздника природы: удивительная прозрачность воздуха, легкий морозец, искрящийся снег и лед. Сам лед удивительно красив: есть глыбы почти совершенно голубого льда, есть светло-голубого, есть фиолетового и много белого. След ледокола — это крошево из воды и льда. Целая гамма оттенков голубого, синий, бирюзовый, фиолетовые цвета.

Работа дрейфующих на льдинах станций принесла много новых данных. В частности, стала понятна схема генерального дрейфа льдов в Арктике. Здесь существуют как бы два течения: трансарктическое течение и антициклонический круговорот. Первое из них выносит льды из Арктического бассейна в сторону пролива Фрама, второе совершает круговое движение по часовой стрелке над канадской котловиной. По-видимому, повторяющиеся фазы их взаимодействия имеют цикл 5—6 лет (половина цикла солнечной активности). Сужение трансарктического течения вызывает расширение антициклонического круговорота. Затем круговорот сокращается, и трансарктический вынос льдов из Арктики в теплые моря увеличивается.

Сегодня 18 мая. С утра на корабле праздничная суматоха. Все бегают с утра на верхние палубы и пытаются разглядеть на горизонте во льдах домики станции «Северный полюс-27». Они уже видны. Это маленькие черные точки, затерянные в бескрайней ледяной пустыне. А о ее бескрайности мы можем судить, так как пересекли ее всю полностью. Бесконечно долго тянутся последние часы подхода к лагерю полярников. И наконец в 14.00 наш ледокол пришвартовался, или, если хотите, врубился, в льдину недалеко от станции. Наши координаты: широта $86^{\circ}29,4'$ западная долгота $7^{\circ}40,1'$. От Мурманска мы прошли 1369 миль, из них 1145 миль во льдах.

Работы много, но на помощь приходят отработанные методы геофизики.

ЗОНДИРОВАНИЕ ВЕЩЕСТВА С ПОМОЩЬЮ ВОЛН — УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ГЕЛИОГЕОФИЗИКИ

Изучением всех сфер, о которых говорилось выше, занимаются люди разных профессий, хотя все они геофизики. Это происходит потому, что изучаемая ими среда чрезвычайно разнообразна по своим физическим характеристикам.

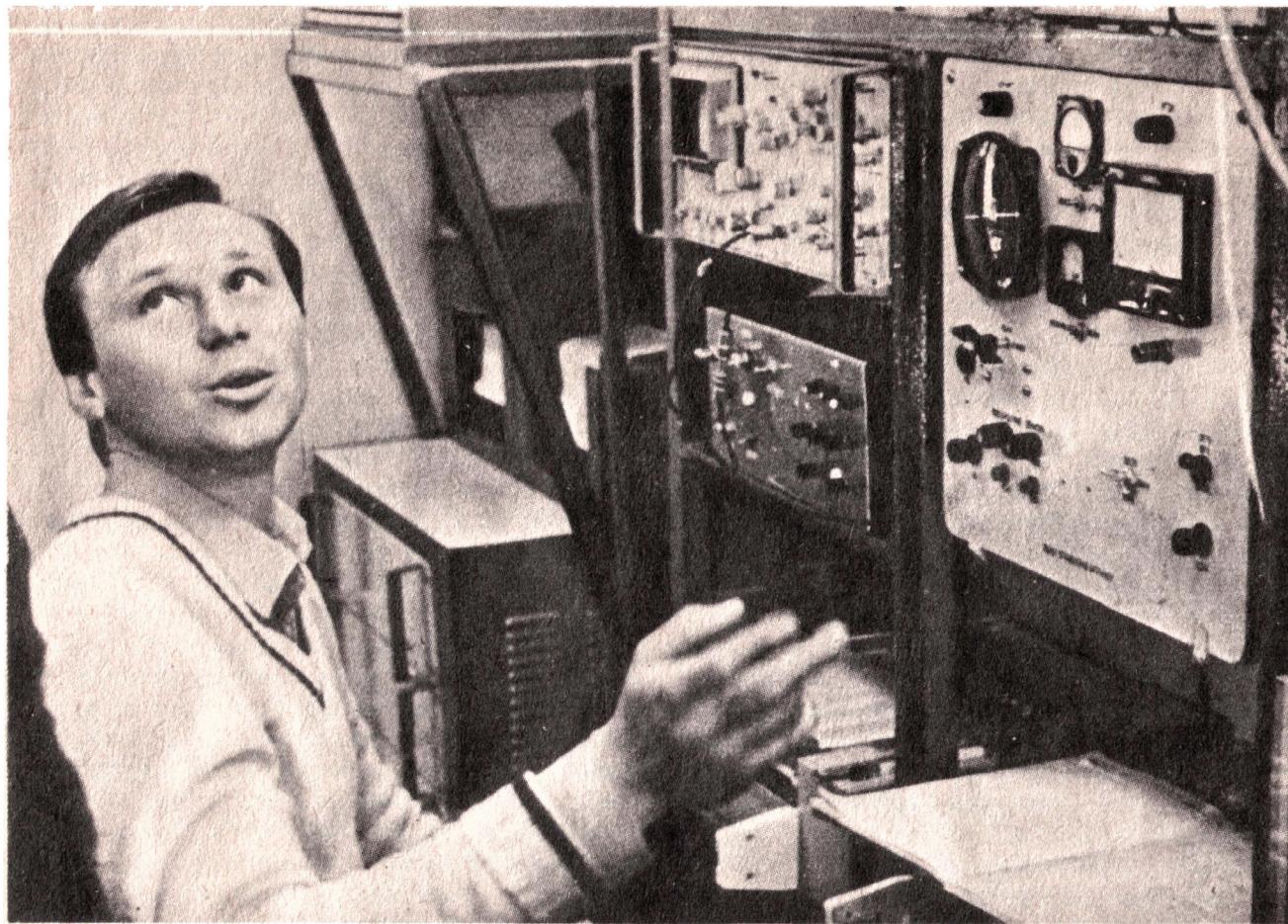
А вот математический инструмент для исследования столь различных сред единый и называется он «теория колебаний» и «распространение волн». Самая глубокая скважина на Земле не достигает и 10 км, и еще очень далеко то время, когда человек дотронется до вещества земной коры или до атмосферы Солнца. Между тем уже сейчас эти удаленные и недоступные для прямых контактов субстанции интенсивно исследуются. И диагностирующим средством являются волны: сейсмические волны для исследования внутреннего строения Земли, акустические волны — для исследования океанов и нейтральной атмосферы и электромагнитные волны для исследования мира плазмы — от нижней границы ионосферы до глубин Солнца.

Существуют два класса сейсмических волн: продольные (P) и поперечные (S). В первом случае колебания среды происходят вдоль линии распространения, во втором — поперек. Скорость продольных волн в Земле примерно в 1,7 раза выше,

чем поперечных, и, следовательно, запаздывание S-волн увеличивается с расстоянием. Учитывая это, можно определить расстояние до места землетрясения. Для изучения внутреннего строения Земли используют так называемые годографы — графики зависимости времени пробега данной волны от расстояния до центра землетрясения.

Югославский ученый Мохоровичич построил годографы по данным различных сейсмических станций для землетрясения 1909 года на Балканах. Из его графиков было видно, что на глубине 54 км скорость сейсмических волн резко увеличилась. Так была открыта М-граница, отделяющая земную кору от мантии. Далее было установлено, что S-волны не регистрируются на сейсмостанциях, отстоящих от источника землетрясения больше чем на 12 тыс. км, а P-волны не видны на расстояниях от 11 700 км до 16 000 км, а на больших расстояниях снова видны. Теория распространения волн на основе этих данных однозначно привела исследователей к выводу о существовании на глубине 2900 км ядра Земли. Более того, так как скорость распространения S-волн в ядре оказалась близкой к нулю, то был сделан вывод о том, что жесткость вещества в этой области мала, т. е. ядро находится в жидким состоянии. Впоследствии вывод о жидким ядре блестяще подтвердился, когда доказали существование и измерили нутацию, или колебания, оси вращения Земли. При твердом ядре нутация просто не существовала бы. Впоследствии более чувствительные сейсмографы обнаружили зону полутени в «запретном» районе от 11 700 до 16 000 км. Это привело к открытию твердого субъядра Земли.

Увеличение технологической и энергетической мощи человека привело к тому, что он стал сам, без землетрясения, генерировать сейсмические волны. Для их регистрации используется сеть чувствительных сейсмографов, поставленных на небольших (500 м) расстояниях друг от друга. Этот метод дает наиболее надежные результаты для анализа геологического строения земной коры. Прекрасным примером взаимосвязи в природе явилось то обстоятельство, что колебания земной поверхности передаются в атмосферу и на высотах ионосферы, где колеблются уже электроны и ионы, легко регистри-



руются радиоволновыми приборами. Более того, возникли гипотезы, опирающиеся на проведенные наблюдения, что радиоволновые приборы контроля ионосфера регистрируют не только факт самого искусственного или естественного землетрясения, но и его акустические или другого происхождения предвестники. Может оказаться, что космическая диагностика будет наиболее рациональным методом для прогноза землетрясений. Выше было показано, как с помощью сейсмоволн просветили Землю и определили ее внутреннее строение. Точно так же просвечивают ионосферы и атмосферы планет, а также атмосферу Солнца с помощью космических аппаратов, излучающих электромагнитные волны нужного диапазона.

Метод просвечивания атмосфер планет и Солнца проводится по следующей схеме. Когда аппарат приближается к линии, соединяющей наблюдателя и лимб (край) планеты, на нем включается один или несколько передатчиков со стабильной час-

Нет ни одного физического явления на Земле, которое не регистрируется приборами

тотой излучения. На Земле фиксируются величина и изменения амплитуды, частоты и фазы принимаемых сигналов каждого передатчика. Измерения начинаются перед «радиозаходом» и заканчиваются через определенное время после «радио выхода» аппарата.

По мере приближения и захода излучателей за край диска планеты трассы распространения радиоволн между Землей и космическим аппаратом проходят через все более низкие слои ионосферы и нижележащей атмосферы. При этом непрерывно меняется отклонение направления распространения радиолуча от прямолинейного, по аналогии с распространением сейсмических волн, на границе жидкого ядра Земли и образования тени. Это отклонение является следствием непрерывного изменения концентрации заряженных и нейтральных частиц на пути

лучей. Изменение направления вызывает на наземном пункте небольшой сдвиг частоты принимаемого сигнала из-за эффекта Доплера, который и регистрируется приемной аппаратурой на Земле. Разница изменения частоты между измеренной и рассчитанной на основе траекторных данных позволяет определить коэффициент преломления радиоволн для данной высоты над поверхностью планеты, а по нему уже определить концентрацию заряженных частиц, когда луч пересекает высоты ионосферы или параметры нейтральной атмосферы, когда луч приближается к краю планеты.

Нет числа примерам просвечивания вещества волнами для определения структуры и параметров вещества. С моей точки зрения наиболее впечатляющий — это метод радиозондирования ионосферы, который уже больше 60 лет, непрерывно служит человеку. Остановимся на этом методе более подробно, так как именно этот метод и повел нас в Арктику.

Радиозондирование ионосферы — наиболее доступный, дешевый и одновременно один из наиболее точных методов контроля состояния ионосферы и прогноза условий распространения радиоволн через ионосферу. В настоящее время он является основным методом всех национальных служб контроля за состоянием ионосферы и, безусловно, останется таким и в дальнейшем. В XXI век человек придет во всеоружии наземных и спутниковых станций зондирования ионосферы. В основе метода лежит принцип резонанса. Если рабочая частота волны равна частоте колебаний плазмы — а плазма в отличие от нейтральной среды всегда находится в колебательном режиме, — происходит отражение волны. Значит, если волна проходит сквозь плазму, то ее плазменная частота или концентрация меньше частоты волны, если нет — больше. Отсюда каждый легко представит и метод измерения концентрации с помощью радиоволны...

Теперь, зная метод и устройство солнечно-земного взаимодействия, вернемся к нашему походу.

НА 87° СЕВЕРНОЙ ШИРОТЫ

Сегодня 19 мая. Мы уже сутки стоим рядом со станцией СП-27, крепко пришвартованную к льдине ледовыми якорями.

Наши координаты сегодня: северная широта 86° 29,1' и западная долгота 8° 13,8'. Дрейф льдины и корабля за сутки составил 2 мили на запад. До Северного полюса всего 212 миль. По чистой воде это не более 11 часов ходу. А по льдам, вроде тех, через которые мы прошли? Сколько? Неделя? Больше? Вот она проблема, над которой все ломают голову. И на корабле, и в Москве, и в Мурманске. Пойдет ли ледокол на полюс?

Мы и наша аппаратура уже сутки живем в мире тишины и отсутствия вибрации. И сразу неожиданности. Наша техника, непрерывно ремонтируемая и подправляемая и последние три дня перед остановкой работающая без единого сбоя, на первом же сеансе в тишине и без вибрации вышла из строя, к счастью, неполностью. Сломался наш магнитограф² и один из приемников, которые принимают сигналы спутника. Сеанс мы успешно провели на втором приемнике, но запись имеем только на бумаге, без дублирования на магнитной ленте. И сразу после окончания сеанса Сережа и Андрей, заняв все свободное пространство, занялись ремонтом радиоаппаратуры, а Толя полез на крышу к нашей антенне, от которой в последние сутки вибрация атомохода отломала стопорную планку крепления одной спирали. Рафиса, у которого вся вычислительная техника оказалась в порядке, и меня, успевшего обработать последний сеанс, отправили на встречу с полярниками.

Состоялась теплая и приятная встреча. К нашему приходу на СП-27 был испечен традиционный каравай хлеба, все свободные от вахты и очередных наблюдений сошли с ледокола на лед и осмотрели городок полярников. Состоялся традиционный митинг и массовые фотографирования. Большинство предпочитало фотографироваться на фоне кают-компании СП-27.

В памяти от стоянки у СП-27 осталась группа небольших домиков, или балков, «столбовая дорога» — между радиорубкой и дизельной, красный флаг на высокой мачте и красная палатка гидро-

² Магнитограф — высококачественный магнитофон, на котором запись и воспроизведение сигнала могут одновременно вестись на 7 дорожках.

