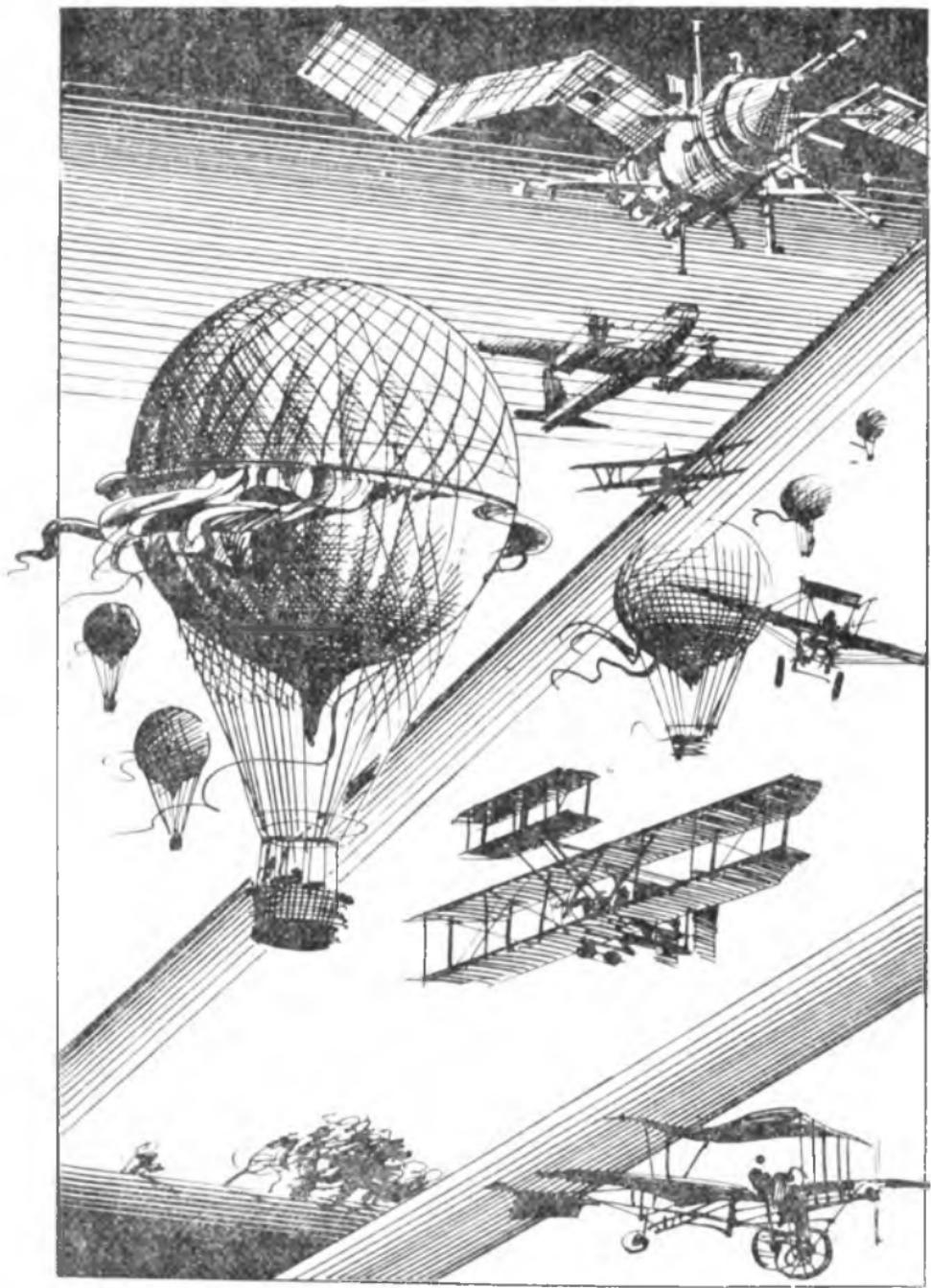


4
МЗ8
1.01.2100



Т. В. МАШКЕВИЧ
**КОСМОНАВТИКА
— СЕЛЬСКОМУ
ХОЗЯЙСТВУ**

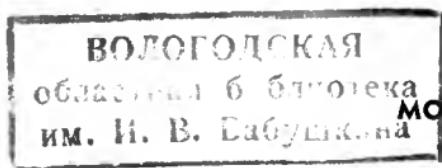




Т. В. МАШКЕВИЧ

**КОСМОНАВТИКА
— СЕЛЬСКОМУ
ХОЗЯЙСТВУ**

Г-1012-100



МОСКВА «КОЛОС» 1984



ББК 39.62

М38

УДК 629.78 : 63

Рецензент: кандидат биологических наук, лауреат премии
Ленинского комсомола в области науки и техники *Л. Г. Груздев*

Машкевич Т. В.

**М38 Космонавтика — сельскому хозяйству. — М.:
Колос, 1984.— 96 с.**

В книге обобщен обширный материал по практическому применению достижений космической науки и техники в области сельского хозяйства. Показано, как с помощью спутников, космических кораблей и орбитальных станций совершенствуется управление производственными процессами в земледелии и растениеводстве, какие перспективы открывает космическая техника перед аграрной отраслью и народным хозяйством в целом в связи с необходимостью комплексного решения Продовольственной программы.

Рассчитана на широкий круг читателей.

3802010000—087

М ————— 57—84
035(01)—84

**ББК 4+39.62
63+6Т6**

ПРЕДИСЛОВИЕ

После моего первого полета на корабле «Союз-9» в июле 1970 года журналисты не раз спрашивали, в какой мере пребывание в космосе оправдало мои ожидания? По рассказам летавших до меня космонавтов, я в общих чертах представлял себе и что увижу в иллюминаторы корабля, и самочувствие, переживания, ощущения свои, и работоспособность в условиях невесомости. В реальности же все оказалось несколько иным. И прежде всего — вид Земли. Из космоса планета наша кажется такой красочной и удивительной, что никакими словами этого не передать — можно часами рассказывать и все равно большей части увиденного так и не пересказать.

Недавно я перечитывал «Планету людей» французского летчика и писателя Антуана де Сент-Экзюпери, и одна его мысль показалась мне оченьозвучной тем, которые непременно приходят к человеку, впервые оказавшемуся на околоземной космической орбите и увидевшему оттуда Землю. «Только теперь, с высоты прямолинейного полета, — пишет Сент-Экзюпери, — мы открываем истинную основу нашей земли, фундамент из скал, песка и соли, на котором, пробиваясь там и сям, словно мох среди развалин, зацветает жизнь». И заключает: «Мы заново перечитываем свою историю».

В жизни и мне приходилось довольно много летать на самолетах. Должен сказать — вид земной

поверхности с космической орбиты несравним с тем, что мы видим с борта самолета. Повторяю, из космоса Земля видится совершенно неожиданной и удивительной. Впрочем, должен сразу же оговориться, впечатление это постепенно обновлялось. И не только потому, что постоянно изменялся характер земного ландшафта. Главная особенность состояла в том, что в полете привыкаешь к необычной панораме, соответственно меняется и ее восприятие. Здесь, наверное, следует сказать, что условия полета в первые сутки воспринимаются совсем иначе, чем, скажем, на 10-й или 15-й день, когда настолько свыкаешься с условиями космического полета, что летаешь совершенно «по-домашнему». В частности, вся поверхность Земли к этому времени становится уже абсолютно знакомой и родной, как человеку, проведшему много часов над изучением географической карты или глобуса. Казалось бы, много раз виденные картины, открывающиеся через иллюминаторы корабля, должны быстро надоест. На самом же деле это не так — однообразия нет. И хотя с десятых суток отдельные районы ландшафта, скажем, острова в океане, узнаешь сразу, но информации по-прежнему так много, что она по сути не является повторяющейся. То же можно сказать и о уже знакомых хребтах, долинах рек с притоками или маленьких городках на побережье, над которыми много раз пролетал и где, казалось бы, знаешь все.

Нас, космонавтов, часто спрашивают, чем же все-таки конкретно больше всего поражает вид Земли из космоса? Отвечу так же, как и все мои коллеги по профессии. Планета наша очень маленькая, крохотный кусочек, который носится в необъятных просторах Вселенной, и представить, как на нем развились цивилизация, как живет человечество, довольно трудно. Любому школьнику теперь известны такие числа: 6 тысяч 371 километр (средний радиус Земли), 40 ты-

сяч километров (длина окружности Земли по экватору), 71 процент (поверхность Земли, покрытая водой) и 29 процентов (суша). Но все, что скрыто за ними, по-настоящему начинаешь понимать только там, в космосе, когда летишь и летишь, а под тобой все вода и вода, и вдруг появляющийся материк встречаешь с такой же радостью, как и мореплаватель. «Суша! — кричал я своему командиру Андрияну Николаеву. — Андрей, суша!» Или, наоборот, он меня звал: «Виталий, смотри, суша!» И наблюдаешь эту сушу с огромным интересом и удовольствием. Но такие «встречи» не бывают долгими: пять-семь минут — и Африку пересек, столько же минут уходит на то, чтобы перелететь Америку — Северную или Южную. Словом, в космосе и начинаешь понимать по-настоящему, что такое 29 процентов суши и 71 процент воды на поверхности Земли. Да и когда смотришь на эту сушу, видишь, насколько прав был Экзюпери: большую ее часть и в самом деле занимают пустыни и горы, хребты, тундра и таежные дебри — словом, места, для обитания человека мало приспособленные. И как все-таки сравнительно редко встречаются дороги, обработанные поля, города. За время полета так привыкаешь к этим отдельным признакам цивилизации, что зачастую даже ночью по огням узнаешь те или иные города. И эта возможность за сравнительно короткий полет наизусть запомнить почти всю нашу планету лишний раз говорит о ее небольших размерах.

С самого начала перед космонавтами стояла задача оказания практической помощи людям в их земных повседневных делах.

Еще первые космонавты Ю. А. Гагарин и Г. С. Титов засвидетельствовали, что видимость из космоса отличная. Сегодня космические снимки и спектрограммы служат хорошим подспорьем при поиске нефти, газа и многих других полезных ископаемых.

По ним можно изучать растительный покров нашей планеты, вести учет лесных ресурсов, следить за состоянием посевов и пастбищ. Многозональные снимки из космоса очень информативны при поиске новых территорий, пригодных для хозяйственного освоения.

Ныне космические летательные аппараты (КЛА) незаменимы и при проведении океанологических исследований. С их борта можно изучать распределение морских течений, тепловой режим и места скопления планктона, а эти сведения крайне важны для изучения закономерностей миграции рыб, без чего немыслимо современное научно обоснованное рыболовство. Глубже познав законы взаимодействия океана с атмосферой, можно будет точнее прогнозировать и погоду. Вообще значение космической информации для развития гидрологии вряд ли может быть переоценено. КЛА уже регулярно поставляют специалистам ценнейшую информацию о состоянии водоемов, влажности почвы, распределении снежного покрова, о ледниках и запасах снега в горах. Эти данные служат основой прогнозов и рекомендаций для режима работы гидроэлектростанций и ведения орошаемого земледелия, их используют для контроля за состоянием окружающей среды.

С каждым новым полетом в космос космическое природоведение пополняется все новыми и новыми примерами успешного применения как методов дистанционного зондирования, так фото- и киносъемки. Однако в литературе, а тем более в научно-популярной, об этом пишут мало, за исключением разве упоминания о космическом изображении посевов зерновых культур в Сальских степях и эфемерово-полынных пастбищ в юго-западной Туркмении, тогда как только ежегодное сопоставление повторных космических снимков дает ценнейшую информацию. Например, только что упоминавшийся мною эксперимент по изучению динамики сухостепной поле-

вой экологической системы в Сальском районе Ростовской области, проведенный 15 июля 1970 года с космического корабля «Союз-9» и повторенный 27 июля 1978 года с орбитальной станции «Салют-6», позволил не только зарегистрировать динамику, но и провести прогнозирование развития этого экологического региона на ряд лет вперед.