логов, нити антенн, связывавших отважных зимовщиков со всем миром, разбросанные по территории бочки, ящики, тракторные сани с лодкой и снегоход. Все имущество станции довольно быстро было погружено на ледокол. Ненужное или устаревшее было просто оставлено на льдине. Мы с интересом бродили по лагерю, пытаясь представить себе будни полярников. На меня особое впечатление произвела одна деталь. Перед входом в один из домиков, видимо, пургой насыпало огромную гору снега, вершина которого находилась на уровне крыши. Так вот, проход в этом твердом, слежавшемся снегу был не выкопан, он был протоптан. Зримо чувствовалось, как из месяца в месяц здесь ходили и жили люди. Все казалось удивительно обжитым. Дух человеческого жилья чувствовался повсюду. Полвека назад корреспондент газеты «Известия» Виленский, который ознакомился с бытом на станции СП-1, очень метко по этому поводу заметил, что хозяйство папанинцев «...напоминает крестьянский двор, где каждый клочок занят под постройки и приборы». Это сходство с крестьянским двором усиливали три пушистые собаки, верные четвероногие друзья полярников: Вега, Торос и Малыш. Последний, небольшой, упитанный и мохнатый щенок стал любимцем всей экспедиции.

Сложное впечатление на меня произвели домики полярников. С одной стороны, чувствовалось, что это теплое жилье — стены были двойные, двери многих домиков аккуратно обиты войлоком и утеплены, между полом и льдом — воздушная прослойка, с другой стороны, когда я входил в домик, я ощущал, что он слегка наклоняется под моей тяжестью, а пол прогибается. После монолитной твердости ледокола и льдины это ощущение не было приятным. Но это и есть плата за смелость проживания на льдине — постоянная готовность любого домика к перемещению по ледовому полю, так как, по образному выражению начальника СП-27 Юрия Павловича Тихонова, трещины и тревоги по поводу их возникновения являются нормой полярного океана.

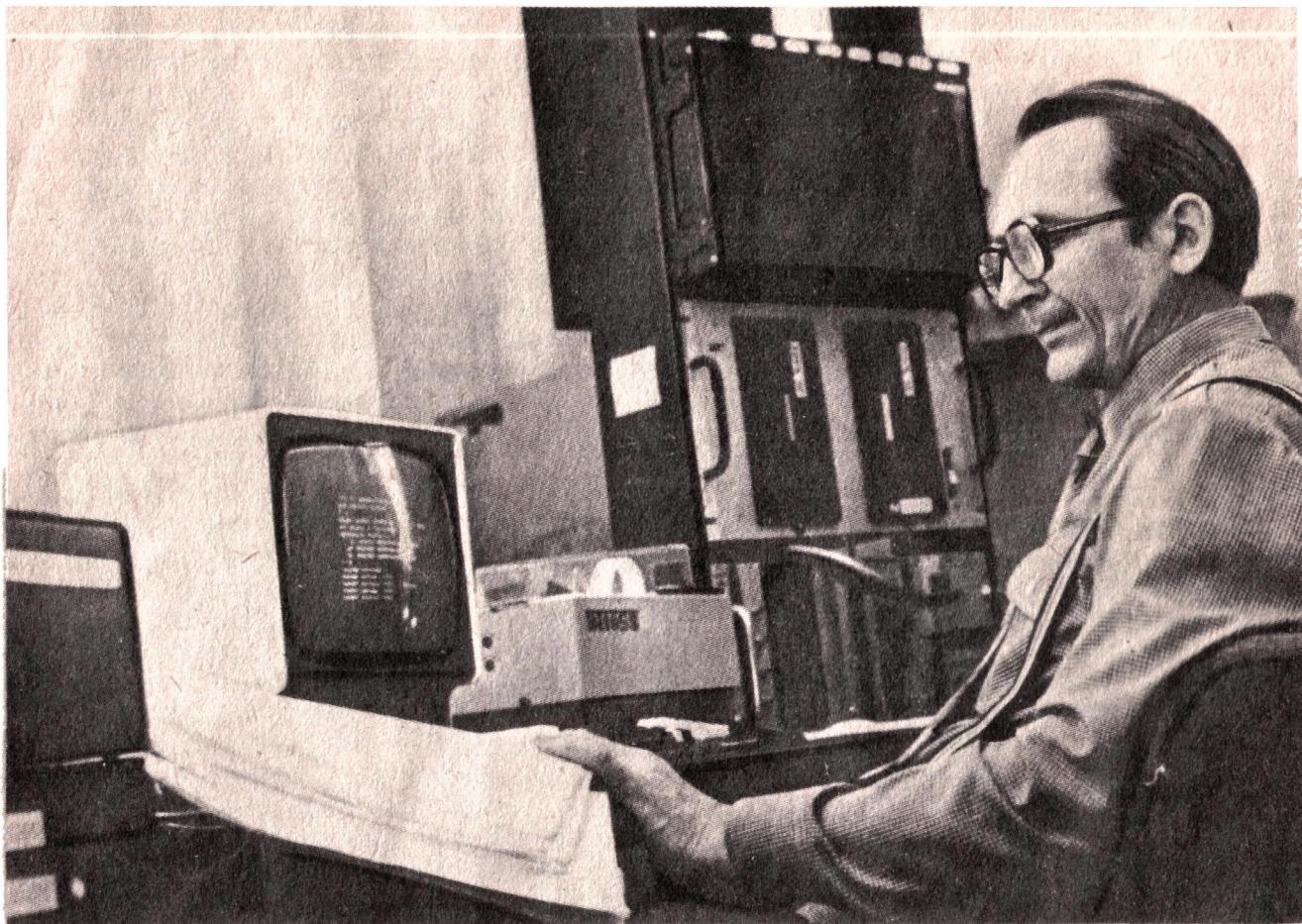
Вот несколько строк из вахтенного журнала СП-27: «Температура — минус 39 градусов. В 21-00 трещина разломала льдину с юго-запада на северо-вост

ток. В районе дизельной станции трещина раздвоилась, прошла в трех метрах от балки. Отрезало взлетно-посадочную полосу, аварийную дизельную, склад дизтоплива и газа, ледник». Трещина при этом прошла под ножом бульдозера, и для того чтобы отвести бульдозер от края льдины, трактористу Жене Сергееву потребовалась изрядная смелость.

Сегодня первый из трех дней, когда мы проводим сверхдлинные серии сеансов наблюдений спутника. Наш ИСЗ находится на практически круговой орбите на высоте около 1000 км. Начальный период обращения вокруг Земли у него составляет 104 минуты. Проще всего представлять себе механизму движения спутника следующим образом³. После вывода на орбиту космического аппарата его траектория представляет собой в пространстве некоторую плоскую кривую (т. е. лежащую в одной плоскости), в нашем случае окружность, внутри которой вращается Земля. Так вот, если спутник пересек экватор в момент времени t_0 на долготе λ_0 , а период вращения спутника вокруг Земли равен 104 минутам, то следующий раз он пересечет экватор через 104 минуты. Долгота соответственно будет равна $\lambda_0 + 26^\circ$.

Это означает, что наш спутник на своем каждом витке сдвигается на экваторе на 26° на запад. Он запущен под углом 82° к экватору, т. е. он долетает до северной или южной широты 82° , после чего движется в противоположном направлении. Легко видеть, что в сутки он совершает около 13 оборотов вокруг Земли и на каждом обороте он залетает в область широт более 80° . Также легко вычислить, что при наблюдении из одной точки наш спутник «виден», когда он пролетает над территорией радиусом около 3000 км, при условии, что он становится «виден» практически сразу же, как появляется над горизонтом. Последнее означает, что если

³ Далее будет приведен расчет чисто качественный, или, как иногда говорят, оценочный, в нашем случае — иллюстративный. Реальные расчеты много сложней, так как они учитывают множество «мелких» деталей: несферичность Земли, высоту расположения точки наблюдения, тот факт, что сама орбита спутника находится под непрерывным воздействием атмосферы Земли, которое меняется и т. д. И все уточнения необходимо учитывать.



На геофизическом полигоне

наша антенна обеспечивает качественный прием сигналов уже, когда ИСЗ находится для нас на горизонте, то, начертив вокруг наземной станции «круг» радиусом 3000 км, мы видим зону, в которой можем контролировать состояние ионосферы вдоль траектории пролета спутника. Таким образом, один сеанс наблюдений спутника дает нам контролируемую полосу в ионосфере длиной около 6000 км. Одна ионограмма у нас снимается за 6 секунд, следующие 2 секунды бортовой ионозонд отдыхает, потом снимается новая ионограмма. Следовательно, полный обзор по всем плазменным частотам получается через каждые 8 с или приблизительно через 50 км.

Теперь, когда вы имеете представление о механике полета нашего ИСЗ, можно рассказать о том, как мы управляем нашим спутником. «Космос-1809» относится к числу тех современных космических аппарата

паратов, которые созданы с учетом экологической науки. Давно ушли в прошлое те ИСЗ, которые, едва выйдя на устойчивую орбиту, начинали излучать какой-нибудь простейший сигнал, например, типа «бип-бип», радостно оповещая всех о своем появлении, и излучали его до конца своего активного существования. Под периодом активного существования обычно понимают время работы ИСЗ, т. е. то время, когда он производит необходимые измерения и сообщает об этом на Землю. После этого он может существовать на орбите еще десятилетия, но это уже будет металлом, которого, кстати, в настоящее время находится довольно много в околосземном пространстве.

Современный автоматизированный космический аппарат должен работать и передавать на Землю информацию только в те периоды, когда это необходимо, а в остальное время ничего не излучать. Таков и наш космический ионозонд «Космос-1809». Он должен включаться и пе-

редавать информацию, когда входит в зону видимости той или иной ионосферной станции, и выключаться по выходе из этой зоны. Но все это необходимо рассчитать и рассчитать точно, с учетом того, что плотность атмосферы, тормозящей спутник, непрерывно и иногда довольно сильно меняется. Этим занимается у нас в лаборатории специально созданная для данного эксперимента группа управления. Эта группа рассчитывает все необходимые элементы полета ИСЗ и передает на пункты наблюдения, расположенные от Калининграда до Петропавловска-на-Камчатке и оснащенные аппаратурой приема космических ионограмм, необходимые сведения для приема сигналов с его борта. Одни станции, еще не овладевшие полностью всей техникой вычислений или не имеющие необходимых вычислительных машин, нуждаются в том, чтобы для них были произведены все расчеты, а им переданы по телеграфу время и угловые параметры — азимут и угол места ИСЗ — для введения антенны. Другие, хорошо оснащенные, производят все вычисления самостоятельно. Наша группа на ледоколе относится к числу особо хорошо оснащенных, поэтому мы вычисляем все сами, кроме времени включения и выключения ионозонда применительно к нашей зоне видимости. Это время работы ионозонда и необходимо рассчитывать с учетом работы других ионосферных станций, поэтому оно вычисляется в Москве в группе управления. Руководит этой группой кандидат физико-математических наук Виктор Иванович Погорелов, который превосходно справляется со всеми тонкостями этой непростой работы. Ледокол сильно затруднил его работу по назначению для нас режима излучения, так как было очень трудно прогнозировать, в какую точку Северного Ледовитого океана и когда именно атомоход придет. Все это зависит от ледовой обстановки — иногда ледокол идет даже во льдах, делая 10—12 узлов, а иногда едва ползет. Так вот, хотите верьте, хотите нет: Виктор Иванович так научился рассчитывать для нас зоны, что всегда «угадывал», куда мы придем и сколько будем стоять.

Однажды был у нас такой случай: в середине дня 19 мая ледокол должен был уходить от места стоянки, и об этом все знали. Мы немножко взгрустнули, так как



Анализируем информацию

при быстром ходе мы могли уйти из запланированной для нас зоны сброса информации. И в этот момент Рафис говорит, что ледокол никуда сейчас не пойдет, он будет стоять еще минимум половину дня. На наш вопрос, почему он так думает, он уверенно сказал: «Не мог же Виктор Иванович так сильно ошибиться!» И что же вы думаете? По кораблю объявили отбой, и ледокол действительно простоял еще более двенадцати часов.

На время стоянки около СП-27, как и было запланировано, пришли наши сверхдлинные суточные серии наблюдений ИСЗ. Так, 18-го мая, когда мы подошли к СП-27, мы провели 9 сеансов наблюдений, 19-го мая — 11 сеансов, 20 мая — 12 сеансов, 21 мая — снова 11 сеансов, а далее количество сеансов мы уменьшили. Так были получены первые в мировой практике почти непрерывные

прецезионные измерения ионограмм в околополюсном районе. Надо сказать, что в эти дни мы почти не покидали нашу лабораторию, кроме пары часов, проведенных у полярников СП-27, и несколько «отстали» от жизни на ледоколе. Я находился настолько в напряженном режиме моей лаборантской деятельности, что даже пропустил несколько заседаний штаба экспедиции, членом которого я состоял. А между тем в это время обсуждались очень непростые вопросы нашей общей научной судьбы. Решался вопрос — уходить ли нам от Северного полюса далее по маршруту экспедиции для захода в Диксон, где сойдут с ледокола зимовщики СП-27 и будут приняты на борт зимовщики СП-29 и часть оборудования, или, используя близость и превосходное состояние ледокола, «зайти на полюс». Для нас этот вопрос тоже имел определенное значение, так как зона наблюдений на полюсе была бы идеально центрирована относительно географических широт, а также потому, что смещение «американской части» зоны обзора к югу увеличивало количество ценной географической информации в таком таинственном районе, как магнитный полюс Земли. Кроме того, каждая наша научная вахта в околополюсном районе приносила в нашу копилку знаний новые и бесценные сведения, и очень хотелось пробыть в районе полюса подольше.

Однако в этом вопросе желание науки расходилось с потребностями практики. Ледокол был арендован на строго определенный срок, и его следовало вернуть на трассы судоходства Северного морского пути вовремя.

РЕКИ В ОКЕАНЕ ЛЬДА — ПУТЬ К ПОЛЮСУ

Реки в океане — понятие красивое, слегка таинственное и... хорошо известное. Например, Гольфстрим — теплая река, согревающая Западную Европу. Реки в океане льда — понятие, мне ранее не встречавшееся.

Сегодня 22 мая. Рейсовая информация: мы уже вторые сутки идем во льдах вдоль 87° , решая одновременно вопрос, куда повернуть — налево к полюсу или направо к Диксону. В 10 часов 30 минут мы находимся в точке с координатами: широта

$87^{\circ} 11'$, долгота $20^{\circ} 48'$. Кстати, любопытная деталь — если градусы и даже минуты широты даются нам по-прежнему с трудом, то градусы долготы для нас теперь очень легки. Сегодня ночью с 2 до 4 часов мы прошли целых 5° . Надеюсь, моим читателям, школьникам не нужно объяснять, почему это так.

Сегодня пасмурный день. Видимость очень ограничена. Такое впечатление, что горизонт тонет в ватной дымке. Идет мелкий снег. После эвакуации СП-27 у нас на верхней палубе появились птички. Это полярные воробьи, или пунички. Они очень похожи на воробьев, но белые и совсем не боятся людей и ледокола. На палубе они сидят, нахожившись и спрятав голову под крыло. Я подошел и спокойно взял одну из них. Показал товарищам, попытался покормить и отпустил. Момент ее отлета мы сняли для нашего кинофильма.

В околополюсном районе не только наша ионосферная группа не знает покоя. Все ученые работают очень напряженно. Проводятся интенсивные гравиметрические измерения, изучаются дно океана и толща его вод, проводятся геологические исследования открытого на дне океана хребта Ломоносова и хребта Гаккеля. Исследуются лед и снег, атмосфера, начиная с нижних слоев, облачные образования, озонные слои, стратосфера и электрический венец ее — ионосфера. Такие комплексные исследования от дна океана до высот ионосферы на базе мощной современной техники, размещенной не на плавучей льдине, а, можно сказать, в институте, где нет ограничений ни по весу приборов, ни по потреблению энергии, проводятся впервые, и ценность их для науки, для будущего неизмерима. С другой стороны, ледокол ждет на трассе Северного морского пути. Мы все это понимаем и поэтому торопимся, откладываем на потом не только сон и отдых, но даже и ремонт мелких поломок.

Поэтому так озабочен в последние дни руководитель нашей экспедиции А. Н. Чилингаров, которого, с одной стороны, понимают ученые, объясняющие — кто робко, а кто и с напором, — почему обязательно надо идти к полюсу, что 87° — это хорошо, но Северный полюс для науки намного лучше, а с другой стороны, радиосвязь с Москвой и Мурманском тоже функ-

ционирует исправно. А сколько дней нужно еще, чтобы достичь Северного полюса? Этого не знает никто. Все зависит от состояния льдов в приполюсном районе. Ледокол осторожно выбирается из тяжелых паковых льдов в зону дивергенции льдов. На практике это означает, что лед стал значительно тоньше, на нашем пути стали встречаться полыни чистой воды — отдельные большие озера и реки среди пустыни льда. Некоторые из этих водных пространств закрыты ледяной коркой льда — ниласом.

Ледовые разведчики обратились к нам с просьбой снять нашей установкой ледовую карту, передаваемую со спутника. Дело в том, что мощность передатчика метеорологического спутника позволяет снимать карты льдов на простой неподвижной антенне, безразличной к вибрациям. Так и делается, результаты вполне удовлетворительны. Но сегодня все ищут лазейку во льдах, нужна река в океане льда, ведущая на полюс, и здесь любое улучшение качества информации может оказаться счастливым билетом на полюс для всего атомохода. Мы быстро провели необходимые наблюдения на нашей полноповоротной антenne с особочувствительным приемным трактом, результаты записали на магнитную ленту. Потом ее вставят в другую аппаратуру и напечатают снимки льдов с космической высоты. На этих снимках не зафиксированы мелкие трещины, но крупные видны хорошо.

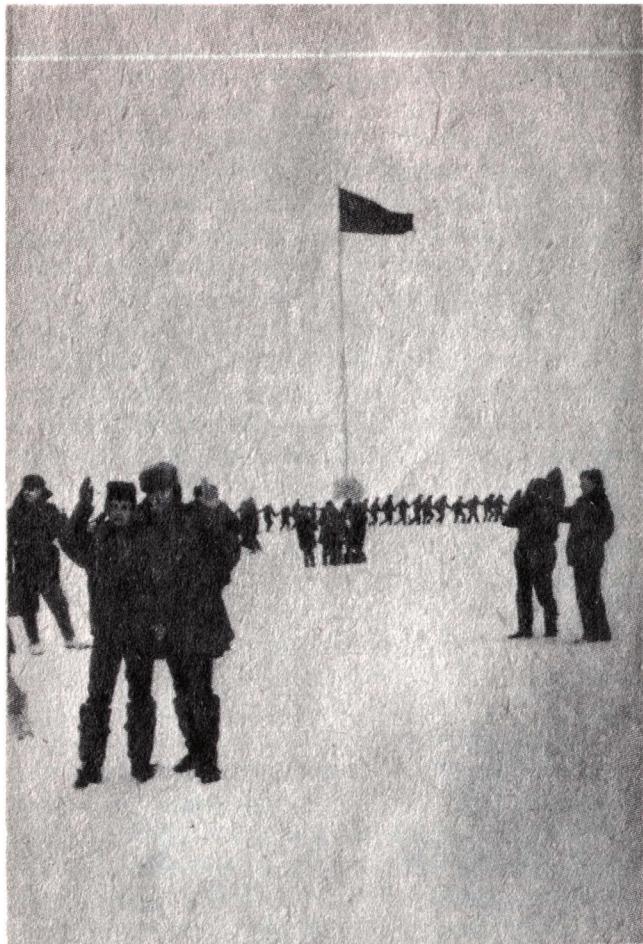
22 мая в честь 50-летия высадки папанинцев на льдине вертолетный отряд с нашего ледокола водрузил Красное знамя нашей Родины на вершине планеты, а также опустил на дно океана капсулу с письмом для наших потомков. На льду также оставлена памятная медаль, отчеканенная в память первой научной станции «Северный полюс». В клубе ледокола состоялось торжественное собрание, посвященное этому славному юбилею, на котором выступили члены экспедиции и экипажа, лично знавшие и работавшие с папанинцами. Особенно мне запомнилось выступление Л. А. Савостина — прекрасного рассказчика и лектора — о его встречах с Папаниным и о его впечатлениях о работе П. П. Ширшова. Последнее было особенно интересно, так как он работает в Институте океанологии, носящем имя Петра Петровича, и в сегодняш-

ней действительности института многое осталось от этого славного подвижника науки, так рано ушедшего из жизни. Я также выступил с рассказом о Евгении Константиновиче Федорове, создателе и первом директоре нашего института. В течение всего вечера мы ощущали атмосферу теплоты, нравственной чистоты и самоотверженного труда, которая окружала этих легендарных людей.

Но вот пришла радостная весть — на спутниковых снимках найдена широкая река в океане льда, ведущая на полюс. Открытие принадлежит старшему научному сотруднику ААНИИ Андрею Проворкину. Мы все-таки нашли быстрый путь на вершину планеты, который можно пройти в имеющемся у нас резерве времени. Путь на полюс был открыт, да еще какой путь!

Когда мы, пробившись через тонкие непростые льды, наконец вышли на эту реку и пошли по ней полным ходом, у многих в душе возникла уже совсем другая мысль — а что, если на полюсе нас встретит большое озеро чистой воды. Ведь точность выхода ледокола в эту точку, где сходятся все меридианы Земли, должна быть несколько десятков метров. Ледокол «Арктика» десять лет тому назад — первое судно в надводном плавании, достигшее полюса, — вышел в точку схождения меридианов с точностью 165 м. Поэтому ответственному напряжению, которое все возрастало на мостице при подходе к полюсу, я подумал, что наш корабль выйдет точнее.

А за бортом творится что-то невероятное. Мы уже привыкли за последние недели, что каждая миля намдается с огромным, иногда многочасовым боем. А сейчас ледокол прямо как на параде по чистой воде или иногда по ниласу с большой скоростью шел на север. Складывалось полное впечатление, что мы идем по реке. Только берега у этой реки состоят из чистого льда, да и посередине реки нет-нет да и встретятся большие льдины, которые ледокол на этой скорости разрубает не замедляя хода. Однако «зевать» тоже нельзя — в момент удара вполне можно свалиться с ног или удариться о какой-либо предмет. Приходится все время помнить о сохранении устойчивого положения, так как удар о льдину может быть в любой момент. За каждые сутки мы сейчас про-



Есть Полюс!

ходим более 100 миль. Итак, 23 мая в 21 час пересекаем широту $86^{\circ} 55'$, 24 мая в 00 часов 45 минут — $87^{\circ} 24'$, в 16 часов — $88^{\circ} 30'$, в 23 часа — $88^{\circ} 50'$, 25 мая в 1 час — $89^{\circ} 11'$.

На ледоколе идет тщательно продуманная подготовка к выходу на полюс. Чем мы выше поднимаемся, тем менее точно работают все радионавигационные приборы, а когда остались считанные минуты широты, радионавигация стала бесполезной, только особо чувствительные гирокомпасы еще «чувствовали», что мы не на полюсе.

Итак, сегодня 25 мая, мы должны выйти на полюс. В 11 часов утра рейсовая информация, передаваемая по радио первым помощником капитана Слухиным, известила нас о том, что до полюса всего 17 миль. Оглашена четкая программа выхода на лед. В первый час не выходит никто. Далее ученые выходят в строгой по-

следовательности, так чтобы ничьи измерения не были испорчены ранее вышедшими. Мы выйдем на лед только вместе с экипажем, так как для наших измерений вообще не нужно выходить на лед. Вся стоянка ограничивается пятью часами. В плане стоянки — поднятие флага нашей Родины над Северным полюсом, митинг, поход всех «вокруг земного шара», взявшись за руки и наступая на начала всех меридианов Земли, филателистический праздник и... футбольный матч между экипажем и экспедицией. Погода благоприятная: температура — 12° , облачность, видимость хорошая, временами солнце, легкий ветерок. Следует торопиться: синoptическая и ледовая ситуации очень сложные. Один час задержки может стоить дней, если закроются проходы во льдах.

Пребывание на полюсе прошло приблизительно по плану. В памяти осталась праздничная суeta фотографирующихся друг с другом людей, обилие самодельных плакатов типа «Отсюда все дороги ведут на юг» или «до Чертаново 3838 км» и т. п., а также один эпизод, связанный с нашей работой. Дело в том, что по мере приближения к точке полюса мы стали получать с капитанского мостика все менее точные значения ориентации продольной оси корабля, причем промежуток времени, необходимый для их получения, также стал увеличиваться. Наконец 25 мая ситуация стала нетерпимой настолько, что мы просто не знали перед каждым сеансом, откуда должен лететь спутник. Сделали так: в ожидаемом, достаточно широком диапазоне азимутальных углов восхода спутника мы сканировали антенной, пока не находили излучение телеметрического передатчика спутника, затем по времени засечки первого сигнала определяли истинную точку выхода, а по ней и всю кривую. Ясно, что при этом ведущему антенну приходилось в уме держать больше цифр и большим их числом оперировать. Однако справились, все сеансы на подходе приняли успешно. Более того, когда корабль первый раз остановился, сообщенная нам на капитанском мостике величина направления продольной оси корабля резко разошлась с нашими измерениями, о чем я сразу сообщил на мостик. Не знаю, по этой ли причине или по какой-либо другой, но ледокол снова пришел в движение и еще часа полтора «искал» точ-



ку полюса. Но и нашел ее с прецезионной точностью ± 56 м. Причем на этот раз направление продольной оси в точности совпало с нашими измерениями. После остановки все измерения у нас сразу упростились, и в течение почти семичасовой стоянки на полюсе мы провели четыре сеанса измерений. Всю эту работу на стоянке отлично выполнил Андрей Небузданов. Итак, наиболее северные наблюдения ионосферного спутника были проведены в точке с координатами — $89^{\circ} 59,985'$ северной широты и $136^{\circ} 8,233'$ восточной долготы. Незримая земная ось проходит через ледокол.

ИЮНЬ И СНЕЖНАЯ БУРЯ — ЭТО ДИКСОН

Сегодня 1 июня, первый день лета. Мы пересекаем широту 80° . Ветер 3—7 м в секунду. Температура — минус 7° . Идет

Фотография на память

легкий снег, и мы выходим на чистую воду. Берем курс на Диксон. В бассейне теперь плещется вода Карского моря. В бинокль с мостика хорошо видна Земля. Это голые неприветливые скалы, покрытые снегом и льдом. Сопки, каменистые ущелья, в море редко плавающие острова льда. Само море черное, вода очень прозрачная. Скорость ледокола 17 узлов. Спокойная мелкая зябь.

В клубе появилась новая рубрика — лекции «по странам и континентам». Первую лекцию о поездках в Афганистан и Никарагуа прочитал А. Н. Чилингаров. Лекция была интересной, вызвала много вопросов. Просят выступить и меня. Не слишком ли много я читаю лекций? Это будет уже четвертая. По предложению Комитета мира собрали подписи под петицией о защите мира.

Сегодня 3 июня. Пришли на Диксон. Очень холодно из-за сильного ветра, скорость которого достигает 20 м в секунду. Пурга. Трудно ходить на верхней палубе, трудно дышать. Температура —6°. Подойти к берегу сразу не можем. Я чувствую себя уже бывалым моряком ледокольного флота и с пониманием слушаю капитана, который на очередной оперативке сказал: «Будем врубаться для стоянки и погрузки с левого борта». Вновь повышенное внимание и деловая суета на капитанском мостике. Надо так подойти к ледяному массиву берегового припая льда, чтобы его не повредить с левого борта, так как это будет причал, с которого и на который будут погружать и сгружать технику и людей. Как и всегда, капитану это прекрасно удается. Здесь ли Тольский и Киселев — наше пополнение, которое мы с таким нетерпением ждали? От берега к кораблю прошел человек, постоял и ушел. Где кромка берега, не видно, она подо льдом.