Одна из особенностей космической информации состоит в том, что она открывает новые горизонты развития для большинства современных наук и многих отраслей народного хозяйства. Интересно, что, по данным 1979 года, космическую информацию использовали в своей повседневной работе свыше 400 организаций страны, тысячи ученых и специалистов и, что самое главное, четко определилась тенденция роста числа ее потребителей. Так, по данным Госцентра «Природа», в 1982 году в использовании космической информации о природных ресурсах Земли оказались заинтересованными многие сотни научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, высших и средних учебных заведений страны. Спрос на информацию сегодня уже так велик, что целесообразным оказалось создание общегосударственной космической системы использования природных ресурсов Земли (ИПРЗ), в которую входят Государственный научно-исследовательский центр изучения природных ресурсов (ГОСНИЦИПР) и Государственный научно-исследовательский производственный центр «Природа». Эти центры призваны получать, производить межотраслевую обработку, хранить и распространять космическую информацию как оперативного, так и долговременного назначения. Кроме них, разработкой научно-методических проблем изучения Земли из космоса занимается Институт космических исследований Академии наук СССР (ИКИ АН СССР) во взаимодействии с рядом организаций и учреждений страны. Имеется и сеть специ-

ализированных отраслевых организаций, которые осуществляют научно-исследовательские и производственные работы по целевому использованию космической информации.

Общегосударственная система ИПРЗ располагает для своей работы целым арсеналом технических средств. К ним относятся спутники серий «Метеор» и «Космос», орбитальные станции, самолеты-лаборатории, наземные средства приема и обработки информации, сеть наземных и морских полигонов, оснащенных подвижными и стационарными средствами для дистанционных, контактных и приземных измерений.

Естественно, что для такой широкой и сложной системы ранее применявшиеся технические средства обработки материалов съемки уже не годятся. Они не обеспечивают возрастающие требования разных отраслей народного хозяйства. Поэтому сейчас разрабатываются новые технические средства, технологические процессы и организационные формы для обработки космических данных, которые соответствовали бы запросам их потребителей. Технической основой всех этих новых мероприятий станет электронно-вычислительная и оптико-электронная техника. Словом, сейчас прилагаются все усилия для того, чтобы создать автоматизированную индустрию обработки и использования космической информации.

Дальнейшее развитие получают также средства космической техники для дистанционного зондирования, возрастает и расширяется роль космонавтики в исследовании природных ресурсов и охране окружающей среды.

В заключение мне хотелось бы обратить внимание еще на некоторые особенности использования космонавтики в природоведческих целях. Применение космических средств будет особенно эффективным, если сочетать их с давно уже применяемыми и прекрасно зарекомендовавшими себя на практике аэрологи-

ческими и наземными средствами охраны и поиска природных богатств, то есть проводить комплексные исследования отдельных регионов (районов) на территории нашей страны одновременно с борта космического летательного аппарата, самолета аэрологической разведки и наземными партиями геологов. Опыт проведения таких крупномасштабных совместных работ в Советском Союзе уже имеется.

В результате таких исследований накоплен обширный, разнообразный и во многом уникальный материал, который после тщательного изучения и обобщения позволил нашим планирующим органам подготовить конкретные предложения, послужившие впоследствии основой соответствующих постановлений партии и правительства по комплексному развитию каждого из обследованных регионов. Так космонавтика уже сегодня вносит вполне реальный вклад в хозяйственное развитие нашей страны на ее пути к построению коммунистического общества.

Однажды во время полета земля произвела на меня удивительное впечатление, родилось какое-то новое чувство. Не помню сейчас, какой по счету виток мы тогда совершали, но вершина его была строго над Варшавой. Мысленно привязавшись к этому городу, я слева увидел всю Скандинавию, северное побережье Норвегии, всю Балтику, остров Готланд, Финский залив, Рижский залив, Рига отлично была видна, Ленинград, к сожалению, был закрыт облаками. Хорошо были видны проливы Скагеррак, Каттегат, Северное море, чуть сзади — Англия. А в иллюминаторы по правому борту корабля я видел Черное море, северную часть Италии, а дальше уже горизонт. Таким образом, пролетая над Варшавой, я видел фактически всю Европу. И не только столицы и крупные города, но и пригороды, дороги, связывающие их. И вот глядя сверху на эти добрые два десятка государств, составляющих современную Европу, я думал о том, какой это в

сущности маленький кусочек земли, как легко он разним и как важно поэтому, чтобы люди на нем жили мирно.

Все особенности космической географии, о которых я здесь говорил, наряду с отличной видимостью из космоса являются еще одной гарантией того, что использование космической техники открывает огромные перспективы как для охраны существующих природных богатств нашей планеты, так и для широкого приумножения и использования их на грядущие времена. Недаром в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» записано, что в эти годы необходимо более быстрыми темпами развивать прогрессивные виды геофизических и геохимических исследований недр, широко используя в геологии возможности аэровысотных и космических средств изучения природных ресурсов Земли.

В решениях исторического XXVI съезда КПСС намечена программа использования космической техники. О том, как помогает космонавтика народному и, в частности, сельскому хозяйству, и рассказывает книга, которую я рекомендую читателям.

В. И. СЕВАСТЬЯНОВ,
*дважды Герой Советского Союза,
летчик-космонавт СССР,
лауреат Государственной премии СССР*

ВВЕДЕНИЕ

В свое время Константин Эдуардович Циолковский писал, что овладение космосом принесет человечеству «горы хлеба и бездну могущества». Сегодня это образное выражение находит свое конкретное воплощение. Уже первые полеты наших космонавтов показали, что космическая техника может быть успешно применена и для решения многих задач, стоящих перед сельским хозяйством.

С каждым новым полетом в космос приобретается все больший опыт наблюдения за сельскохозяйственными угодьями, а в программу подготовки теперь включен инструктаж космонавтов специалистами агрономической науки. Это позволяет экипажам современных орбитальных станций не только постоянно следить за ходом созревания урожая и вовремя информировать о его готовности в тех или иных районах страны, но и своевременно сообщать о появлении на полях сорняков и насекомых-вредителей, а также определять степень заболоченности местности, содержание влаги и солей в почве. Из космоса можно вести наблюдение и за освобождением территории страны от снежного покрова, за вскрытием рек и паводком, за оттаиванием почвы и даже за ее температурой, за состоянием грунта и подготовкой полей к севу, за всходами культур, их цветением, созреванием и уборкой. С борта космических кораблей удобно определять степень готовности высокогорных пастбищ к вы-

гулу сельскохозяйственных животных, а также следить за их передвижением. Применение космической техники может значительно облегчить поиск новых площадей пахотных земель, пастбищ, разведку водных ресурсов, что в конечном счете благотворно скажется на развитии сельского хозяйства.

Важно и то, что подобную информацию можно получить и с автоматических спутников, установив на них специальные дистанционные датчики, направленные на поверхность Земли. Действие таких датчиков основано на том принципе, что каждый наземный объект отражает или излучает в данном диапазоне длин волн присущее лишь ему количество энергии. Приборы для дистанционного измерения, так называемые сенсорные системы, бывают либо пассивные (фото-, кино- и телекамеры, большинство сканеров), способные лишь улавливать естественно отраженную и излучаемую радиацию в различных областях спектра электромагнитного излучения, либо активные (радары), которые сами излучают радиационные сигналы и фиксируют их отражение земной поверхностью.

Коль скоро речь зашла о спектральных особенностях объектов земной поверхности, наверное, необходимо хотя бы кратко напомнить здесь основы спектрометрии. Как известно, белый свет состоит из цветных лучей различной длины волны — красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового — которые, проходя сквозь призму, неодинаково отклоняются ею и, падая на различные места экрана, образуют спектр. Первые опыты по разложению белого света на составные цветные лучи были проведены еще И. Ньютоном в 1666 году. Позже он, поместив на пути этих цветных лучей призмы, доказал, что однокрасочный луч разложить уже нельзя. Ньютон показал также, что, соединяя все эти цветные лучи, снова получают белый свет.

Для изучения оптических спектров в лабораториях пользуются особыми приборами — спектроскопами и спектрометрами, которые позволяют не только наблюдать число и расположение линий спектра, но и измерять длину волны соответствующего луча. Длины световых волн столь малы, что для их измерения существуют особые единицы длины — ангстрем (A°). $1 \text{ A}^\circ = 10^{-10} \text{ м}$. Часто длины световых волн измеряют также в микронах ($\mu\text{м}$) и

миллимикранах (ммк). За фиолетовыми лучами в спектре расположены невидимые глазом еще более короткие ультрафиолетовые лучи. Их можно обнаружить по почернению фотографической пластиинки, на которую они падают. Эти лучи оказывают биологическое действие — вызывают загар, вредно действуют на сетчатую оболочку глаза. За красными лучами расположены в спектре невидимые глазом еще более длинные инфракрасные лучи. Существует непрерывный переход от видимого света к электромагнитным волнам любой длины. Поэтому можно говорить, что длинноволновые инфракрасные лучи граничат с еще более длинными радиоволнами, а за коротковолновой частью оптического спектра — ультрафиолетовыми лучами находятся лучи еще меньшей длины волны — рентгеновские лучи.

В СССР для космической съемки применяют следующие сенсорные средства: **фотокамеры**, в том числе и стационарные МКФ-6М и КАТЭ-140, с полосой обзора соответственно 220 и 440 километров. Камера МКФ-6М, имеющая 6 независимых каналов съемки, работающих синхронно, позволяет получать изображения в узком интервале спектра от 0,4 до 0,84 миллимикрана; **фототелевизионные системы**, с помощью которых фотоизображения при считывании преобразуются в форму, удобную для передачи по радиоканалу; **телевизионные кадровые системы**, состоящие из трех высокочувствительных телекамер, каждая из которых дает изображение в одной из зон спектра; **телевизионные системы с механическим сканированием**, с помощью которых сразу получают информацию об отражательной (излучательной) способности элементов ландшафта в нескольких спектральных диапазонах.

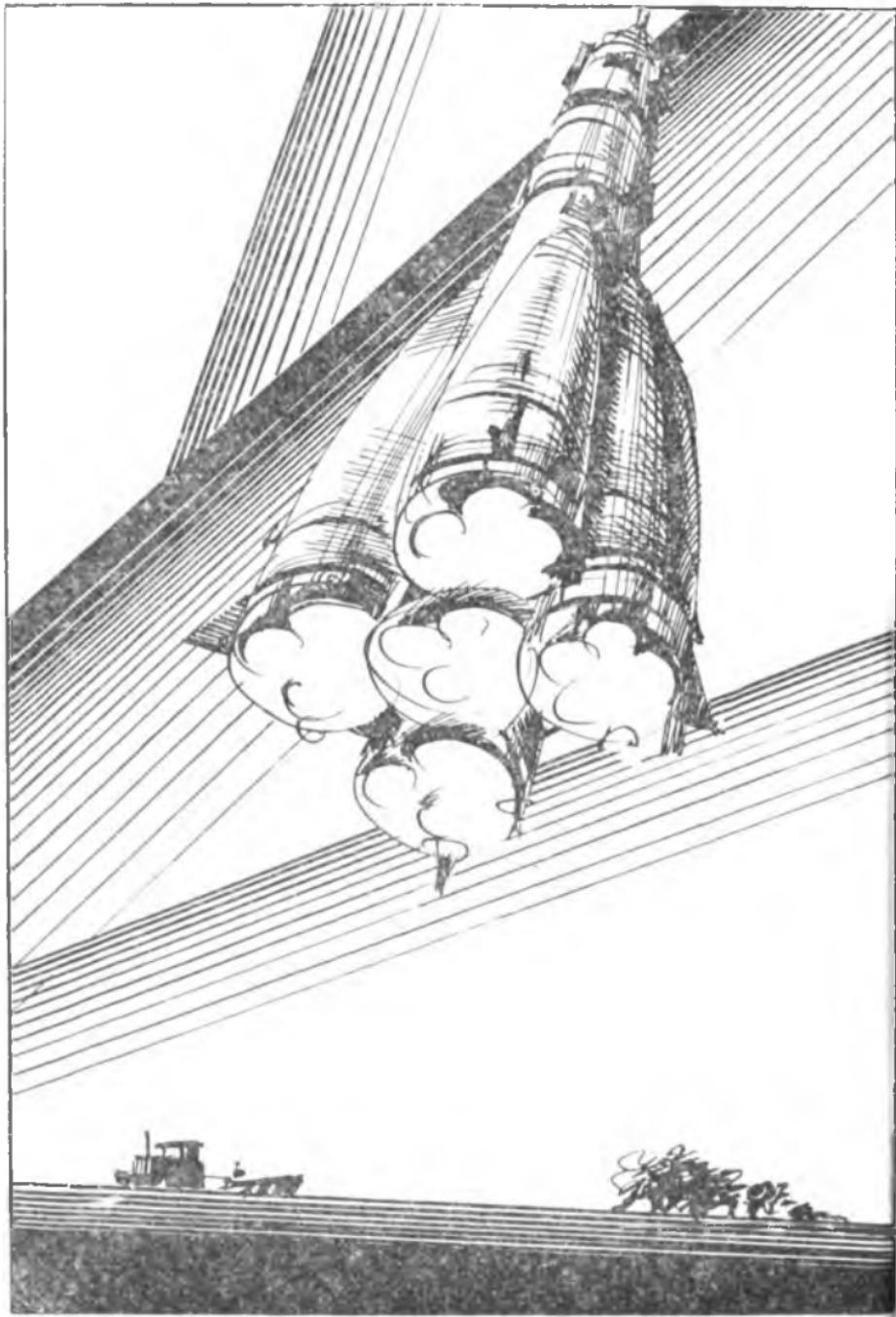
Видеинформацию от этих систем передают на Землю по радиоканалам в аналоговой или цифровой форме (последняя особенно удобна для ввода в ЭВМ). Применяемая аппаратура позволяет проводить съемку посевных площадей, выделяя определенный вид растительности, либо при одновременной работе всех датчиков во многих спектрах получать многозональные цветные снимки сельскохозяйственных культур.

По небольшому изменению цвета природных объектов на снимках можно предсказывать урожай, планировать его распределение и находить участки, где ему грозят засуха или болезни. Ну, а непрерывность наблюдений, которая достигается проведением съемок с помощью спутников, позволяет одновременно выявлять, например, участки, пораженные вредителями или болезнями, что, естественно, способствует более успешному «лечению». Полученные сведения передаются наземному решающему и анализирующему устройству для оперативного принятия неотложных мер. Анализ соответствующей космической сельскохозяйственной информации наземные диспетчеры могут проводить с учетом сведений, поступающих с метеорологических и гидрологических спутников, от службы Солнца, аэрофотонаблюдений и соответствующих наземных органов. Это позволит работникам сельского хозяйства оперативно получать информацию и своевременно намечать наиболее рациональные мероприятия с учетом всех внешних факторов, в том числе и прогнозов погоды. Специальные системы отображения, оснащенные современной электронно-вычислительной техникой, будут хранить в «памяти» самые разнообразные сведения о сельскохозяйственных районах (участках) и их производственных возможностях, в частности, материальных и людских ресурсах, поэтому ЭВМ смогут сопоставлять вновь поступающие данные с уже известными характеристиками и быстро выдавать результаты — основу для тех или иных рекомендаций, которые по системам космической связи будут незамедлительно доводиться до заинтересованных организаций. Сейчас, конечно, трудно делать какие-либо точные экономические подсчеты, однако уже первые результаты оказались весьма обнадеживающими.

Расчеты ученых показывают, что экономический эффект от применения космической техники в сельском хозяйстве чрезвычайно велик: в среднем 7 руб-

лей прибыли на каждый затраченный рубль. Использование космических данных, по мнению специалистов, поможет увеличить в мире урожай хлопка до 10 процентов, поголовье скота — на 3,5 миллиона голов и снизить потери урожая только от сорняков на 10—15 процентов. Одно лишь точное регулирование начала сельскохозяйственных работ, по данным зарубежных ученых, даст в масштабе всей планеты ежегодную прибыль в 15 миллиардов долларов. Так что уже сегодня можно говорить, что пророческие слова К. Э. Циолковского сбываются.

1012100



КОСМИЧЕСКИЕ ПОМОЩНИКИ ЗЕМЛЕДЕЛЬЦЕВ

Из всех компонентов природы растительность наиболее чувствительна ко всевозможным воздействиям, и поэтому с полным правом считается лучшим естественным показателем или, как говорят, индикатором состояния окружающей природной среды.

Надо сказать, что спектральные характеристики и отражательная способность растений в целом зависят от оптических свойств листьев, стеблей и других элементов, от их ориентации и структуры. По мере развития растений увеличивается их биомасса, то есть в них накапливаются хлорофилл и другие пигменты, что, в свою очередь, приводит к изменению поглощающей и отражательной способностей посевов. Изменение спектров яркости сельскохозяйственных культур в процессе их вегетации при общих закономерностях происходит по-разному. Так, коэффициент спектральной яркости (КСЯ) всех растений почти одинаков в первый период вегетации. Кроме того, выяснилось, что отражательная способность зависит от объемной плотности фитоэлементов — посевы с разной вегетативной массой имеют разную спектральную яркость. Таким образом, по КСЯ можно оценивать физиологическое состояние растений, следить за их развитием, определять видовой состав этих сообществ, регистрировать очаги поражения, прогнозировать урожайность.

Этому выводу предшествовали тщательные исследования. В частности, на полях Калужской области

в 1978—1979 годах изучалась зависимость КСЯ красного клевера, картофеля, кукурузы и овса от высоты солнца. Во время измерений эти культуры находились в следующих стадиях развития: красный клевер был в фазе цветения, картофель — в периоде интенсивного клубнеобразования, кукуруза — в фазе выметывания метелки и овес — в стадии колошения. Измерения проводились с вертолета — винтокрылая машина «зависала» над нужным объектом на высоте 25—30 метров — и время наблюдения каждого объекта составляло 30—40 секунд. Этот предварительный эксперимент показал, что величина КСЯ изменяется в течение дня и зависит от соотношения между прямой и рассеянной радиацией, то есть от высоты солнца над горизонтом.

Вследствие многих исследований растительности оптическими методами выяснилось, что на фотометрические признаки растений не влияют внешние и технические условия съемки. Проверка этого вывода была осуществлена на материалах многозональных съемок тестового участка в Курской области. Съемки проводились на посевах озимой и яровой пшеницы несколько раз в вегетационный период в течение трех лет. При этом растения изучались в течение всех фаз развития: всходов, кущения, выхода в трубку, колошения, молочно-восковой спелости, полной спелости и по стержневым остаткам. И сегодня уже могут быть разработаны системы дистанционных методов и аппаратура для непрерывного контроля за состоянием, в частности, посевов тех или иных сельскохозяйственных культур как на территории отдельных регионов, так и в более крупных масштабах.

Широкое применение аэрокосмическая информация находит и при исследованиях, например, природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. По осуществляющей ныне комплексной программе «Сибирь» ее используют во многих направлениях, в том числе и

для исследования ресурсов растений на всей огромной территории к востоку от Уральских гор.

Аналогичные работы проводятся и за рубежом. В июне 1980 года в Будапеште состоялся симпозиум Комитета по космическим исследованиям при Международном Совете научных союзов (КОСПАР), посвященный дистанционным методам изучения почв и растительности, где говорилось, в частности, о том, что после завершения экспериментов по распознаванию сельскохозяйственных культур на больших площадях, которые проводились в минувшем десятилетии, была начата новая аналогичная программа по разработке и применению методов прогнозирования урожайности различных сельскохозяйственных культур — пшеницы, ржи, картофеля и других. Эта новая программа рассматривается как очередной этап в развитии космического природоведения.

На симпозиуме была рассмотрена модель формирования спектра отражательной способности растительного покрова, которую предложил Сьетсен. Основу этой модели, исходящей из разработки советского ученого Ю. К. Росса и его сотрудников из Института астрофизики и физики атмосферы Академии наук Эстонской ССР, составляет использование теории переноса излучения в рассеивающей и поглощающей среде.

Одним из наиболее информативных параметров, характеризующих развитие растительного покрова и урожай, является индекс площади листьев (ИПЛ) с учетом лишь одной их стороны на единицу площади почвы. Поскольку поле отраженной радиации многих сельскохозяйственных культур образуется преимущественно за счет листьев, то особо важное значение приобретают исследования их оптических свойств и пространственной ориентации.

Модель Сьетсена, устанавливающая взаимосвязь между ИПЛ и углами наклона листьев, позволяет связать статистические характеристики структуры растительного покрова с ИПЛ, который является индикатором развития растительности. Поэтому в течение той части периода вегетации, когда цвет растительности практически неизменен, показателем динамики является степень несомкнутости покрова, то есть доля площади почвы и ИПЛ. До момента максимального развития растений между этими индикаторами существует тесная взаимосвязь, и только при созревании

сельскохозяйственных культур, когда начинает меняться цвет растительности, появляется новый индикатор. Наиболее чувствительным показателем структуры растительного покрова является КСЯ в ближней инфракрасной зоне спектра электромагнитного излучения.

Говоря об измерениях, которые были осуществлены учеными и исследователями в рамках эксперимента по распознаванию урожая на больших площадях, следует отметить, что они были выполнены на больших площадях, занятых посевами различных сельскохозяйственных культур — над полями озимой и яровой пшеницы, кукурузы, сорго, люцерны и овса. Здесь было установлено, что динамика КСЯ в период роста и развития зерновых характеризуется на первом этапе (стадия несомкнутого растительного покрова) совместным вкладом почвы и растений в формирование поля яркости. По мере развития растительности происходит возрастание КСЯ в ближней инфракрасной области спектра и одновременный спад КСЯ в видимом диапазоне за счет поглощения радиации пигментами растений (главным образом хлорофиллом).

В этот период усиливается также поглощение радиации водой, содержащейся в листве. Во время увядания растительности уменьшается содержание хлорофилла и изменяется содержание и соотношение других пигментов. В результате происходит рост КСЯ в видимом диапазоне.

Во время этого же эксперимента исследователям с помощью спутников удалось выявить повреждения насаждений непарным шелкопрядом, а также осенние повреждения пяденицей. С помощью космической съемки было проведено картирование полей хлопчатника (идентифицированы с точностью 63 процента) для контроля за распространением розового коробочного червя и организации борьбы с ним.

Надо сказать, что дистанционные методы применяются не только для непосредственного наблюдения поражений растительности, но и для предсказания условий, благоприятных для возникновения и распространения болезней и вредителей. Для такого рода прогнозов осуществляют дважды в день сбор данных о температуре, влажности, осадках и других показателях.

Об интересных исследованиях, также проводившихся в этой области, доложили на симпозиуме в Будапеште индийские ученые. Они сделали обзор результатов лабораторных и полевых исследований спектральных отражательных способностей различных природных образований — растительности, почвы, горных пород. Проведенные ими измерения КСЯ на полях с посевами пшеницы, хлопка, маиса и других сельскохозяйственных культур показали, что по мере развития растительного покрова происходит повышение КСЯ и в ближней инфракрасной области спектра. Отсюда следует, что и по отношению яркостей можно проследить динамику развития сельскохозяйственных культур. Анализ КСЯ пшеницы и сахарного тростника выявил также возможность распознавания заболеваний сельскохозяйственных культур. Оказалось, что чувствительным индикатором состояния растительности является разность температуры растительного покрова и температуры воздуха. В нормальных условиях развития, например, пшеницы эта разность либо равна нулю, либо отрицательная. В условиях же дефицита влаги она больше нуля и достигает иногда 10—12 градусов.