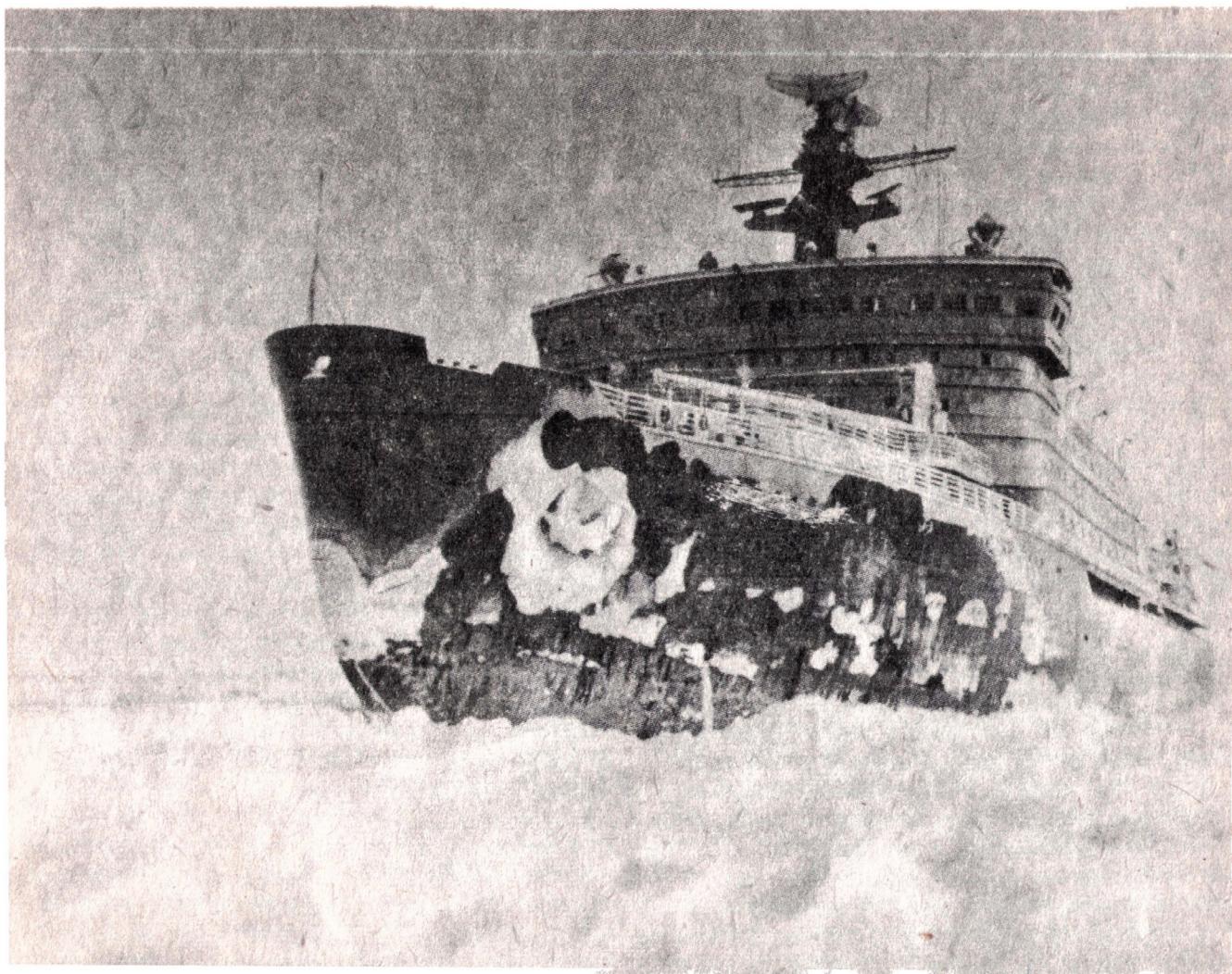
Состоялась пресс-конференция для отъезжающих журналистов. Выступали руководители научных отрядов с кратким отчетом о проделанной работе. Было приятно слышать в докладе капитана, что основную роль в успешном выходе на полюс сыграла космическая техника. «Ни каким вертолетом, — сказал капитан, — той теперь знаменитой трещины во льдах, по которой мы вышли на полюс, найти бы не удалось». Как всегда, интересным было выступление Леонида Савостина, с которым мы замыкаем границы изучаемого на ледоколе геофизического пространства, — он изучает дно океана, я — верхнюю часть атмосферы. Мое выступление вызвало оживление у журналистов в том месте, где я показал 9-миллиметровый болт, порванный под воздействием вибрации, когда мы уходили от полюса. Около 17 часов в нашем коллективе большая радость — на корабле появились Константин Тольский и Геннадий Киселев. Вопросам, возгласам и рассказам не было конца, и в нашей лаборатории сразу стало тесно. 7 человек — это, по американским стандартам, оптимальный научный коллектив.

Ребята сразу же включились в работу, не ожидая расселения по каютам и побросав личные вещи здесь же в лаборатории, за что немедленно и получили выговор от хозяйственного Анатолия. Наши ра-

дисты — Сергей и Андрей — получили очень сильное пополнение в лице Геннадия Киселева. Я был очень доволен, когда стало известно, что Игорь Иванов, руководитель работ по трансионосферному зондированию в Ростовском-на-Дону университете, удовлетворил мою просьбу и именно Геннадия командировал к нам. В 1979 году еще во время самых первых экспериментов по трансионосферному зондированию, когда мы втроем — И. Иванов, Г. Киселев и я — также в тяжелом почти полуторамесячном аврале получили первые в мировой практике трансионограммы, светлая голова и золотые руки Геннадия сыграли, пожалуй, решающую роль. Костя Тольский — один из самых молодых исследователей и общий любимец. По образованию он математик, закончил кафедру математики физического факультета Московского университета. Он собирается поступать в аспирантуру, и настоящая поездка для него определенная проверка на способность к эксперименту. Костя очень талантливый математик, великолепный программист, но мне очень хочется, чтобы он также почувствовал интерес к «Его Величеству Эксперименту». Если удастся сочетать эти столь разнородные качества в одном человеке, то получится хороший исследователь. А пока он будет помогать всем, и в первую очередь мне. С 6 мая до 3 июня почти все 167 проведенных сеансов, а это свыше 15 тыс. ионограмм, прошли через мой руки лаборанта. Иногда, несмотря на мой запрет, кто-либо из свободных от научной вахты ребят, когда меня не было в лаборатории, выполнял часть моей работы вопреки моим указаниям.

За это время я хорошо представил себе все особенности полученных полярных ионограмм и нашел некоторое число новых, неизвестных мне деталей. Но только углубленное изучение в Москве, в стационарных условиях покажет истинную степень этой новизны. Теперь Костя будет выполнять мою обязанность лаборанта.

После ухода из Диксона мы пошли в сторону пролива Вилькицкого, отделяющего острова Северной Земли от материка. Я никогда не забуду диковинную красоту одной ночи этого перехода. Мы шли почти по чистой воде. Лишь редкие острова льда плавали среди черной пустыни воды. Ледокол не выбирал себе дороги, он шел на-



прямик со скоростью около 18 узлов. Солнце грозным красным светом, низко склонившись над горизонтом, освещало мрачную и черную бездну океана, по которой слишком быстро перемещался одинокий корабль. Весь небосвод, кроме того места, откуда светило Солнце, был закрыт черными облаками, несущимися навстречу ледоколу. Все спали, и от этого ледокол казался вымершим. Не было ни одного человека. Обычное ощущение, что наш атомоход — это корабль, ведомый и населенный всюду суетящимися людьми, меня покинуло. Казалось, что это одинокий огромный зверь рвется сквозь таинственный свет и мрак к одному ему известной цели. Дул сильный ветер в лоб кораблю. Этот ветер, складываясь со скоростью ледокола, буквально сдувал все с верхних палуб. А у нас шел очередной сеанс связи

со спутником. Из-за ветра было трудно дышать. Нос, лоб и щеки мгновенно замерзали. Ветер забирался внутрь теплой одежды сквозь малейшие щели и выдувал тепло. Антенна, отвязанная перед началом сеанса, бессильно, как флюгер, повернулась по ветру и в этом положении застыла. Ее слабые электрические моторы были бессильны перед напором урагана. Нечего было и думать, чтобы под таким ветром влезть на неогражденную крышу нашего домика. Была сложная обстановка, однако наша предусмотрительность и желание сделать дело во что бы то ни стало помогли нам одолеть грозную стихию. Уже не один, а два человека (Толя и Костя), взявшись за предварительно подготовленные, а теперь отвязанные концы нашей антенны вместе с включенными электромоторами сверхсторожно, однако с замет-

ным физическим напряжением сумели поворачивать антенну по командам оператора таким образом, чтобы не терять спутник. Мы успешно приняли весь сеанс. Не знаю, как ребята, а я вымер за эти 30 минут буквально до костей, и как только стало ясно, что все в порядке, вся информация легла на положенное ей место в нашем банке данных, я немедленно отправился в парилку, где прогревался до тех пор, пока даже слабое воспоминание о холоде не покинуло мое тело и не захотелось вновь уже разгоряченным войти в морозную и солнечную ночь, что я и сделал. Так был принят успешно очередной 176-й сеанс нашей полярной одиссеи на 2344 витке ИСЗ «Космос-1809». Он закончился в 1 час 29 минут по московскому времени, это где-то около 4 часов 30 минут местного времени 6 июня 1987 года.

ВЫСАДКА СП-29 В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ

5-го июня в 5 часов 45 минут утра прошли мыс Челюскина. Ветер 6—11 м в секунду. За сутки 372 мили. В 11 часов 30 минут находились в точке с координатами: долгота $106^{\circ}15'$, широта $77^{\circ}36'$. Лукин улетел искать свою льдину, которую перед тем маркировали радиомаяком.

Пройдя пролив Вилькицкого и войдя в море Лаптевых, ледокол повернул на север и пошел в тот район, где было намечено найти льдину и основать новую исследовательскую станцию — «Северный полюс-29». Более часто станции организуют во льдах Восточно-Сибирского моря, и эти станции дрейфуют к полюсу. Обычно такой дрейф происходит приблизительно в течение трех лет и на льдине сменяется несколько вахт зимовщиков. Каждая вахта проводит на льдине около года. Иногда удается найти уникальную льдину, целый ледяной остров или горизонтальный айсберг толщиной до 30 м. Это считается большой удачей и бывает не часто, обычная толщина льдины где-то около 3—4 м. Считается, что более толстая льдина безопаснее, так как трещины на ней образуются реже. Однако Арктика полна сюрпризов, и, например, молодежная станция СП-19, организованная на такой «безопасной льдине», вместо того чтобы пойти на север в сторону больших глубин, пошла на запад к островам Де-Лонга, где и села на

мель в районе с глубинами менее 30 м. Толстая льдина ведь снизу «сидит» в море тоже значительно глубже, чем обычная. Представьте себе картину — глубокая полярная ночь, освещаемая только редкими вспышками полярных сияний. Тишина, нарушающаяся только одиноким стуком дизеля, дающего свет и тепло полярникам, и вдруг катастрофа. Огромный 30-метровой толщины остров садится на мель. На что это может быть похоже? На землетрясение — нет. На кораблекрушение — тоже нет. Глубокие трещины делят остров на несколько частей. «Огромные куски льда, по которому недавно ходили с чувством твердой и непоколебимой почвы под ногами, — пишет участник этих драматических событий, — неожиданно осели и отошли. У ног разверзлось море». Один из крупных обломков, на котором находился домик радиостанции, перевернулся.

Мы готовились к последней запланированной стоянке ледокола, предназначеннной для организации новой дрейфующей станции «Северный полюс-29». И, предвидя скорое расставание, мы с все возрастающим чувством уважения относились к людям, которых оставим на льдине. За моим столиком в кают-компании сидел начальник СП-29 Валерий Лукин, и мы поэтому были в курсе основных событий, которыми жили полярники. С самого начала рейса его больше всего беспокоило время организации станции на льдине. Надо было это успеть до того, как летнее солнце растопит верхнюю кромку льдов и на льдинах образуются лужи, в которых тракторам и людям будет значительно трудней организовать лагерь. Второй проблемой, которая сильно беспокоила Валерия, была, как ни странно, проблема холодильника. Дело в том, чтобы надолго сохранить запасы мяса, их следует хранить при температуре ниже той, которая достижима для людей на льдине летом. Поэтому холодильники полярникам нужны, но их... нет. Вместо холодильника зимовщики используют «ледник». Это погреб, вырубленный во льдине и защищенный от солнечных лучей. Вот этот погреб и должны были вырубать одни из тех, кто первыми высадятся на льдину. И Валерий был серьезно обеспокоен этой работой.

6 июня. Наши координаты: широта $77^{\circ}48'$, долгота $11^{\circ}56'$. За последние сутки прошли 96 миль. Осталось 140 миль.

Снаружи — снег, метель. Температура — 4°С. Ветер 8—12 м в секунду. Видимость будет ухудшаться. Впереди тяжелые льды — Таймырский ледяной массив, который, по слухам, сравним с памятным нам «канадским паком». Двигаемся по разломам.

У нас первая маленькая удача с экспериментом. Геннадий Киселев, который с момента вступления на борт ледокола все время находился в работе и, кажется, вообще еще не ложился спать, нашел причину отсутствия перестраиваемого сигнала. Как я и предполагал, приемник отстает от перестройки передатчика. Теперь хотя бы несколько часов без тряски, чтобы иметь возможность паять. Но нет! Трясет, и конца этому до прихода к льдине СП-19 не видно.

8 июня, день, когда у нас было мало сеансов, пошли первые трансионограммы. Произошло это достаточно буднично, шли мы к этому успеху не один день и в последние дни перед экспериментом уже в успехе практически не сомневались. Мы с огромным интересом рассматривали первые трансионограммы. Вернее, это были первые трансионограммы, полученные с ИСЗ «Космос-1809». Ранее с ИСЗ «Интеркосмос-19» мы уже получали в 1979 и 1980 годах такие трансионограммы. Однако сейчас мы существенно продвинулись вперед. Во-первых, в прошлый раз мы весь прием вели с помощью приемника, который являлся точной копией того, что летел на спутнике, или, как принято у нас говорить, мы использовали технологический макет бортовой аппаратуры. Теперь же мы вели прием на стандартный, выпускаемый промышленностью приемник, а всю сложную процедуру переключений у нас производила вычислительная машина, программу для которой написал Рафис. Во-вторых, мы научились одновременно вести прием и запись на одном бланке ионограммы внешнего зондирования и трансионограммы, а это означает, что теперь мы принимаем весь диапазон частот, излучаемых бортовым иенозондом.

Интерес, с которым мы рассматриваем бланки с одновременно нанесенными на них ионограммами и трансионограммами — мы их назвали комплексные ионограммы, — в первую очередь вызван тем обстоятельством, что мы сразу видим на одном бланке функцию горизонтальной

неоднородной ионосферы, а каждая последующая ионограмма приносит нам изменение, как бы наращивание этой неоднородности между ионосферой под спутником и ионосферой на луче между спутником и нами. Ясно, что так как каждая последующая ионограмма снимается через каждые 60 км, то можно проследить за горизонтальной неоднородностью ионосферы вдоль траектории спутника от горизонта до горизонта. Таким образом, снимая вертикальную структуру ионосферы на каждой ионограмме между спутником и Землей, а горизонтальную как последовательность вертикальных, мы получаем в свои руки всю пространственную структуру ионосферы при пролете спутника от горизонта до горизонта, т. е. на дальности где-то 5000 или 6000 км. Таких подробных и обширных сведений до нас еще никто не получал, а тот факт, что мы их получаем над бассейном Арктики, т. е. в самой неисследованной и сложной части ионосферы, делает нашу работу особенно увлекательной.

Рассматривая вместе с ребятами эти первые комплексные ионограммы, я подумал, какое впечатление они произведут на моих зарубежных коллег-оппонентов. В разработке и использовании метода трансионосферного зондирования мы их серьезно обогнали. Уже сейчас, после эксперимента, я пытаюсь понять причины нашей победы.

В 1969 году мне предложили поехать на стажировку в одну из западных стран. Я выбрал Великобританию и профессора Вилли Байона, бесспорно, ученого номер один в «мировом табеле о рангах» шестидесятых годов. Во время работы с ученым, я получил очень много. Но пожалуй, главное, что я тогда получил, это ощущение легкости, с которой Байон извлекал важнейшие результаты из довольно простых экспериментов, а также понимание того, что именно является важнейшим. Вернувшись в Советский Союз, я, при рассмотрении всех новых намечаемых экспериментов, старался обдумывать их с использованием того опыта, который я приобрел в Англии. Особенно много я размышлял над одним красивым экспериментом с вертикальными ракетами, который осуществил Байон на острове Уоллопс и который мы с ним несколько раз обсуждали. Оставалось ощущение очень

красивого эксперимента, но в чем-то не-завершенного. Видимо, Байон — как я теперь думаю — тоже это чувствовал, так как он несколько раз в разговорах со мной возвращался к этому эксперименту, возможно, пытаясь подтолкнуть меня к каким-то вещам, ему самому еще до конца неясным.

А в начале семидесятых годов я оказался причастным к обдумыванию экспериментов с первым советским космическим ионозондом, подготовку которого начали в Институте земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн Академии наук СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР Владимира Васильевича Мигулина. Я много месяцев работал над проблемой, как усовершенствовать метод радиозондирования так, чтобы получать информацию именно о внутренней, наиболее с практической точки зрения важной части ионосферы. У меня ничего не получалось, каждое новое начинание оказывалось неудачным, я почти разуверился в возможности что-либо сделать. И вдруг совершенно неожиданно — несмотря на то что я думал об этом дни и ночи — я увидел весь способ трансионосферного радиозондирования целиком, полностью законченным, в котором «ни добавить, ни отнять» ничего уже было нельзя. Я понял, что это именно то, что нужно. Моя уверенность была так сильна, что я получил на «Способ...» авторское свидетельство еще до его приборного воплощения на борту ИСЗ «Интеркосмос-19». Конечно, прошел не один год между идеей и практической реализацией. Почти сразу мне стал помогать коллега из Ростовского-на-Дону университета Игорь Иванов, с которым мы и разработали основную практическую схему, на которую тоже получили еще два авторских свидетельства. Все эти работы были опубликованы.

Наши публикации, видимо, остались неизвестными за рубежом, несмотря на то что наш журнал «Геомагнетизм и аэрономия» переводится в США и далее распространяется по всему миру. Следует сказать, что каждый ученый, который работает в какой-либо области, следит за публикациями и за рубежом, и в нашей стране. Создаются такие своеобразные всесоюзные микроколлективы исследователей, каждый из которых занимается

разработкой «своей» тематики. Как правило, мы знаем своих зарубежных коллег только по публикациям и иногда десятилетиями следим за публикациями коллег за рубежом, даже не помышляя о непосредственном контакте и возможности просто обсудить те или иные моменты работ. Но иногда такая возможность возникает. Это считается большой удачей и нередко приводит к существенным сдвигам в научной работе. Так мне повезло в 1984 году. Я попал в состав советской делегации ученых. Они собирались посетить 20-ю Генеральную Ассамблею Всемирного радиосоюза. Свыше тысячи ученых собралось тогда в Италии в великолепном флорентийском Дворце конгрессов. На эту Ассамблею приехали также мои старые знакомые незнакомцы, американские исследователи Пауль и Райт, за работами которых я следил не одно десятилетие, но лично с которыми знаком не был. На таких международных конференциях каждый зарегистрированный участник, заплативший вступительный взнос⁴, получает нагрудный знак, где указана его ученая степень, страна, откуда он прибыл, а также его фамилия. И вот сотни ученых, ориентируясь на эти нагрудные знаки, ищут друг друга для того, чтобы не по публикациям, а в личной беседе постараться совместно решить те вопросы, которые по отдельности им решить не удается. Иногда возникают и довольно забавные случаи. Так, во время одного из наиболее интересных для меня докладов я сидел в первом ряду и внимательно слушал докладчика. Весь первый ряд с моей стороны был полностью свободен. Стоял конец августа, было очень жарко и душно, а в комнате, где проходил наш семинар, кондиционер явно неправлялся. Сразу же после начала доклада как-то высокий, красивый, со слегка тронутыми сединой висками господин подошел и сел рядом со мной. Мне сразу стало очень неудобно. Дело в том, что я был в темном костюме, в черных туфлях и в галстуке и при той духоте, которая стояла в комнате, только усилием воли мог сосредото-

⁴ Вступительный взнос на таких конференциях довольно высокий, свыше 300 долларов. Эти деньги идут на аренду помещений для работы конференции и оплату печатных материалов, которые получает каждый участник.

читься на докладе. А этот господин был в рубашке без рукавов с открытым воротом, в шортах (!) и в легких сандалетах без носков. В последовавшей за докладом дискуссии приняли участие этот господин, я и докладчик. При этом возник вопрос, который был мною обсужден и опубликован еще на границе 80-х годов, и решение которого было, по-видимому, неизвестно моим оппонентам. Мне пришлось повторить мою аргументацию, ранее опубликованную, и надо было видеть, с какой быстротой мои оппоненты ее усвоили, как точно сформулировали свои дополнительные вопросы и с какой беспристрастностью к собственной первоначально противоположной точке зрения подвели итог нашей дискуссии. Для меня это было лишним свидетельством того, в общем-то, известного мне факта, что на подобных мероприятиях нам противостоят специалисты высочайшей квалификации, а к форме их одежды надо относиться по меньшей мере терпимо. Уже после заседания я рассмотрел нагрудную карточку господина в шортах и обрадовался, прочитав, что это доктор Райт, которого я пытался найти уже несколько дней. Практическим следствием нашей дискуссии и моих опубликованных ранее работ, обсуждение которых мы провели в кулуарах, явилось, как я думаю, включение меня в рабочую группу комиссии «Ионосфера и распространение радиоволн», где я оказался единственным представителем социалистических стран.

И вот теперь, спустя три года, я рассматривал комплексные ионограммы, которые по общей нашей тогдашней точке зрения должны были явиться большим шагом вперед на пути создания технических основ будущего мониторинга глобальной ионосферы Земли. Таких материалов мой зарубежные коллеги не имели ни в 1979 году, ни в 1987 году. Наш приоритет в этой новой области контроля состояния ионосферы был подтвержден. А то, что экспериментальные материалы были получены в работах в арктическом — наиболее загадочном — районе земной ионосферы, только увеличивало значимость наших результатов.

Так что к моменту начала работ по выгрузке оборудования для СП-29 наш ионосферный отряд подошел в великолепном настроении. Мы осуществили все на-

ши самые смелые планы и теперь собирали информацию не только из данных внешнего зондирования ионосферы, но и из комплексных ионограмм, где одновременно с внешним зондированием осуществлялся прием данных прямого транс-ионосферного зондирования. Наше настроение наилучшим образом отразилось в ударном добровольном труде по выгрузке оборудования для наших друзей-полярников. Каждый из нас отработал не один десяток часов на льдине, которую начал обживать коллектив станции СП-29.

Это была нелегкая работа. Было создано несколько бригад, так как нужно было извлечь из трюмов, перегрузить с палуб нашего ледокола на льдину, а там развезти тракторами в различные участки льдины около 360 т снаряжения. Кроме того, к моменту отхода ледокола надо было успеть поставить хотя бы часть домиков, так как необходимо было с самого начала создать хотя бы минимальные удобства для остающихся на льдине. Обычно станция считается открытой, если она начала передавать сводки погоды, поэтому до отхода необходимо было также поставить метеостанцию и радиостанцию. Вот все эти работы и проводились круглосуточно сменными бригадами ученых, моряков и полярников СП-29. Ночная смена при этом ничем не отличалась от дневной. Неяркое солнце в облаках, легкий морозец — повезло нам с погодой. Никаких луж нет, сани и волокуши отличаются скользят. Ветра и снега также нет.

С борта ледокола перекачивают в специальные резиновые резервуары, которые издалека похожи на огромные зеленые подушки, топливо для зимовщиков. Конечно, эти подушки намного удобнее, практичнее и эстетичнее, чем бочки. Было довольно интересно помочь разгружать имущество экспедиции. Чего здесь только нет! Вот хозяйственные материалы — инструмент, трубы, шланги, доски. Вот большое количество кинофильмов. Там продукты для питания, которые нужно особенно быстро складировать, чтобы картошка, лук и другие «нежные» товары не померзли. Зимовщики — народ основательный. В большом тазу привезли гранитные валуны для парной, а рядом висится негабаритный и, поверьте, очень тяжелый ящик с надписью «Бильярд».

Несколько групп людей в разных мес-

так льдины собирают домики. Я помогаю в этой работе и вижу, как быстро эта работа выполняется, насколько продуман процесс сборки и разборки этого типа человеческого жилья на льдине. Постепенно из хаоса ящиков, разбросанных в разных местах льдины, вырастают домики, намечается улица — льдина обживается. Лучше всех себя чувствуют собаки — Вега, Торос и Малыш. Они уже дома, для них здесь все привычно.

Близятся к завершению разгрузочные работы на льдине, и приближается полночь. Неярко светит Солнце. Длинная венецица людей — весь свободный от вахты состав экипажа и экспедиции — по трапу атомохода сходит на льдину. На гряде торосов, самом возвышенном месте льдины, состоится открытие новой советской полярной станции «Северный полюс-29». Около высокого флагштока выстроился весь состав зимовщиков. Напротив — экипаж и экспедиция. Наступает торжественный момент. По традиции самый старший и самый юный из зимовщиков, а ими оказались ветеран полярных зимовок механик Н. Лебедев и недавний выпускник Ленинградского университета Л. Иванов, поднимают алый флаг.

Дрейф новой советской полярной станции начался. Ее начальные координаты — широта $80^{\circ} 20'$, долгота — $113^{\circ} 20'$. Северная часть моря Лаптевых. Место небожитое, ледовая обстановка сложная, динамичная. Успеха вам, наши дорогие друзья, остающиеся на долгий год на льдине! Атомоход издает прощальный гудок, палубная команда, возглавляемая боцманом, снимает ледовые якоря, и наш корабль медленно покидает лагерь полярников.

НА ЮГ, В ТЕПЛЫЕ КРАЯ. В МУРМАНСК

Ледокол возвращается в Мурманск, к нашему удовольствию, не обратной дорогой через пролив Вилькицкого, а обогнув с севера острова Северной Земли. Наиболее трудная часть пути — это выход из моря Лаптевых, мимо мыса Арктический — самой удаленной от материка точки Северной Земли в Карское море. С восточной стороны Северной Земли находится зона сжатия льдов, ледоколу приходится трудно, снова идем реверсом, сно-

ва вибрация, скрежет, глухие удары, разлитый суп и компот в кают-компании, в общем, уже вполне привычная обстановка.

В лаборатории полный порядок. Вся аппаратура, устав от поломок раньше людей, теперь исправно и без каких-либо перебоев работает. Каждый хорошо знает свои обязанности, все движется именно так, как должно быть, но редко бывает. Будучи освобожденным Костей от моих обязанностей лаборанта, я все больше времени отдаю углубленному изучению полученного материала. В этом мне усердно помогают Сережа Журавлев и Гена Киселев. И видимо, именно Гена первым обращает внимание на странные черточки, которые иногда стали появляться на трансионограммах.

Ребята вновь проводят теперь уже аппаратурный анализ условий получения прямых трансионограмм, а я размышляю над тем, не может ли это быть свидетельством того, что радиоволны проходят в Арктике иногда ионосферу насквозь на волнах ниже критической и какой дополнительный эксперимент следует поставить для проверки? И вот тут-то мне приходит в голову совсем не тривиальная мысль. А что если хорошо две известные полосы шумов на ионограммах внешнего зондирования в арктической зоне, расположенные в области гирочастоты, а также в области очень низких частот, обязаны своим происхождением радиошумам, идущим с Земли, а вовсе не излучению передатчика ионозонда? Вот тогда схема дополнительного эксперимента становится ясной. Надо в середине сеанса зондирования, когда спутник находится над головой, выключить высокое напряжение бортового передатчика. Если это шумы земного или ионосферного происхождения, прошедшие ионосферу насквозь на частотах, много меньших плазменной частоты, то они останутся на ионограмме, а отраженные от ионосферы сигналы, естественно, пропадут. Ребята отнеслись к моей идеи сдержанно, хотя и одобрили в принципе. Слишком просто. Кроме того, у каждого была уже своя идея проверки. Для моей проверки необходимо было действовать быстро. Скоро мы уйдем из высоких широт, где силовые линии магнитного поля почти вертикальны, возможности для прохождения сквозных сиг-

налов, а они, как мы помним, наиболее вероятны именно при распространении вдоль поля, резко упадут. А очень много чисто технической работы: надо связаться с Москвой, необходимо время для прохождения команд, в общем, надо ждать.