В Индии также разработали метод прогноза появления на посевах пшеницы возбудителей стеблевой ржавчины, споры которых распространяются ветром и осаждаются на растении с дождевыми каплями. Этот метод позволяет предсказывать район появления болезни за 40—45 дней вперед. В Алжире в 1971 году

был разработан проект использования космических данных для борьбы с саранчой, который получил затем распространение и в других странах Северо-Западной и Западной Африки, а также Среднего Востока.

Космическая информация служит особенно эффективно, когда она используется для борьбы с вредителями растений совместно с наземными и аэрологическими службами, имеющими на вооружении сложнейшую технику, в том числе и радиолокацию, которая успешно применялась, например, для контроля за движением опасного вредителя растений — восточной плодовой мухи — из Индонезии в Северную Австралию. Оказалось, что с помощью радаров мигрирующих насекомых можно выявлять в воздухе и после захода солнца. Наблюдения показали, что они, двигаясь, как правило, по направлению ветра, за несколько часов преодолевают десятки и сотни километров. Иногда удается проводить оценку даже числа и плотности популяций насекомых, а путем анализа отраженного сигнала (эха) выявлять отдельные, более крупные, виды на расстоянии до 1,5 километра. Было установлено, что характер электронного эха зависит от частоты взмахов крыльев насекомых, а так как число взмахов у бабочки отличается от числа взмахов у тлей, появляется возможность определять таким путем и вид насекомых-вредителей. Отдельных тлей радары обнаруживают на расстоянии до 270 метров, а их скопления — до 72 километров.

Не менее перспективно применение для дистанционных наблюдений инфракрасных термометров. За рубежом, например, создан специальный инфракрасный пистолет, чувствительный к тепловой радиации от листьев растений, переводящий поток энергии в показатели температуры. С помощью этих датчиков специалисты проводят сейчас наблюдения за температурой пшеницы в период колошения (для

прогнозирования будущего урожая). В дальнейшем такие же наблюдения предполагают проводить на посевах люцерны и хлопчатника. Специалисты считают, что такого рода исследования могут быть полезными для определения будущего урожая больших ферм, сельскохозяйственных районов и в глобальном масштабе.

Основная выгода от применения дистанционных, в том числе и космических, методов наблюдения, как уже отмечалось, состоит в исключительной точности измерений без повышения расходов, связанных с наземным обследованием. Кроме того, они способствуют сокращению сроков проведения работ при снижении затрат. Так, например, раньше для организации борьбы с розовым коробочным червем зачастую необходимо было ежегодно обследовать в критическое для развития вредителя время многие тысячи гектаров посевов хлопчатника.

При помощи спутника на получение необходимой информации ныне затрачивается всего по несколько человеко-часов в декабре, феврале и марте, что конечно же несравнимо со временем, необходимым при проведении наземного обследования.

В этой связи интерес представляет опыт сравнительной классификации посевов пшеницы, кукурузы и некоторых других сельскохозяйственных культур по данным космических и наземных измерений, проведенный несколько лет назад. Он показал, что в мае — июне — в конце периода созревания для пшеницы и в начале — для кукурузы, данные наземных измерений обеспечивают более надежную информацию, чем космических, а в августе, когда период созревания кукурузы заканчивается, а у соевых бобов еще продолжается, предпочтительнее оказывается космическая информация.

Интересные результаты многозональной аэрокосмической съемки сельскохозяйственных культур были

получены кубинскими учеными. Как известно, на I съезде компартии Кубы были приняты «Тезисы и резолюции», которые в числе других мер по развитию экономики страны предусматривали исследования ее природных ресурсов с использованием аэрокосмических средств. В связи с этим в 1977 году был проведен первый научный эксперимент «Тропик-1» по многонациональной аэрофотосъемке в видимой и ближней инфракрасной области спектра. В задачи эксперимента входило: дешифрирование полей сахарного тростника и определение его состояния в разных стадиях развития; определение типов почв и их основных характеристик — влажности, температуры, засоленности; выяснение связей между растительностью и элементами ландшафта; изучение морских течений и осадочных процессов, а также речных русел, развивающихся в условиях карстового и расчлененного рельефа.

Для проведения этого эксперимента были выбраны четыре полигона с наиболее характерными природными условиями. На ключевых участках каждого полигона, кроме аэроисследований, проводились многосторонние наземные исследования, причем объектами съемки были геологические образования, почва, растительность, сельскохозяйственные культуры, береговая зона и некоторые реки. Размеры этих участков подбирались с таким расчетом, чтобы они хорошо различались на снимках. По полученным материалам был выполнен ряд исследовательских и практических работ. Так, на снимках мелководных участков провинции Пинар-дель-Рио были четко выделены подводные валы, отмели, подводное русло, каналы и каньоны. Здесь хорошо опознавались большие скопления водорослей и водных растений. Другие снимки, отличавшиеся высоким пространственным разрешением, оказались наиболее пригодными для выявления мелких контуров. На них хорошо определялись посевы,

лесные массивы, береговая мангровая растительность. По инфракрасным снимкам четко дешифрировалась береговая линия рек, озер, водохранилищ и морей. Многозональные аэроснимки были использованы для дешифрирования основных типов почв и их границ. Эти результаты были использованы для уточнения почвенной карты района Гаваны.

Первый опыт использования многозональной аэрокосмической съемки для изучения природных ресурсов Кубы принес столько материала, что возникли трудности с его оперативной обработкой. Поэтому второй подобный эксперимент в 1978 году был значительно ограничен по площади. Съемки на этот раз производились лишь в западной части Кубы на хорошо изученных участках. Многозональные съемки с годовым интервалом позволили выполнить исследования по динамике некоторых природных и экономических объектов. Полученный материал позволил начать составление единой межотраслевой программы комплексного использования космической информации.

В июле 1978 года во время полета международного экипажа в составе советского и польского космонавтов на орбитальной станции «Салют-6» был проведен эксперимент по программе дистанционного зондирования Земли под названием «Земля», подготовленный советскими и польскими специалистами. Он состоял из двух частей — «Телекам-78» и «Океан». Основной задачей эксперимента было визуальное наблюдение и фотографирование определенных районов земной поверхности и океана с помощью многозонального космического фотоаппарата МКФ-6М. В этом эксперименте, который проводился в рамках программы «Интеркосмос», участвовали Институт космических исследований Академии наук СССР (ИКИ АН СССР), Центральная лаборатория космических исследований Венгерской Академии наук,

Центральный институт физики Земли Академии наук ГДР, Институт электроники Академии наук ГДР, Институт космических исследований природных ресурсов Академии наук Азербайджанской ССР, Центр космических исследований Академии наук Польши, университеты Варшавы, Вроцлава, Познани, Польский институт геодезии и картографии. Эксперименту «Телефото-78» предшествовала подготовительная работа, которая заключалась в выборе районов предстоящих исследований, а также в предварительном анализе имеющихся карт этих районов, подборе их физико-географических описаний и составлении тематических карт — геологических, геоморфологических, почвенных, гидрографических, сельскохозяйственных и других.

Комплексное аэрокосмическое фотографирование включало, кроме многозональной космической съемки с борта орбитальной станции «Салют-6» камерой МКФ-6М, черно-белую аэрофотосъемку с высоты 10 000 метров камерами МКФ-6М с адаптером и МВ-470, а также телевизионную съемку многоспектральной сканирующей системой и топографическую черно-белую аэрофотосъемку с той же высоты. Кроме того, с высоты 4500 метров проводилась топографическая черно-белая аэрофотосъемка, а с высоты 2500 метров — многозональная аэрофотосъемка камерами МКФ-6М и МВ-470 и топографическая черно-белая аэрофотосъемка. Съемка с высот 4500 и 2500 метров проводилась с самолета-лаборатории АН-30, оборудованной ИКИ АН СССР. Одновременно с аэрокосмическими исследованиями велись наземные метеорологические наблюдения, измерения влажности почв, описание видов и состояния сельскохозяйственных культур, выращиваемых в этих районах, а с помощью наземных спектрометров определялись их коэффициенты спектрального отражения. На основе многозональных аэрофотоснимков были оцене-

ны возможности распознавания разных видов возделываемых культур, определены структуры самих культур и состояние земель полигона «Шрода-Шлепская». Эти работы позволили проанализировать возможность определения растений на многозональных аэрофотоснимках. Во время исследований были определены и виды древостоя, а также разработана методика создания топографических карт стереограмметрическим способом по снимкам разных каналов. Эти работы и их первые результаты свидетельствуют, что все материалы космических съемок и измерений были успешно применены в научных целях и в различных отраслях народного хозяйства. При обработке снимков удалось также провести классификацию по спектральным признакам озимого ячменя, сахарной свеклы и ржи с точностью примерно 90 процентов. Кроме того, по ним удалось выделить следующие 6 классов использования земель: застроенные территории, леса и озелененные участки, водные пространства, бросовые земли, сельскохозяйственные территории с крупным хозяйством. Причем важно отметить, что определение всех этих данных было произведено значительно быстрее и обошлось дешевле, чем при непосредственном обследовании на местности, да и сами снимки позволили получить такую качественно новую информацию о состоянии объектов и явлений, какую нельзя получить никакими другими средствами.

Очень примечательны и другие факты роста значимости космических методов и средств для сельского хозяйства. Так, только за первые два года работы на орбите пилотируемой станции «Салют-6» была выполнена обширная программа исследования природных ресурсов и изучения окружающей среды. Получено около 9 тысяч космических фотографий, из них 2 тысячи были переданы научным организациям в ЧССР, ПНР и ГДР. Очень результативным было также пребывание на «Салюте-6» всех международных

экспедиций посещения. Вот, например, какие работы в области сельского хозяйства проводила из космоса одна из них — советско-монгольская.

Полет экипажа в составе космонавтов В. Джанибекова и Ж. Гуррагчи по программе «Интеркосмос» в марте 1981 года явился составной частью широкого сотрудничества советских и монгольских ученых.

Во время полета советско-монгольского экипажа в числе других проводился и эксперимент «Гоби». Суть его состояла в исследовании Большого Гобийского заповедника. «Надо сказать,— писала по этому поводу «Правда» 27 марта 1981 года,— что в обычаях монголов бережно относиться к своей природе... В республике создано 11 заповедников. Большой Гобийский, соответствуя названию, принадлежит к крупнейшим».

На Земле за ним давно уже наблюдает комплексная советско-монгольская экспедиция. Теперь к ней присоединилась экспедиция космическая. Что интересовало исследователей? Многое. Выявлялись ресурсы полезных растений. Животный мир. Оценивались метеоусловия, например, сила ветра, опесчаненность атмосферы. Изрезанность участков наблюдения старыми руслами — по ним косвенно можно судить о характере выпадения осадков, а практически они принимаются в расчет при строительстве дорог, линий связи.

Эксперимент «Биосфера-Мон», также проводившийся этим экипажем, включал полтора десятка исследований по геологии, биологии, гидрологии, ботанике. Одно из них называлось «Пастбища». О нем давал пояснения корреспонденту «Правды» старший научный сотрудник Ботанического института Академии наук Монголии Б. Дашиян. Прежде чем начать свой рассказ, он развернул карту пастбищных угодий страны, которая была сделана на основе космических снимков, и пояснил, что регулярный контроль за участками, которые намечены ныне для зондирования с

орбиты, ведется на Земле уже примерно 40 лет. «Очень интересно сопоставить свои выводы с результатами, которые привезут космонавты,— сказал учёный,— практическая их ценность понятна каждому монголу. Ведь пастбищное животноводство в республике продолжает развиваться. Мы хотим лучше понять закономерности зональных смен растительности, выявить основные ее типы, полнее учесть кормовые ресурсы в труднодоступных районах. Естественная растительность с орбиты исследовалась пока мало. Надеемся, что космонавты крепко помогут нам. Между прочим, одним из тестовых участков, съемка которых запланирована, избран Булганский аймак.. Гуррагча оттуда родом...»

Для развития животноводства Монголии, занимающей пятое место в мире по количеству скота на душу населения, огромное значение имеет инвентаризация пастбищ, анализ состояния сенокосных угодий, прогноз кормовой базы на различные сезоны года. Задания «Пастбища», «Зааг» и некоторые другие, которые выполнялись космонавтами, служили этой цели. Как рассказал президент Академии наук МНР, председатель Национального совета космических исследований академик Б. Ширендыб корреспонденту «Известий», космическая съемка дает возможность определять мероприятия по охране и восстановлению пастбищ, создавать разумную схему сезонного их использования, развития колодезной сети, отгона скота. Дешифрирование спутниковой информации уже помогло выделить участки, перспективные для выращивания зерновых культур, овощей, фруктов, а кроме того, привлекла внимание к участкам, затронутым эрозионными процессами. «Космические исследования, проводимые с участием нашей страны,— добавил Б. Ширендыб,— на базе советских искусственных спутников, позволяют точно прогнозировать погоду, что имеет особое значение не только для животновод-

ства и земледелия, но также для строительства, авиации, для разных отраслей народного хозяйства».

Как отмечал в «Правде» 28 марта 1981 года научный сотрудник госцентра «Природа» кандидат технических наук А. Д. Коваль, во время пребывания международных экспедиций посещения на станции «Салют-6» регулярно проводилось картографирование лесов и сельскохозяйственных угодий в интересах прогнозирования их продуктивности на территориях стран-участниц, определялись характеристики гидрографической сети и т. д. Для каждого эксперимента были разработаны конкретные программы и картограммы с указанием районов и условий съемок, бортовая документация. Международные экипажи прошли в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина специальную подготовку по космическому природоведению, изучили методику визуальных наблюдений и фиксации результатов, устройство переносной фотоаппаратуры и камер МКФ-6М и КАТЭ-140, а также широко применяемого спектрометра «Спектр-15».

В результате международных экспериментов по исследованию Земли специалисты получили для анализа несколько тысяч космических снимков, записи в бортжурналах, рисунки, кассеты со спектрограммами и оперативные сообщения с борта по радиоканалам.

И еще один пример. Когда в апреле 1981 года завершалась пятая неделя полета В. Коваленка и В. Савиных на борту комплекса «Салют-6» — «Союз-Т4», газеты отметили, что экипаж продолжал сбор информации о минерально-сырьевых ресурсах Земли, об условиях мореплавания в акватории Мирового океана, проводил оценку загрязненности и состояния природной среды промышленных районов и крупных городов. При помощи фотоаппаратов МКФ-6М и КАТЭ-140 космонавты вели фотосъемку не только

отдельных районов территории Советского Союза, в частности, южных республик, но и альпийских лугов и других пастбищ, пригодных для выгула скота. Подобными наблюдениями космонавты начали заниматься еще при первых полетах на орбитальных станциях, а когда Г. Гречко и Ю. Романенко вернулись из космоса, выяснилось, что результатами их наблюдений пользовались в Казахстане, Киргизии и Таджикистане.

Естественно, что следующие экипажи станции продолжили исследования для нужд сельского хозяйства — они сообщали данные о состоянии полей, о грунтовых водах. Несколько раз за время своего полета В. Рюмин и Л. Попов, например, сообщали, что в тех или иных районах Средней Азии трава еще не успела подняться и перегонять отары овец нужно чуть позже. Наблюдения в интересах сельского хозяйства были продолжены и во время пятой длительной экспедиции. Космонавты В. Коваленок и В. Савиных около трех тысяч раз фотографировали земную поверхность. А общее время визуальных наблюдений суши в интересах сельского хозяйства, проводившихся под руководством специалистов Института кибернетики Министерства сельского хозяйства СССР, если учесть и наблюдения, которые проводили участники первой экспедиции на новой орбитальной станции «Салют-7» летчики-космонавты СССР А. Березовой и В. Лебедев, превысило 100 часов.

Под руководством специалистов Института кибернетики Министерства сельского хозяйства СССР и его Краснодарского филиала космонавты с помощью ручных фотокамер и стационарных аппаратов МКФ-6М, работавших в 6 зонах спектра, и КАТЭ-140 произвели, в частности, детальную съемку 8 миллионов квадратных километров сельскохозяйственных угодий и почвы на территории Краснодарского и Ставропольского краев. При этом решались три зада-

чи: отрабатывалась методика дистанционного контроля за динамикой развития сельскохозяйственных культур, выяснялась возможность по изменению окраски полей определять участки, пораженные вредителями, и оценивались эрозионные процессы. На Землю доставлено около 20 тысяч снимков территории нашей страны, которые сейчас дешифрируются, но уже первые результаты обработки свидетельствуют, что все задачи, которые поставили специалисты сельского хозяйства, удалось успешно решить. Что же касается практических результатов этих наблюдений, то все они сразу же доводились до сведения краевых управлений сельского хозяйства, а теми — до соответствующих районов для принятия конкретных мер.

Важно также отметить, что исследования носили комплексный характер: одновременно с наблюдениями с космической орбиты эти же районы подвергались изучению с борта специально оборудованного самолета АН-30 и наземными партиями исследователей.

Опыт свидетельствует, что такого рода комплексные наблюдения бывают наиболее результативными и поэтому они постоянно проводятся нашими учеными на специальных полигонах. Так, в апреле и мае 1981 года, когда на космической орбите находилась наша научная станция «Салют-6», в южных районах страны работали несколько воздушно-наземных экспедиций. Одна из них изучала, например, территорию Таджикской ССР в рамках программы комплексной инвентаризации природных ресурсов республики.

Такие исследования, конечно же, уже сегодня приносят ощутимые результаты. Однако они важны еще и потому, что дают возможность проводить практическую проверку соответствующей техники, в частности аппаратуры, и одновременно как бы определить направление ее дальнейшего развития, совершенствования.

Так было определено: чтобы быть экономически выгодными, обследования со спутника должны охватывать значительные площади. Однако в будущем считается возможным создание сканера с большим пространственным разрешением, способного анализировать площадь менее 0,1 гектара. Новые системы позволят также более часто обследовать одну и ту же площадь — с интервалом 7—9 дней. Со временем, как планируют исследователи, информация со спутников, в том числе и относящаяся к сельскому хозяйству, будет поступать в специальные банки данных с автоматическим хранением, поиском и анализом информации. В перспективе же предполагается создание глобальных информационных систем дистанционных наблюдений, которые позволят прогнозировать рост и развитие культур в связи с применением удобрений, изменениями погоды, способностью почвы удерживать влагу, частотой поливов — словом, всем тем, что влияет на урожай.

Кроме получения чисто оперативной сельскохозяйственной информации, сейчас очень важно создать методику дистанционных измерений, чтобы поручить их в дальнейшем автоматическим спутникам.

Так, в частности, поступили создатели запущенного 5 июля 1983 года спутника «Космос-1472», который, согласно Сообщению ТАСС, уже имеет на борту «научную аппаратуру, предназначенную для продолжения исследований природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства».

«Я считаю, — писал в «Правде» 31 декабря 1980 года дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР А. Елисеев, — что одна из статей дохода из космоса будет связана с созданием «сельскохозяйственных спутников», которые вели бы оперативный контроль за состоянием лесов и полей, влажностью земель, запасами воды и т. п. Спутники связи дейст-

вуют сейчас хорошо, мы уже не представляем, как без них можно обойтись. Столь же необходимы и «сельскохозяйственные спутники».

Словом, полеты космонавтов приносят с каждым годом все более ощутимую пользу в такой обширной и трудоемкой области, как сельское хозяйство. Но, как отмечал в том же выступлении в «Правде» А. Елисеев, трудность сейчас уже не в работе космической техники, а в быстрейшем создании наземного комплекса по своевременной обработке и распределению богатейшей информации из космоса по областям и районам, колхозам и совхозам. Работа в этом направлении уже ведется.

Не менее перспективно, чем в земледелии, использование космической техники и в почвоведении. Космические методы изучения почвенного покрова ускоренно проходят ныне тот же путь развития, что еще недавно проходили и аэрометоды в этой науке: разрабатываются основы тематического дешифрирования, составляются эталоны-определители для дешифрирования космических снимков, измеряются спектральные характеристики различного типа почв. Современный этап развития исследований характеризуется интеграцией трех уровней: космического, авиационного и наземного. Это порождает новый ряд теоретических проблем, таких, как генерализация объектов исследования, соотношение классификационных единиц, типизация и экстраполяция получаемых данных. На их решение и направлены ныне усилия советских и зарубежных почвоведов. Для этого широко используются современная радио- и фототелевизионная техника, бортовые космические радиолокационные станции (РЛС). При этом изучение полученных радиолокационных и фототелевизионных космических снимков производится по следующим дешифровочным признакам почв: тон фотоизображения почвенного покрова на цветных спектрональных космических снимках;

размеры и форма почвенных контуров; текстура фотоизображения почвенного покрова и ее классификация.

Для выяснения температуры почв специалисты широко пользуются инфракрасными термометрами. Экспериментами по сопоставлению содержания почвенной влаги с разницей температур посевов и воздуха были установлены связи, которые могут быть использованы для разработки схем поливов и предсказания потенциального урожая культуры. Информация о почвенной влаге поможет определять активный период распада (сохранения) пестицидов и вероятность появления некоторых болезней растений и поражения их вредными насекомыми.

По космическим снимкам удобно не только контролировать состояние почв, но и следить за их изменением, например, под влиянием орошения. Именно таким путем удалось успешно дешифрировать почвы пяти различных районов степной зоны Алтайского края, Казахстана и районов пустынной зоны восточного побережья Каспийского моря.

Особый интерес представляют результаты инфракрасной радиотепловой и радиолокационной съемки для выявления на земной поверхности зон повышенной влажности, температурных аномалий, а также для изучения рельефа местности и почвенно-геоморфологических особенностей регионов.

Надо сказать, что первые такие исследования у нас в стране были проведены еще в 20-х годах. Однако наиболее серьезное изучение отражательных характеристик почв началось только в 60—70-х годах, когда были собраны образцы различных почв и в лабораторных условиях путем измерения спектрального альбедо (отношение отраженного потока излучения к падающему) изучили их отражательные характеристики (образцы брали только с верхнего горизонта, высушивали до воздушно-сухого состояния и просеи-

вали через два сита, что позволило полностью исключить влияние структуры и влажности на спектральные отражательные характеристики). Различия в отражательной способности почв оказались настолько значительными, что этими данными можно было пользоваться как объективными признаками при изучении почвенной морфологии.

В дальнейшем были проведены исследования почв разных районов страны. В Средней Азии, например, анализировались отражательные свойства пустынных почв: серо-бурых из-под Чурука, типичного серозема из Ташкента и песчаных почв Аяк-Аштма. Вследствие низкого содержания органического вещества все эти почвы имели высокую яркость, особенно в длинноволновой части спектра. Были изучены также отражательные свойства трех резко отличных типов почв Приморского края и трех типов почв зоны субтропиков Западной Грузии: желтоземноподзолистой, желтозема и кремнезема.