Мы ушли от СП-29 11 июня и только 14 июня в 4 часа утра прошли мыс Арктический, самую северную точку Северной Земли, и пошли дальше на запад, обогнули с севера остров Шмидта, а затем двинулись строго на юг до архипелага Седова, состоявшего из отдельных небольших островов, которые все обогнули с юга. Далее мы поплыли к острову Пионер, от которого уже был прямой курс к мысу Желания, самой северной точке Новой Земли. В Карском море, в котором мы сейчас плывем, погода просто отличная. Температура около нуля. Ветер слабый — 3 м в секунду. Идем почти по чистой воде, ярко светит солнце. Настроение тоже отличное, выполнили все работы. Получили сообщение, что высокое напряжение на спутнике будет отключено 17 июня на витках, проходящих над нами в 13 часов и 15 часов московского времени. Подбор времени тоже очень удачен.

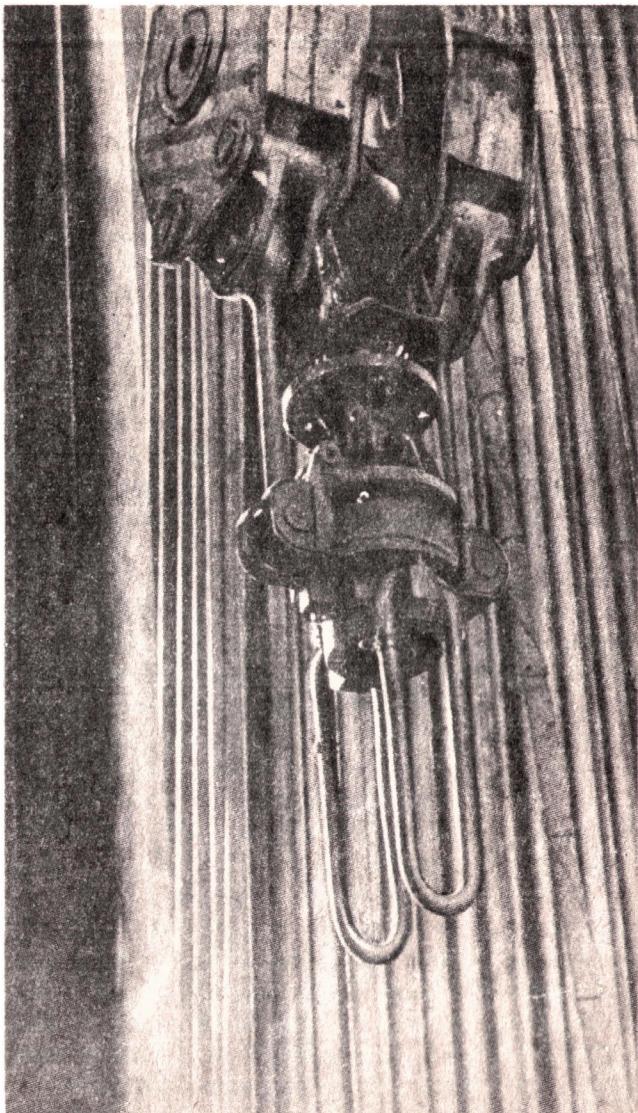
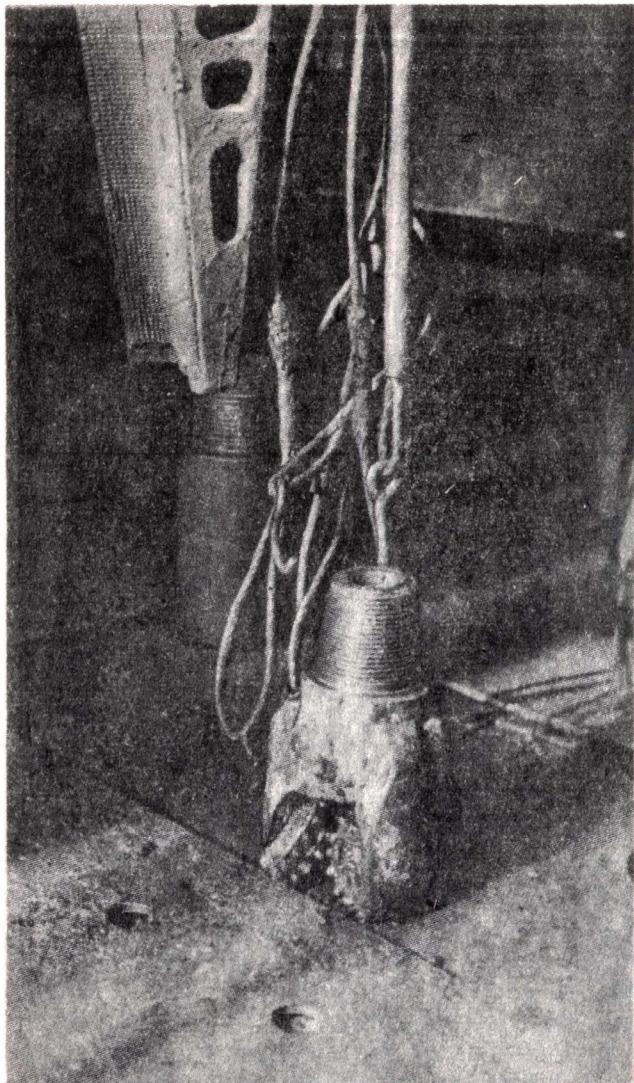
В клубе очередная лекция цикла, сегодня слушаем А. Н. Чилингарова, который расскажет о спасательной экспедиции ледокола «Владивосток» в Антарктике. Лекция оказалась очень интересной, Артур Nicolaevich — великолепный рассказчик. Особенно приятно мне было услышать, что там, так же как и у нас, в решающий момент сыграла свою роль космическая техника. Именно из космоса была найдена щель во льдах, по которой ледокол «Владивосток», куда менее мощный, чем наша «Сибирь», сумел пробиться сквозь многобалльные льды, по которым без этой щели он бы пройти не сумел, на выручку кораблю «Михаил Сомов», а потом и вывести его на чистую воду.

А между тем подошло 17-е июня, день решающего эксперимента. Все мы с огромным нетерпением ожидали его начала. Наконец наступили долгожданные 13.00, спутник исправно взошел над горизонтом и начал передавать нам ионограммы внешнего зондирования. Приближался решающий момент отключения высокого напряжения, т. е., грубо говоря, выключения мощного излучения передатчика при работающей телеметрии и прием-

ном тракте. Нетерпение было столь велико, что мы успевали «считывать» результаты на врачающем барабане в отраженных лучах с еще не высохшей бумагой. К нашему счастью, момент был выбран очень удачно, на ионограммах были отчетливо видны «столбы» помех тех типов, происхождением которых мы интересовались. В условленный момент вблизи наивысшей точки восхождения спутника мощное излучение бортового ионозонда послушно отключилось. Барабан продолжал вращаться, новые кадры ионограмм с послушно отсутствующими следами и отраженных и рассеянных от ионосферы сигналов виток за витком наматывались на барабан, и все мы отчетливо увидели, что неизвестного теперь уже происхождения столбы остались на ионограмме. Что это было? Победа? Ребята были уверены, что это именно она. На меня же, после короткого мига радости, вновь напали сомнения. У Сережи также оставались сомнения аппаратурного характера.

Мои же сомнения носили, скорее, идеологический характер. Теперь не было сомнений, что происхождение шумовых сигналов в строго определенных полосах частот обязано процессам, не связанным с излучением передатчика ионозонда. Это означает, что на 95% эти сигналы вообще не связаны со спутником. Но в оставшиеся 5% я учитывал возможность влияния какого-либо из других многочисленных научных и служебных систем космического аппарата, а также собственное, не стимулированное ионозондом излучение ионосферы. Я впервые на корабле почувствовал огромную потребность покопаться в библиотеке. А как там было у американцев? У них не было трансионосферных сигналов, но сигналов, отраженных от ионосферы, они опубликовали предостаточно. Но, увы, местная корабельная библиотека не могла ответить на мои вопросы. Приходилось все это отложить до Москвы. Возможны были также объяснения, которые мне в голову в данный момент не приходили.

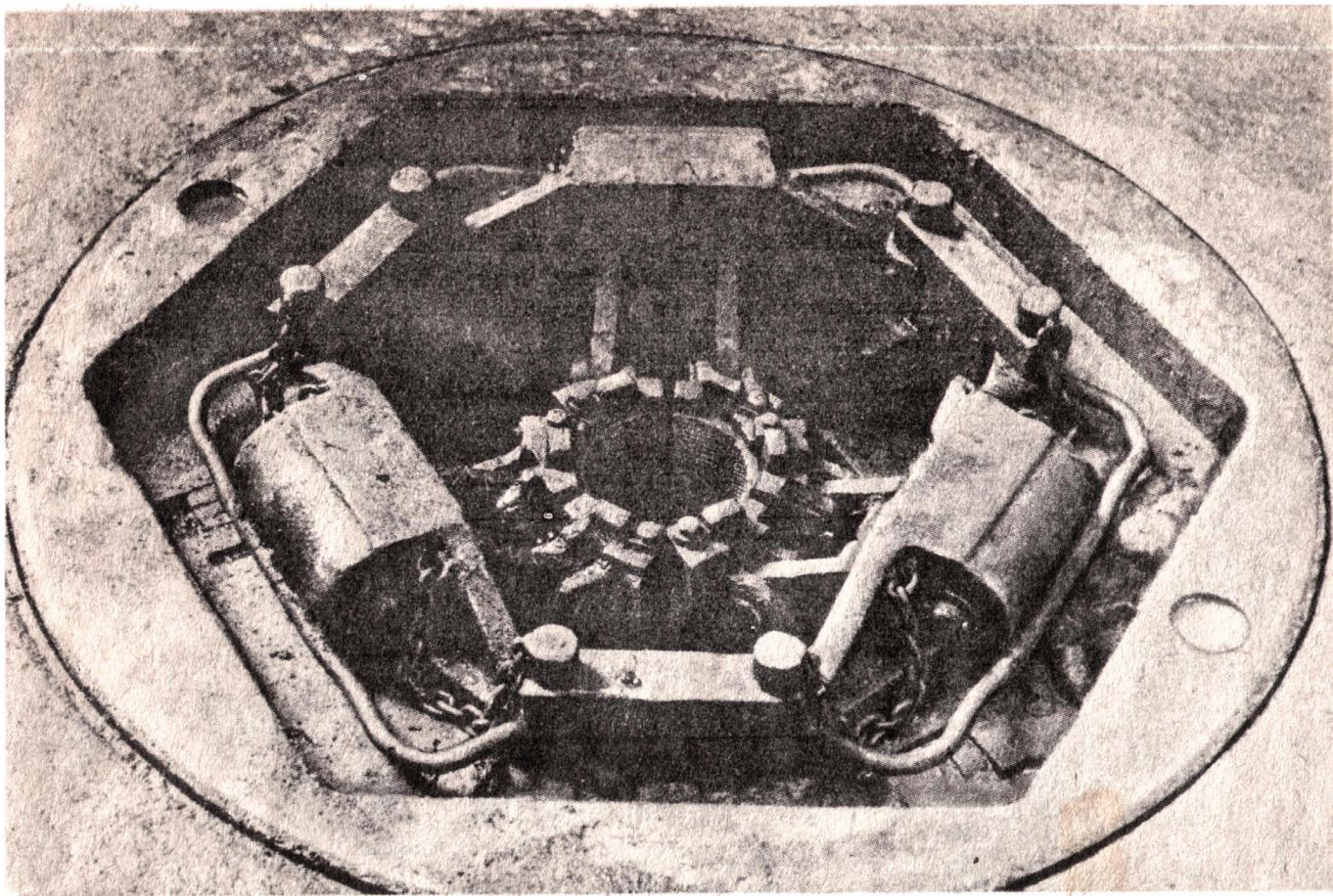
И тут я вспомнил один эпизод, который в свое время оказал огромное влияние на мое научное, если можно так выражаться, методологическое мировоззрение. Шла пора интенсивных начальных исследований ионосфер других планет солнечной системы, в первую очередь Вен-



неры. Данные радиолокационных наблюдений Венеры, так же как и так называемый здравый смысл, казалось, убедительно свидетельствовали в пользу наличия у Венеры мощной ионосферы, намного более мощной, чем ионосфера Земли. Действительно, Венера — планета почти таких же размеров, как Земля, обладает атмосферой исключительной плотности, много больше земной и большой протяженности. Наконец, она испытывает значительно более сильное, чем Земля, ионизирующее воздействие Солнца. Казалось необходимым, чтобы ионосфера Венеры была мощнее земной. Я жил в те годы в ожидании крупнейших открытий, связанных с ионосферой Венеры. В дискуссиях с оппонентами автора «Ионосферной гипотезы Венеры» — одного из моих друзей, построивших стройную и убе-

дительную фотохимическую теорию строения венерианской ионосферы, — я высказывал полную убежденность в ее правоте и законченности. Как же велико было разочарование, когда непосредственные измерения космических аппаратов в атмосфере Венеры обнаружили очень слабую ионосферу с плотностью электрических зарядов почти на порядок ниже, чем в земной атмосфере. Тот урок я не забываю никогда. Природе нет дела до наших желаний, теорий, страстей и разочарований. Она устроена именно таким образом, а не иначе. А степень экстравагантности устройства — это уже понятие, относящееся к земным страстям человеческим.