Краткий анализ спектров отражения основных типов почв, расположенных в различных географических зонах, показал, что для них характерно постепенное увеличение спектральной яркости с ростом длин волны в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Причем у светлых почв это увеличение происходит быстро, у темных — медленнее. Отличительная особенность кривых спектрального отражения: почвы имеют различную степень селективности (избирательности) по спектру. Эти исследования позволили также выявить следующие факторы влияния на спектральную отражательную способность почв: с увеличением шероховатости почвы альбедо ее сильно уменьшается; спектральная яркость почв растет с уменьшением размеров ее фракций; с увеличением шероховатости почвы уменьшается ее КСЯ; увлажнение резко снижает спектральную яркость почв, так как почва после увлажнения темнеет; отражательные

свойства почв изменяются в течение дня (выше поднимается солнце — увеличивается и КСЯ почв). Существует также определенная зависимость спектральных отражательных свойств от содержания гумуса в почвах, а также от содержания в ней окислов железа, различных минералов и солей. Исследования показали, что интенсивность отражения находится в обратной зависимости от содержания железа и может быть выражена определенным уравнением, которое позволяет весьма точно определить содержание гумуса по спектрофотометрическим характеристикам.

По данным А. П. Тищенко и Г. М. Степановой (см. журнал «Исследования Земли из космоса», № 3, 1980 г.), возможность картирования почвенного покрова с помощью дистанционных измерений, в частности, использования спектральных отражательных свойств почв для построения почвенных карт обширных территорий, определялась на примере исследования почв Украины и Молдавии. Проведенный эксперимент показал, что использование КСЯ почв, измеренных в узких спектральных интервалах, открывает широкие возможности для их картирования. Применение накопленного опыта позволит специалистам ускорить и рационализировать процесс картирования почв других краев и областей, значительно сократит объем работ, связанных с тяжелым физическим трудом (закладкой так называемых разрезов), уменьшит материальные затраты и, что самое главное, позволит в короткий срок составить карты на огромные площади.

Однако далеко не все вопросы здесь решены. Так большие сложности возникают при использовании дистанционных методов изучения почв из космоса. Дело в том, что при выполнении космических съемок дистанционными методами, то есть по спектрам отражения, регистрируется излучение не от растительности в чистом виде, а от всей системы «атмосфера —

растительность — почва». Поэтому изучение по снимкам состояния растительного покрова связано с необходимостью выделить «вклад» в полученное излучение от атмосферы и почвы. При этом для учета «вклада» почв необходимо знать пространственное распределение их отражательных характеристик, т. е. создать соответствующие карты по КСЯ почв. Как известно, коэффициент спектральной яркости определяется отношением яркости изучаемой поверхности к яркости идеального рассеивателя (эталона) в предложении, что эта поверхность и эталон находятся в совершенно одинаковых условиях освещения и наблюдения.

В Государственном научно-исследовательском центре изучения природных ресурсов была составлена таблица КСЯ типов и подтипов почв, наиболее характерных для европейской территории СССР. По анализу кривых КСЯ почвы были разделены на следующие группы:

- аллювиально-луговые и торфяно-глеевые (значение КСЯ меньше 0,06, т. е. у них минимальная отражательная способность);
- все подтипы черноземов, а также темно-каштановые и темно-серые лесные (КСЯ 0,06—0,13);
- пустынно-песчаные, светло-каштановые, светло-серые лесные, солонец мелкий (КСЯ 0,13—0,19);
- солодь глеевая, дерново-подзолистые, слабо- и среднеподзолистые, подзолисто-глеевые, сильноподзолистые, солончак пухлый (КСЯ 0,19—0,25);
- бурые пустынно-степные (КСЯ 0,25—0,30, т. е. отражательная способность наибольшая).

Эта классификация почв, составленная по их отражательной способности, была представлена на картах европейской территории СССР соответствующей штриховкой. Выбор масштаба проекции, а также способ изображения и степень генерализации зависели от назначения карт.

Следует отметить, что КСЯ всех названных типов почв измерялись в основном в лабораторных условиях. Однако при сравнении их с космическими снимками этой же местности, полученными со спутника «Метеор» летом 1975 года, оказалось, что они в общем совпадают.

Все собранные данные об отражательной способности почв удалось сгруппировать и создать на основе предложенной классификации методику составления карт отражательной способности почвенного покрова. Технология составления их довольно проста: основные элементы карты (математическая основа, гидрография, крупные города, контуры почвенных ареалов) переносятся практически без генерализации, а обобщение почвенных контуров производится только для черноземов, так как КСЯ подтипов черноземов почти не отличаются друг от друга...

Аналогичные работы по дистанционному изучению почв проводились и зарубежными учеными. Так, измерения КСЯ почв, сделанные в Болгарии, Польше и Чехословакии, относились к следующим группам почв: подзолистые и бедные черноземы и аллювиально-луговые почвы и луговые солонцы. Анализ данных показал, что хотя во всех случаях наблюдался рост КСЯ с увеличением длины волны, однако рост этот был не монотонен, а уровни значения КСЯ различались в зависимости от типа и свойств почв. Одним из главных факторов формирования поля яркости почвы являлся ее механический состав, влияющий на особенности спектрального распределения КСЯ (почвы, обладающие более крупнодисперсной структурой, характеризуются пониженным уровнем КСЯ). Полученные данные убедительно свидетельствовали о возможности различия типов почв по особенностям их КСЯ.

Венгерскими учеными была удачно проиллюстрирована возможность интерпретации изображений

земной поверхности, получаемых с метеорологических спутников, для картирования заболоченных почв. Интересен также анализ полученных с самолета летом 1978 года инфракрасных изображений различных районов Голландии, находившихся в условиях оптимального влагообеспечения, который показал значение радиационной температуры (РТ) как индикатора влагосодержания грунта: области высоких значений РТ совпадали с пониженным уровнем грунтовых вод. А это значит, что активную радиолокацию следует считать перспективным методом дистанционного определения влажности как оголенной почвы, так и покрытой самыми разнообразными видами растительности.

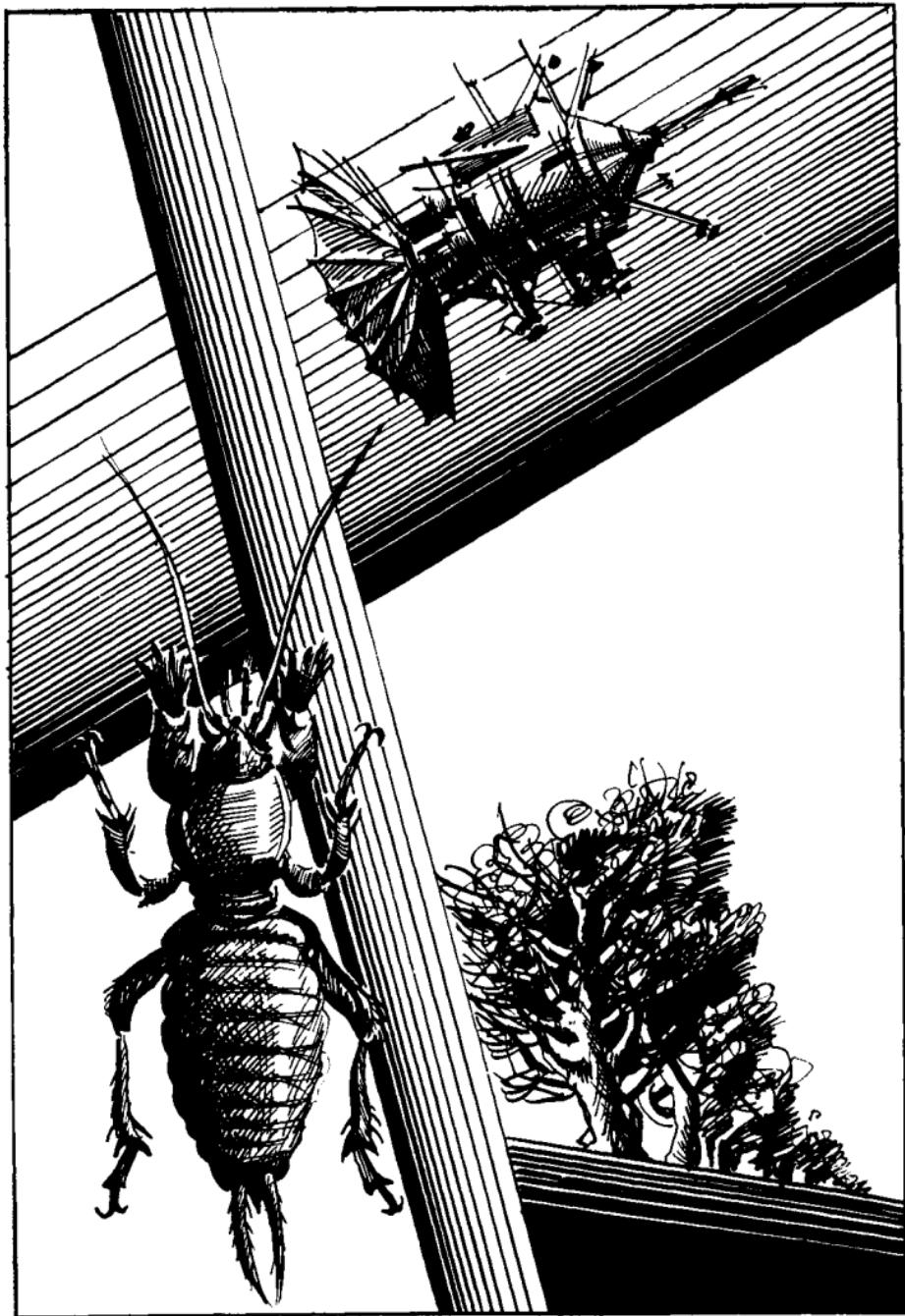
«Значение полученных из космоса телевизионных изображений, фотографических снимков и спектров отражения от Земли для изучения природных ресурсов сейчас уже очевидны,— писал еще в 60-е годы руководитель лаборатории космических методов землеведения Ленинградского университета профессор Б. В. Виноградов.— Я не говорю о метеорологии, где использование изображений Земли ужеочно вошло в практику гидрометеорологических прогнозов. Но даже и в других отраслях наук о Земле — геологии, географии, почвоведении, гидрологии — космические методы, безусловно, перспективны, и сейчас время уже не доказывать эту перспективность, а разрабатывать технологию применения космической съемки в разных направлениях...»

Например, эрозия почв — серьезный враг земледелия на земном шаре. Но сколько в настоящее время эродированных почв? На какой стадии эродирования они находятся? Где и в каком направлении развивается эрозия? Эти и многие другие вопросы могут быть решены по космическим фотографиям. Они определяются в масштабах крупных областей и стран. Пыльные бури, пылепесчаные потоки в засушливых рай-

онах земного шара принимают угрожающие размеры и становятся бичом земледелия.

Проследить направление этих пылепесчаных потоков, оперативно предупредить о приближении пыльных бурь и суховеев можно по космическим снимкам. Эти пылепесчаные потоки непосредственно видны на изображениях, полученных, в частности, с метеорологических спутников.

Конечно, только названными примерами помочь космонавтике сельскому хозяйству не ограничивается, тем более, что постоянно появляются все новые, более широкие возможности для такого сотрудничества. И очевидно, что использование космической техники, получаемой с орбит информации, с каждым годом будет вносить все более весомый вклад в дело интенсификации сельскохозяйственного производства, способствуя тем самым выполнению грандиозных задач, поставленных партией перед советским народом.



ЗВЕЗДНЫЙ СТРАЖ ЗЕЛЕНОГО ОКЕАНА

К числу наиболее полезных «дел» спутников, космических кораблей и орбитальных станций с полным основанием следует отнести изучение и охрану с их помощью лесных богатств Земли.