Следующий пролет спутника, который произошел около 15 часов, полностью под-



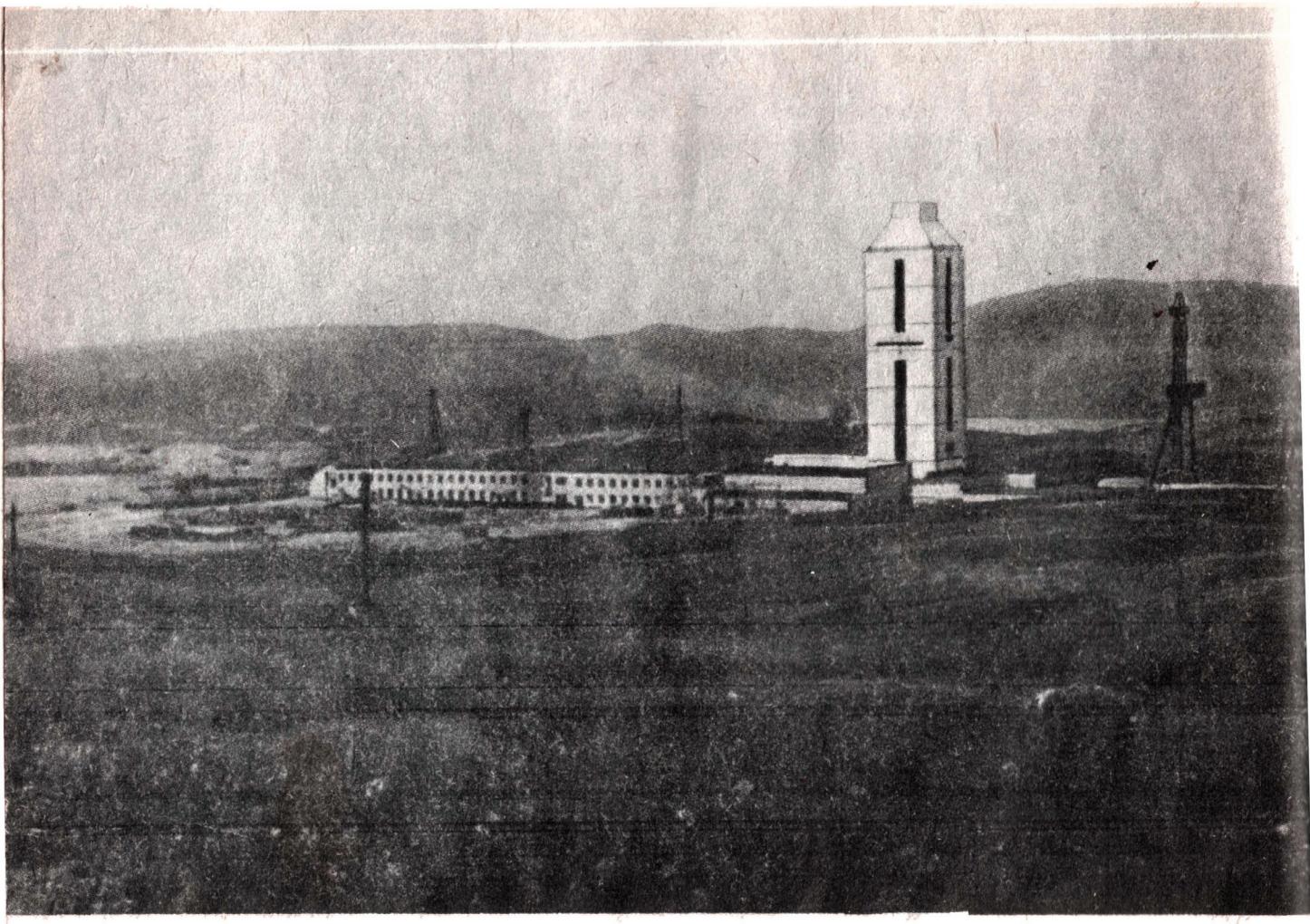
тврдил и даже усилил (наблюдения происходили в лучших условиях и обнаружился еще третий, высокочастотный столб радиопомех) все выводы первого эксперимента. Было убедительно показано, что искомые явления на ионограммах не являются следствием излучения бортового ионозонда. Дело мы сделали. Теперь следовало ждать Москвы, обширных дискуссий в нашем институте, ИЗМИРАНе, институте Арктики и Антарктики, Московском и Ростовском госуниверситетах. Что-то они нам скажут?

Между тем рейс подходил к концу. Атомоход уже по чистой и черной прозрачной воде Баренцева моря уверенно шел на юг вдоль Новой Земли. Становилось все теплее. Настроение было отличное, вся работа была выполнена, впереди нас ожидала торжественная встреча ледокола в Мурманске, которую с нетерпением ожидали члены экспедиции и экипажа. 18-го июня мы подошли к Большой Земле и почти на сутки стали на якорь чуть левее острова Кильдин. Проводились работы по прианию нашему кораблю после всех

Самая глубокая скважина в мире также служит геофизикам

испытаний более праздничного вида. Закончились работы научных отрядов, и подводились первые итоги работы. Температура уже была почти летняя — 6—10°С, многие ходили по верхней палубе уже в одних рубашках.

Я с интересом рассматривал остров Кильдин, на котором есть местная достопримечательность, не очень широко известная. В восточной части острова поблизости от моря находится озеро Могильное. Это название не случайно. Само озеро небольшое в горизонтальной плоскости, но довольно глубокое и по составу воды резко отличается от озер Кольского полуострова. Ранее еще в доисторические времена оно сообщалось с морем, но позже возникла перемычка, которая отделила озеро от моря. В этих изолированных условиях установилась редкая структура и состав воды в озере. Озеро в вертикальной плоскости как бы состоит из трех зон: верхняя — обычна пресная вода, посту-



пающая из атмосферных осадков, средняя — полусоленая, а нижняя — соленая морская вода, которая фильтруется в озеро сквозь перемычку. В этом нижнем слое обитает треска, совершенно особенная, сильно отличающаяся от хорошо известных нам видов — атлантической и беломорской. Она так и называется «кильдинская», имеет особый вкус и отдельные ее экземпляры нередко достигают в длину 80 см.

В полдень 19-го июня атомоход «Сибирь» отшвартовался в порту Мурманска. За кормой остались 6654 мили, из которых 4916 прошли во льдах. 87% всего ходового времени атомное сердце корабля работало на 100-процентной мощности. В дни самой сложной ледовой обстановки за сутки приходилось делать до 800 реверсов гребным электродвигателем. Ионосферный отряд экспедиции не потерял ни одого «брошенного» на ледокол

сеанса. Мы привезли домой свыше двадцати тысяч ионограмм, полученных в уникальной, наименее исследованной области ионосферы нашей планеты.

Сегодня 20-е июня 1987 года. Вчера мы ушли с корабля и вновь живем в комфортабельной гостинице «Арктика», из которой открывается великолепный вид на бухту и город Мурманск. Завтра улетаем в Москву. А сегодня я подвожу итоги нашего похода.

Главное дело, которое мы сделали, — это массив данных. Он уникален по трем параметрам. Первый — это район получения. Основная масса данных получена из района, близкого к Северному полюсу. Следовательно, район обзора радиусом около 3000 км центрирован около полюса и каждый пролет дает сведения об ионосфере над всей Арктикой, а не над отдельными ее регионами. Второй — частота получения данных. В период сверхдлинных

серий мы регистрировали 11—12 пролетов в сутки, т. е. практически провели наблюдения, почти непрерывные в течение нескольких суток и сразу над всей Арктикой. Третий — прецизионность измерений. Сеансы измерений проведены через каждые 8 секунд, т. е. через каждые 50 км. В случае необходимости для отдельных спектральных линий каждой ионограммы эта точность может быть еще повышена.

Скептически настроенный читатель может сказать: «Ну и что? Где все-таки конкретная польза для народного хозяйства?» Я вижу главную пользу от работы ионосферной группы на атомоходе «Сибирь» в том, что ученые, которые создают математические модели полярной ионосферы, получили совершенно четкие ответы на вопросы о том, в каком состоянии на самом деле находится и как именно изменяется во времени и в пространстве вся арктическая ионосфера. Теперь, построив ту или иную математическую модель полярной ионосферы, они могут ее сравнивать с данными, которые мы получили. А если ответ не сходится, то видоизменять свою модель до тех пор, пока она не станет точно описывать то, что мы уже зафиксировали. Модель же, которая даст те же результаты, что и у нас, — вы помните, одновременно над всем пространством Арктики и в течение достаточно длительного времени, которое мы наблюдали, — несомненно, способна и предсказать, какой будет ионосфера в том-то месте и в такое-то время.

Но до этого еще далеко. Пока мы кладем кирпичики в основание будущих знаний. Один к одному, один к одному...

Ну а теперь давайте немного помечтаем. Знания, полученные учеными, в какой-то момент времени становятся достоянием

уже инженерной науки. А инженеры уже давно и с глубоким интересом присматриваются к открытиям ученых-физиков. Чем больше связей между отдельными явлениями становятся понятными, тем больше аналогий они находят между работой электрических машин на Земле и функционированием сложнейшего устройства Солнце — межпланетная среда — околоземная плазма. Не будет преувеличением сказать, что возник взгляд на ионосферу как на огромных размеров тепловую машину, вырабатывающую электрический ток. При этом предполагается, что магнитогидродинамические процессы играют доминирующую роль в атмосфере Земли. Такая точка зрения разделяется далеко не всеми учеными, она спорна, и некоторые идеи, которые она порождает, относятся, скорее, к области научной фантастики, чем строгой науки. Тем не менее будущие космические установки планетного характера уже просматриваются в графиках, таблицах, всевозможных магнито-, сейсмо-, ионограммах, лежащих сегодня на столах геофизиков. А завтра? Завтра, в XXI веке, заработают пока неведомые нам установки планетного масштаба, в которых составными элементами станут и околоземное космическое пространство, и внутреннее ядро Земли, и солнечный ветер. Какими будут эти машины? Детали и принципы их действия мы пока не знаем, только догадываемся. Но точно знаем, что они должны быть экологически чистыми, для человека безопасными и... простыми. Как можно более простыми, но основанными на бесконечно сложном знании и умении человека.

А сегодня мы кладем в фундамент техники человека двадцать первого века кирпичики знаний, полученные человеком века двадцатого.

В 1988 в году в серии «Твоя профессия» вышли следующие выпуски:

1. Семина Н. В. Кто ускорит НТР?
2. Энергетика и энергетики: сборник
3. Кондрашев Г. Н. На стальных магистралях

4. Куда зовут речные дали: сборник
5. Города растут не только этажами: сборник
6. По горам, по долам: сборник
7. Цыба Т. Ф. Сберегательное дело
8. Каблуков В. В. Наследники Никиты Кожемяки
9. Земледельцы: сборник
10. Зигуненко С. Н. Сумма биотехнологий
11. И тайны вышивых узоров: сборник
12. Данилкин Н. П. Космическим инженерам XXI века.

ЛИТЕРАТУРНАЯ СТРАНИЧКА

МИРОСЛАВ КОНДРАТЬЕВ

РОДНАЯ ЗЕМЛЯ

— Нет, дядя Вася, эта статья, конечно, увлекательная. Читал я ее очень внимательно. Так вот, скажу: бездоказательна она — вранье! — твердил Сергей.

Спорил он с фронтовым другом деда, Василем Никифоровичем. А зашел спор по поводу статьи в одном журнале, где в качестве гипотезы выдвигалась версия, что Земля — живой организм, или по крайней мере функционирующий по законам живого организма.

Василий Никифорович не утверждал впрямую, что с содержанием статьи полностью согласен. Сергей же волновался. Он учился восьмом классе школы с физико-математическим уклоном, а потому твердо знал, что подобные гипотезы — вздор и ничего более.

— Ну-ну, Сергей, не кипятись, — пошутил Василий Никифорович. — Я особенно не спорю, гипотеза есть гипотеза. Но расскажу тебе один случай из нашей фронтовой жизни, а ты уж сам рассуди — живой Земля организм или нет. А дед твой подтвердит, что все так было.

Сережин дед утвердительно кивнул головой и Василий Никифорович начал рассказ:

— Мы с твоим дедом старые приятели, во время войны вместе служили в Особой Прибалтийской группе ГФВ — Гражданского воздушного флота, значит. Да это ты знаешь. Возили и снаряды, и консервированную кровь, и раненых. Случалось и партизанам груз доставлять. Но вылет, про который хочу рассказать, особый.

Один наш товарищ летел за линию фронта. Туда-то нормально проскочил, а вот обратно — не повезло, под зенитный огонь попал. Машину почти не повредил, а его ранили. Но самолет он все-таки посадил. Наши бойцы его, конечно, сразу в медсанбат отправили, а командование сообщило нам, чтобы самолет забрали. Вот и полетели мы с твоим дедом на ПО-2. Я — пилотом, а он, значит, за пассажи-

ра, чтобы потом на той машине вернуться.

Вылетели поздновато. Хотели дотемна туда прилететь, переночевать, а с утра машину обстоятельно осмотреть и спокойно двигать. Место назначения было незнакомое. С ориентирами плохо. Только по карте. В общем, как не стыдно, но я заблудился. Тут совсем стемнело. Володька мне кричит, ну, дед твой: «Садись, все равно не найдешь».

И правда. Погода пасмурная. Луна то выглядывает, то спрячется. А летим над лесом, редко где пролысины увидишь. Гляжу, дорога проселочная тянется, свернула на нее. Пролетели еще немного, под нами поле, а дорога по краюшку вьется. Я круг один сделал — вроде все нормально, и сел. Вытащили мы брезент, под самолетом улеглись, так и заночевали. А дальше ты, Николаевич, рассказывай про свои похождения.

— А ты что? Стесняешься? — усмехнулся Владимир Николаевич. — Ладно. Про свою невезучесть, а может и повезло мне — это как рассудить, сам расскажу. Спим. Стало светать. Я проснулся, встал, отошел от самолета подальше, чтобы Ваську не разбудить. Ну, метров на 30—40...

— Ладно, теперь опять мой черед, — вроде как бы нехотя предложил Василий Никифорович, а у самого по глазам видно, что ему самому рассказать хочется. — Ты все равно ничего не помнишь. Меня, Сергей, слушай.