Лес является одним из основных типов растительного покрова нашей планеты. Мировая годичная органическая продукция его — около 20 миллиардов тонн (вся биосфера, включая материки и океаны, «производит» в год около 83 миллиардов тонн органических веществ).

Лес — один из основных факторов устойчивости биосферы. Известны его климаторегулирующее, почво- и водозащитное значение для сельского хозяйства. Понятно поэтому то внимание, которое уделяется изучению лесов и проблемам лесоохраны. Не остается в стороне от этой работы и космонавтика.

Применение аэрокосмической съемки позволяет изучать с помощью дистанционных методов биологическую продуктивность природных комплексов, в частности, определять продуктивность древостоя, оценивать гидроклиматическую функцию леса, выявлять и оценивать различные охотничьи угодья, изучать структуру лесных водосборов, динамику снежного покрова, затопления поймы и русловой сети.

По материалам космических телевизионных и аэросъемок с использованием тематических карт уже выявлена структура ландшафтов Западной Сибири и

Приангарья и составляется серия карт природных территориальных комплексов различного ранга, которые являются ландшафтной основой для картографирования болот и лесоболотных систем. В настоящее время составлена серия опытных вариантов лесоболотоведческих карт.

По изменению спектров древесного полога на аэрокосмических снимках выявляются участки леса, пораженные вредителями, а также определяются признаки, характерные для той или иной стадии патологических изменений в лесных насаждениях.

Необходимость проведения подобных исследований продиктована не только вопросами, о которых уже упоминалось. Грандиозные преобразования природы, ставшие ныне по плечу нашей стране, к примеру, проект, предусматривающий переброску части стока северных рек, требуют как весьма тщательного выбора методов и средств, так и продуманной системы наблюдений за потенциально возможными нарушениями равновесий в сообществах природных образований.

Предстоит решить и немало планетарных проблем. Известно, например, что в результате работы многочисленных промышленных установок на Земле наблюдается неуклонное повышение содержания углекислого газа в атмосфере, что в конечном счете, по мнению известного лесовода академика ВАСХНИЛ И. С. Мелехова, может привести к перегреванию биосферы, если подобная тенденция будет развиваться. Природа ответила на это нарушение сложившихся в процессе эволюции соотношений увеличением объемов крон древесно-кустарниковой растительности. Таким образом, пока природа стремится увеличением зеленой биомассы, поглощающей, как известно, в процессе фотосинтеза атмосферный углекислый газ и выделяющей кислород, остановить этот процесс. Но как будут дальше развиваться события? Для того,

чтобы ответить на этот вопрос, необходимо тщательно следить (путем постановки соответствующих, периодически повторяющихся дистанционных наблюдений) за достаточно большими лесными регионами.

Ждут своего решения и текущие дела. У многих москвичей еще в памяти дымная мгла лета 1972 года. Совершенно очевидно, что быстрое картирование лесных пожаров, затронувших сразу несколько областей, во многом может помочь соответствующим государственным органам скорректировать стратегию восстановления лесных массивов. Такое картирование можно осуществить лишь используя орбитальный дистанционный метод.

Запуск орбитальных космических лабораторий вообще позволяет по-новому подойти к разрешению многих лесохозяйственных проблем. Подмечено, к примеру, что при прочих равных условиях количество лесных пожаров то в одной, то в другой области в иные годы значительно превышает средние показатели. Пока еще не установлены какие-то общие закономерности или явления, которые обусловливают повышение числа пожаров в данном регионе.

Однако, думается, систематическое использование дистанционных методов контроля и наблюдения за лесными массивами поможет ответить и на этот непростой вопрос.

Во время полетов на космических кораблях «Союз» и орбитальных станциях «Салют» космонавты не раз сообщали о наблюдаемых лесных пожарах и тем самым помогали их вовремя обнаруживать и устранять. Едва ли не в самый первый сеанс связи с Землей космонавты длительной экспедиции на «Салюте-6» В. Коваленок и В. Савиных, пролетая над восточными районами нашей страны, сообщили с борта станции:

— Слева наблюдаем очаг пожара, тайга горит. Срочно сообщите местным властям...

Это сообщение было принято операторами, находившимися на связи с космонавтами, и вскоре уже из подмосковного центра управления полетом срочная депеша пошла по каналам связи в район, где пылал лес, и еще через несколько минут над очагом огня появились первые вертолеты с пожарниками.

Пожарно-патрульную службу несут сегодня не только экипажи пилотируемых космических кораблей и станций, но и автоматические спутники серий «Метеор» и «Космос». По телекосмическим каналам в Гослесхоз СССР ежедневно поступает оперативная информация об очагах загорания лесов.

Однако в этом деле есть еще ряд нерешенных проблем, связанных, в частности, с методикой проведения дистанционных наблюдений.

Первая из этих проблем относится к профилактике лесных пожаров. Группа сотрудников Института леса и древесины имени В. Н. Сукачева Сибирского отделения Академии наук СССР разработала и предложила метод дистанционного определения пожарной зрелости таежных лесов путем измерения их радиотеплового излучения. В наземных и самолетных экспериментах были измерены яркостные температуры лесов и установлено, что они уменьшаются после выпадения осадков или искусственного дождевания. Ученые определили и сезонную динамику радиотеплового излучения лесов в зависимости от их увлажнения, а также вычислили, что яркостная температура лесных ландшафтов, соответствующая 290 градусам Кельвина, на волне 2,25 см уже указывает на пожароопасность.

Другая проблема — использование аэрокосмических снимков. Она связана с составлением карт после-пожарной динамики лесов. Работы в этом направлении чрезвычайно важны прежде всего для уточнения многовековой роли пожаров в формировании лесов и еще потому, что под влиянием лесных пожаров меняются почвы. Известно, например, что при смене хвойных

лесов на лиственные почвы меняются от собственно подзолистых до дерново-подзолистых. Вместе с тем можно предполагать, что прогноз восстановления лесов, построенный только на их приуроченности к тем или иным почвам, будет тоже далеко не полно характеризовать весь этот сложный процесс. Ведь на послепожарное восстановление растительности влияет целый ряд факторов, в том числе и взаимное расположение различных лесов в конкретном районе. Поэтому большой интерес представляет изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе, что возможно в настоящее время только по материалам аэрокосмической съемки.

К настоящему времени такой опыт имеется применительно к темнохвойным лесам Западно-Сибирской равнины. Для этой территории анализ динамики восстановления выявил следующие стадии послепожарного формирования темнохвойных лесов: первая — пожарища с полностью разрушенным древостоем; вторая — появление на пожарище травяно-кустарниковой растительности; третья — смена травяно-кустарниковой растительности сомкнувшимся лиственным молодняком; четвертая — возникновение у лиственного молодняка темнохвойного подрода; пятая — образование у лиственного молодняка второго яруса хвойных; шестая — появление смешанных темнохвойно-лиственных насаждений; седьмая — превращение смешанных темнохвойно-лиственных насаждений в смешанные темнохвойно-лиственные леса; восьмая — чистый темнохвойный лес.

Конечно, каждая из этих стадий для разных типов лесов имеет свои особенности, которые заключаются как в составе древесных пород и темпах смены стадий, так и в их характеристике. Кроме того, все этапы послепожарного развития леса имеют свои четко выраженные внешние различия, которые позволяют уверенно определять их на аэрокосмических снимках.

Опыт дешифрирования аэрокосмических снимков послепожарной динамики лесов показал, что на спектральных (крупного и среднего масштаба) определение контуров послепожарных стадий производится по различиям в их цветном изображении. Что же касается аэрокосмических снимков среднего, мелкого и сверхмелкого масштабов, то в качестве основного признака используются различия в тоне их изображения, изменяющегося от светло-серого, соответствующего второй стадии, до темного, который относится к восьмой. Другие стадии занимают по тону промежуточное положение и легко определяются опытным дешифровщиком. Основной причиной изменения тона изображения является постепенное увеличение в составе древостоев темнохвойных пород.

Интересы экономики лесного хозяйства все более настоятельно требуют дальнейшего совершенствования методов и технических средств картографии, сокращения сроков создания карт во всем диапазоне масштаба и их обновления через короткие промежутки времени, повышения точности съемки рельефа, увеличения информативной емкости. И здесь неоценимую помощь картографам приносят космические методы съемки.

Ныне имеются «космические фотографии» различных масштабов и видов значительной части территории нашей страны. Такие фотокарты служат основой для создания тематических карт для исследования недр, почвенно-растительного покрова, динамики природных процессов, для создания сельскохозяйственных, лесных и водных угодий. Ныне на основе космических снимков создаются фотокарты в масштабах 1:1 000 000 и крупнее для территорий нашей страны.

А теперь вновь вернемся к картированию послепожарной динамики лесов. В настоящее время разработаны четыре типа карт.

Первый — крупномасштабные карты (масштаб 1:5 000—1:25 000), применяемые для текущего и пер-

спективного планирования мероприятий по повышению пожароустойчивости лесных насаждений и ускоренного перевода их из одной стадии в другую. Кроме того, этот тип карт может использоваться для организации хозяйств по секциям с учетом восстановительной и возрастной динамики лесов и для оценки их актуальной и потенциальной продуктивности. Такие карты составляются, как правило, на основе обычных материалов с привлечением крупномасштабных аэрокосмических снимков.

Второй — среднемасштабные карты (масштаб 1:50 000—1:100 000), предназначенные для получения данных о горимости лесов, повторяемости пожаров и особенностях их распространения. Эти карты можно использовать для перспективного планирования противопожарного устройства лесов и разработки тактики и стратегии борьбы с потенциально возможными пожарами. Здесь в качестве учетных лесохозяйственных единиц используются уроцища. Карты составляются на ландшафтной основе с использованием аэрокосмических снимков и таксационных характеристик лесохозяйственных выделов.

Третий — мелкомасштабные карты (масштаб 1:150 000—1:300 000), предназначенные для лесопожарного расчленения территории лесничества и послепожарного формирования лесов. В границах местностей условия для распространения пожаров, их виды, интенсивность, повторяемость и особенности обусловленной ими послепожарной динамики лесов имеют специфичное содержание как по сравнению с более мелкими природно-территориальными комплексами (урочищами), так и при сопоставлении с более крупными комплексами (ландшафтами). Это обстоятельство позволяет определить мелкомасштабные карты как промежуточные между среднемасштабными и сверхмелкомасштабными. На них генерализуются особенности смены лесов, их природный состав, выделяются звенья

восстановительно-возрастных рядов, прослеживаются закономерности размещения стадий внутри конкретной местности. На основе этих карт можно выделять крупные лесопожарные блоки (местности) и с учетом их специфики планировать организацию охраны от пожаров, комплекс мероприятий по противопожарному устройству лесов, повышению их пожароустойчивости.

Четвертый — сверхмелкомасштабные карты (масштаб 1:1 000 000—1:5 000 000), предназначенные для лесопожарного районирования крупных таежных территорий с учетом многолетней повреждаемости пожарами и обусловленной ими смены пород. Внутри контуров ландшафтов показываются коренная и производная растительность и их процентное соотношение. Передаются также закономерности размещения производных лесов в зависимости от природных особенностей ландшафтов, типа рельефа, расчлененности гидрографической сетью. Сверхмелкомасштабные карты разрабатываются на ландшафтной основе с использованием космических снимков.

Картографирование с использованием разномасштабных аэрокосмических снимков позволяет учитывать процессы послепожарного формирования лесов одновременно на больших площадях, способствует улучшению контроля за состоянием лесного фонда, создает возможность для эффективного планирования и организации охраны лесов, служит основой для прогнозных оценок их состояния по территории и во времени в зависимости от степени воздействия пожароопасных факторов.