Сплю я. Вдруг взрыв! Вначале по привычке в землю вжался, а потом, как молния, Володька где? Вскочил, огляделся. Воронка дымится, рядом друг лежит. Подбежал, он без сознания. А кровь льется, льется. Подтащил к самолету, перевязал как умел. Послушал, вроде дышит. Надо бы в госпиталь, срочно! Начал его в кабину поднимать, а у самого мысль: на чем он подорвался, неужто мина случайная? Ведь если бы вчера на нее налетели бы, гробнулись бы точно.

А к тому времени совсем рассвело. Го-

лову повернул, метрах в ста, у дороги, указатель — «Осторожно. Мины!»

Опустил друга на землю, сам рядом присел. За куревом полез, а руки трясутся. Первый раз за войну испугался — на минное поле сесть и не подорваться. Поистине мать меня в рубашке родила. Как я проскочил? Раз в жизни так везет. Из миллиона один шанс на все жизни. Тут Володька застонал. Ну, думаю, везение везением, выбираться же отсюда как-то надо. А как?

— А вы бы, дядя Вася, по своему следу взлетели! — не выдержал Сергей.

— По следу, говоришь, так не на песок я, Сергей, садился — на траву. Какой там след, я развернуться для взлета боюсь. Что делать?

Выход один: коридор себе от мин прочистить. Хорошо, что у нас в Батайской школе ГВФ, где я учился, осоавиахимовский кружок военного дела был. Типы мин там изучали, способы обезвреживания. Учили теорию до войны, на всякий случай, а теперь вот на практике полученные знания пришлось применять. Сделал из подручного материала проволоки, что в заначке возил, щуп. Потихоньку вокруг самолета всю землю обследовал. Пусто. Наметил коридор для взлета и принялся за работу. Первую мину через полчаса нашел, да полчаса обезвреживал. Весь вспотел, хоть и не жарко было. Выкопал ее, взрыватель вывернул и за границей коридора осторожно положил. Первая есть. Час ушел. Посмотрел, как Володя. Лежит, кровь сквозь бинты проступила.

Опять щупом осторожно землю проткнул. Торопиться особенно нельзя, вмиг на том свете окажешься и «мама» не успеешь сказать. На вторую мину сорок минут ушло. Продвинулся вперед на пять метров. К Володе подошел, а он стонет, кровь сочится. Сделал я в уме простой арифметический расчет: если для пяти метров час сорок понадобилось (теперь, правда, быстрее пойдет, часа полтора), то для очистки коридора суток не хватит. Помрет за это время друг, не выдержит.

Говорю себе: думай, лейтенант, думай. А что, думай! Ни черта не придумаешь. Опять со щупом полез. Третью мину нащупал, начал дерн срезать. Режу, а сам чуть не плачу — друг умирает, помочь не могу... Повернулся, она рядом была.

— Кто она? — вскочил со стула Сергей.

— Следующая мина! Увидел я ее. Как увидел, сразу скажу: не знаю. То ли видел, то ли чувствовал ее. Бог знает. Только она рядом была, руку протяни, упрись в землю, ну, вставая, и привет. Как будто сквозь землю видел. Потому что вначале показалось, что мина совсем на поверхности лежит, попробовал осторожненько пальцами коснуться, а нет, в глубине она.

Короче, я эту мину раскопал, вытащил, обезвредил. Дело быстрее пошло, видно хорошо — времени не теряешь на поиски, да и в себе уверен, что тоже немаловажно. Такое чувство было, что земля прозрачная — только корешки смотреть чуть мешают. Обезвредил я эту мину, огляделся. Внимательно так. Следующая мина метрах в десяти пряталась, в сторонке, точнее, пыталась как-бы спрятаться, а я ее отлично мог рассмотреть. Она даже не мешала, но я уже ее на всякий случай вытащил. Короче, через полчаса коридор для взлета был готов. Я ...

— Да как же вы мины-то видели? — перебил ветерана Сергей.

— Не знаю, Сережа. Об этом тогда я не задумывался. Володю поднял в кабину, сам забрался, движок запустил, развернулся и на взлет пошел. Успел вовремя доставить. Врачи сказали: еще пару часов и погиб ваш друг. А так, смотри, орел вырос.

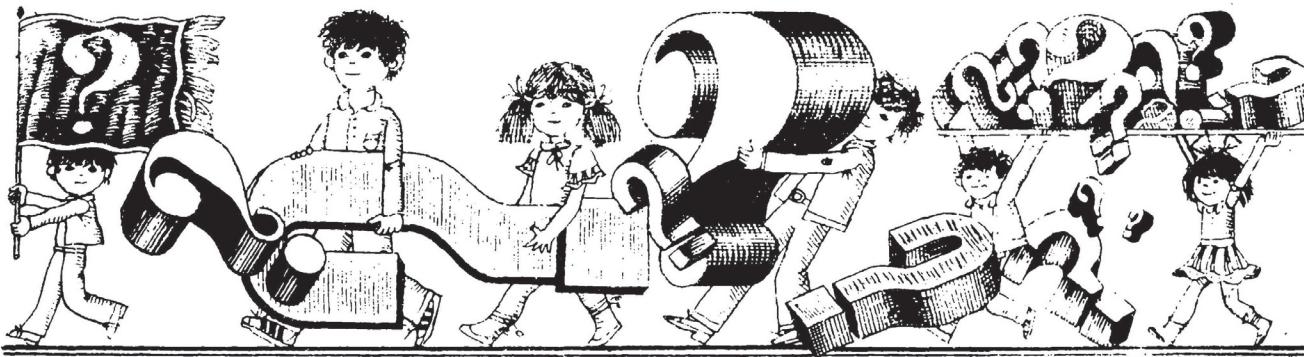
— Что у вас, дядя Вася, второе зрение тогда открылось? — не унимался Сережа. — Так Земля здесь ни при чем, вы просто экстрасенс, вот.

— Про экстрасенсов я читал и, честно говоря, в них не верю. Хотя возможности человеческие, конечно, и не все изучены.

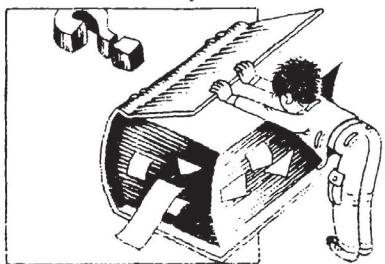
Относительно второго зрения — не знаю. Потом оно у меня ни разу не проявилось, да и не в зрении кроется загадка.

— Но все-таки, дядя Вася, — Сергей упорно пытался добраться до истины, — а как этот случай объяснить с научной точки зрения?

— Это уж ты сам разбирайся, а я не геофизик, — развел руками Василий Никифорович. А место то памятное мы тебе с дедом покажем.



СПРАВОЧНОЕ БЮРО



ЗАГЛЯНИ В СЛОВАРЬ

Аномалия — отклонение геофизического поля от нормального.

Гравиразведка — геофизический метод разведки, основанный на изучении гравитационного поля (силы тяжести), аномалии которого вызваны различной плотностью горных пород и руд.

Каротаж — геофизические исследования скважин с целью изучения вскрытого скважиной геологического разреза и выявления полезных ископаемых.

Методы геофизической разведки — способы решения геологических задач, основанные на изучении и анализе физических полей на поверхности земли, в скважинах, шахтах, в атмосфере и море.

Магниторазведка — геофизический метод разведки, основанный на изучении магнитного поля Земли и его изменений, обусловленных различными магнитными свойствами горных пород.

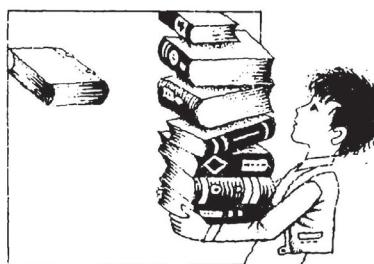
Сейсморазведка — геофизический метод развед-

ки, в основе которого лежит регистрация и расшифровка упругих колебаний горных пород, вызванных взрывом или ударом.

Скважинная геофизика — методы изучения физических полей в скважинах с целью изучения пространства около скважины или между скважинами.

Электроразведка — геофизический метод разведки, основанный на изучении естественных и искусственно созданных в недрах электрических полей.

Ядерные методы геофизической разведки — геофизические методы, основанные на использовании внутриядерных свойств различных веществ, слагающих горные породы.



В ВАШУ БИБЛИОТЕЧКУ

Дахнов В. Н. К познанию недр Земли. — М.: Недра, 1968.

Друянов В. Загадочная биография Земли. — М.: Недра, 1975.

Друянов В. Прозрачные недра. — М.: Советская Россия, 1979.

Новиков Э. А. Планета загадок. — Л.: Недра, 1980.

Почтарев В. И. Земля — большой магнит. — Л.: Гидрометеоиздат, 1974.

Темко С. В., Соловьев Г. А., Милантьев В. П. Физика раскрывает тайны Земли. — М.: Просвещение, 1978.

Франтов Г. С., Глебовский Ю. С. Занимательная геофизика. — М.: Недра, 1987.



1. Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. М. В. Ломоносова,

117234, В-234, Ленинские горы. Физический факультет. Специальности: 0704, 2015, 2016, 2017.

2. Московский ордена Трудового Красного Знамени физико-технический институт, 171700, г. Долгопрудный Московской обл., Институтский пер., 9. Тел. 408-48-00. Факультеты: аэрофизики и космических исследований, проблем физики и энергетики и др.

3. Московский ордена Трудового Красного Знамени инженерно-физический институт. 114509, Москва, Каширское шоссе, 31, тел. 324-84-17. Факультеты: экспериментальной и теоретической физики, кибернетики и др.

4. Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет. Ленинград, В-164, Университетская набережная, 7/9, тел. 218-76-31. Физический факультет, специальности: 0704,

2016, 2017.

5. Горьковский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603600, Горький ГСП-20, просп. Гагарина, 23, тел. 65-64-71. Факультеты: радиофизический, прикладной физики и микроэлектроники. Специальности: 0704, 0604, 2016.

6. Ростовский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет, 344711, Ростов-на-Дону, ГСП-11, ул. Энгельса, 105, тел. 66-32-31. Физический факультет, специальности: 0704, 2016.

7. Иркутский государственный университет. 664003, Иркутск, 3, ул. К. Маркса, 1, тел. 4-44-30. Факультеты: физический, математический. Специальности: 0704, 2016, 2013.

8. Харьковский ордена Трудового Красного Знамени и ордена Дружбы народов Государственный университет

им. А. М. Горького. 310077, Харьков, пл. Дзержинского, 4, тел. 45-73-75. Физический факультет, специальности: 2015, 2016, 0704.

9. Томский ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственный университет. 634010, Томск, 10, просп. Ленина, 36, тел. 3-30-60. Факультеты: радиофизический, физико-технический.

10. Тбилисский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет. 380028, Тбилиси, просп. И. Чавчавадзе, 1, тел. 31-47-92. Физический факультет. Специальности: 0704, 2016, 0604.

Специальности:

2013 — математика

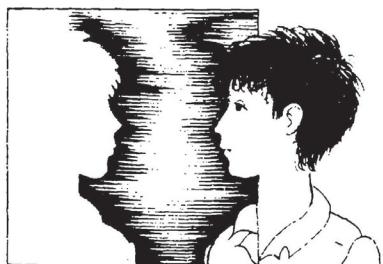
2015 — астрономия

2016 — физика

2017 — геофизика

0704 — радиофизика и электроника

0604 — полупроводники и диэлектрики



ПРОВЕРЬ СЕБЯ

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Юноша или девушка, которые сегодня еще в школе, а в пору творческой зрелости войдут только в XXI веке, и которые хотят стать геофизиками или планетологами следующего века, долж-

ны сочетать глубокие знания технических и физико-математических дисциплин с хорошо тренированным телом и высокой общей культурой. Попробуйте себя пока только в вопросах и ответах.

1. Ответьте не позже чем через 5 с.

Вопрос	Ваш ответ (а)	Ваш ответ (б)	Очки
1. Во сколько раз лестница на 4-й этаж длиннее лестницы на 2-й этаж?	В 2 раза	В 3 раза	а—0 б—5
2. Пластмассовый шарик плавает в стакане с водой, который начал двигаться в лифте с ускорением. Как изменится линия сшивания на шарике?	Опустится Поднимется	Не изменится	а—0, б—10
3. Льдинка плавает в стакане с водой, которая налита до верха стакана. Выльется ли вода после того, как льдинка растает?	Выльется	Нет	а—0, б—10

Результаты: 25 очков
больше 15 очков
5 очков

— отлично
— хорошо
— размышляете хорошо, но физику надо повторить.

Данилкин Н. П.

Д18 Космическим инженерам XXI века. — М.: Знание, 1988. — 48 с., с ил. — (Сер. «Твоя профессия»; № 12).
15 к.

Одно из направлений геофизики — изучение Земли методами космической инженерии, для которой сегодня ученые-геофизики только готовят основы знаний, добываемых тяжелым, но увлекательным трудом в экспедициях и лабораториях. Всем, кого интересуют тайны нашей планеты, адресован этот выпуск.

4306000000

ББК 74.200.52

Рецензент: кандидат физико-математических наук
Т. К. Б р е у с.

Данилкин Николай Петрович

КОСМИЧЕСКИЙ ИНЖЕНЕР МАЛЫХ РУК

**ТВОЯ
ПРОФЕССИЯ
12/1988**

Гл. отраслевой редактор *P. Смирнова*
Редакторы *G. Кондрашев, Z. Сенкевич*
Мл. редактор *T. Березовская*
Художественный редактор *P. Храмцов*
Техн. редакторы *T. Луговская, O. Найденова*
Корректор *E. Альшевская*

ИБ № 9672

Сдано в набор 29.08.88. Подписано к печати 05.11.88. А14211. Формат бумаги 70×90¹/₁₆. Бумага офс. № 2. Гарнитура школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,51. Усл. кр.-отт. 7,60. Уч.-изд. л. 4,73. Тираж 67 595 экз. Заказ 2430. Цена 15 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 882112. Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.