В этом отношении большой интерес представляет также возможность оценки пожарной опасности лесов по их радиотепловому излучению. Известный опыт таких исследований накопили сибирские ученые. И это не случайно, ибо заболоченные и болотные таежные леса занимают обширные территории главным образом в Сибири и на Дальнем Востоке. Особенно много их

встречается в слабоосвоенных и труднодоступных районах Западной Сибири, где сейчас активно ведется строительство нефтепромыслов и газопроводов. По мере увеличения числа этих пожароопасных объектов повышается вероятность возникновения крупных лесных пожаров, ликвидация которых будет неизбежно связана с большими трудностями и материальными расходами. Поэтому было крайне важно разработать надежный и оперативный метод предупреждения о пожарной зрелости заболоченных лесов. Существующие методы прогнозирования пожарной опасности, к сожалению, позволяют лишь весьма приблизительно оценивать ситуацию и не показывают динамику увлажнения и высыхания горючих материалов даже суходольных лесов, влагосодержание которых зависит только от атмосферных осадков.

Специалистам Института леса и древесины имени В. Н. Сукачева Сибирского отделения Академии наук СССР удалось установить, что падение уровня грунтовых вод ниже 30 сантиметров уже является тревожным сигналом значительного возрастания пожарной опасности. Ученые предложили целую систему соответствующих защитных мероприятий, включающую в себя не только своевременное выявление очагов лесных пожаров и изучение послепожарной динамики развития лесной растительности, но и, что особенно важно, строгий контроль за уровнем грунтовых вод, позволяющий заранее определять момент наступления так называемой пожарной зрелости заболоченных и болотных лесов с тем, чтобы вовремя сосредоточить в нужном месте необходимые противопожарные силы.

Эту же цель преследовали и исследования радиотеплового излучения таежных лесов, проведенные как в лабораторных, так и в полевых условиях. Объектами изучения являлись наиболее легко воспламеняемые элементы лесного ландшафта — мох, лишайник, хвоя

и травяная ветошь. Измерения в полевых условиях производились радиометром на длине волны 2,25 сантиметра. Радиотепловое излучение измеряли с тестовых участков с однородным покровом, которые предварительно разбивали на опытные и контрольные площадки. Излучение принимали антенной подвешенной над ними и передвигаемой по канатной дороге. Увлажнение площадок производилось либо естественными осадками, либо искусственным дождеванием. Для проверки экранирования излучения и вычисления коэффициента поглощения проводили сравнение радиояркостной температуры увлажненной почвы и той же почвы, закрытой сухим напочвенным покровом. Для этих исследований, помимо тестовых участков, был также подготовлен и подробно описан маршрут по трассе (15 километров). Участок заболоченных лесов, через который проходила эта трасса, находился на

Енисейской эрозионной равнине. Вот как подробно описали эту трассу сами исследователи, работавшие на ней: «Трасса начиналась от острова Еловый близ села Назимово Енисейского района Красноярского края, пересекала прирусовую пойму Енисея и его старую притеррасную болотно-темнохвойнотаежную пойму и пойменно-притеррасное мезотрофное болото. Потом она проходила через первую и вторую надпойменные террасы с пихтово-елово-кедровыми заболоченными лесами и болотами замкнутых западин, через третью террасу Енисея с преобладанием пихтовых и кедровых лесов, пересекала край боровой террасы с осиновыми и темнохвойными лесами и заканчивалась в березово-еловой пойме реки Вахрушина».

Измерение излучения производилось радиометром на длине волны 2,25 сантиметра с рупорной антенной, которая была установлена на самолете ИЛ-14, летавшем по трассе на высоте 200 метров со скоростью 260 километров в час.

Радиотепловая съемка по этому маршруту произ-

водилась в 1978 году во время пожароопасного сезона, причем для выявления сезонной динамики излучения полеты выполнялись периодически, в том числе и после дождей для изучения процессов высыхания.

Кроме выяснения динамики изменения радиояркостной температуры элементов лесного ландшафта в зависимости от их увлажненности, проведенные исследования дали возможность определить, способны ли болота, поймы рек, переувлажненные участки быть препятствиями распространяющемуся огню. Одновременно было установлено, что при использовании соответствующей аэрокосмической сканирующей аппаратуры, позволяющей достигать пространственного разрешения 500 метров и менее, можно составлять карты пожарной опасности лесных ландшафтов, позволяющие производить выбор наиболее оптимальных вариантов авиаатрулирования, а также прогнозировать распространение лесных пожаров, исследовать пожарную опасность с помощью сверхчастотной радиометрии с борта тех же космических летательных аппаратов.

«Следение за пожарами, хотя и очень важная задача космического лесоведения, но далеко не единственная, — справедливо замечает академик А. Б. Жуков. — Существенную помочь оно может оказать также в борьбе с вредителями лесов. Космическое патрулирование лесов позволит не только составить подробные карты с указанием пород деревьев, их возраста, но и непрерывно следить за их жизнью, смотреть, как меняется динамика процессов, разыгрывающихся там, наблюдать за последствиями деятельности человека, в частности, в тех районах, где идет интенсивная вырубка лесов. С помощью аппаратуры, установленной на космических кораблях и спутниках, можно количественно определять величину снежного покрова перед началом таяния снегов, а при дальнейших съемках оценить сток воды на больших территориях и проанализировать водорегулирующую роль ле-

сов с различным составом пород и на различных почвах. Космическая фотография позволит изучить более подробно причины, вызывающие эрозию почв, правильно оценить роль лесной растительности в борьбе с этим бедствием.

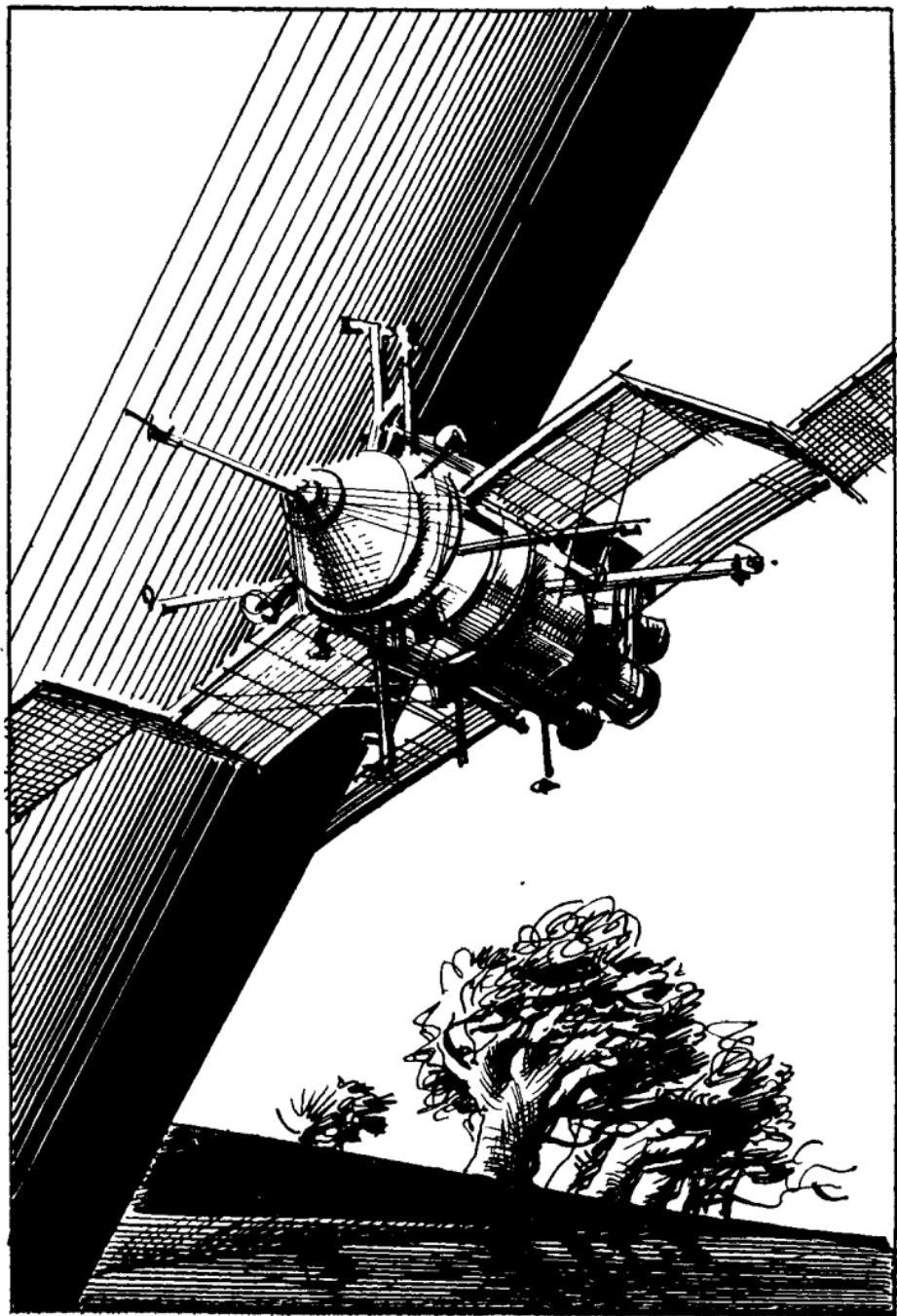
В целом анализ данных, которые в будущем мы станем получать с орбиты, даст возможность лучше понять закономерности, определяющие жизнь лесов, своевременно проводить те или иные лесотехнические работы, давать необходимые прогнозы».

Использование спутников и космических кораблей, оснащенных соответствующими научными средствами, тем более орбитальных станций как беспилотных, так и с экипажами, может очень многое дать для дальнейшего познания природы лесов. Уже одна только возможность съемки из космоса ландшафтов нашей планеты имеет большое значение для науки и практики, в частности, для лесного хозяйства. Лесоинвентаризационные работы могут быть при этом осуществлены быстрее и в десятки раз дешевле, чем наземными методами. Особенно важно то, что со спутников и орбитальных станций в продолжение длительного времени можно наблюдать и изучать леса на больших площадях. Вырубки, пожары, повреждение насекомыми, изменения в размерах и конфигурации болот — все это может фиксироваться независимо от доступности или отдаленности районов в наземном понимании.

С помощью спутников и орбитальных станций, особенно пилотируемых, возможно проведение комплексных исследований по изучению лесных водосборных бассейнов, речных регионов в районах с разной лесистостью и разным размещением лесов на территории водосбора, границ защитного предтундрового лесного пояса, выяснению его климатообразующей роли и т. п. Иначе говоря, с помощью космических средств мы можем многое узнать о лесе как о фактуре окружающей среды в масштабе планеты.

Рассказывая сегодня о первых шагах по применению аэрокосмической съемки в лесном хозяйстве, нельзя забывать, что еще совсем недавно, каких-нибудь 25 лет назад, мы представляли себе использование космических средств в лесоводстве как мечту, которая будет осуществлена не очень скоро. Но создание мощных космических научных лабораторий на наших глазах превращает мечту в действительность.

Лес становится одним из интереснейших объектов изучения из космоса, и результаты проводимых с орбиты исследований, несомненно, будут содействовать дальнейшему развитию сельского хозяйства. Ведь, как уже говорилось, лес оказывает самое непосредственное и благотворное влияние на многие отрасли сельскохозяйственного производства.



КОСМИЧЕСКАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Моря и океаны связывают людей между собой, кормят их, определяют экономику и влияют на многие другие условия жизни людей. В морской воде растворены огромные запасы различных веществ. Только золота в ней такое количество, что на каждого жителя Земли «приходится» по 3 килограмма. А о запасах поваренной соли можно судить по такому расчету: если бы вдруг испарились все моря и океаны, то две трети поверхности нашей планеты оказались бы покрытыми слоем соли в 133 метра толщиной. Еще более колоссальные запасы полезных ископаемых скрыты в недрах морского дна.

Поистине, Мировой океан — богатейшая кладовая нашей планеты. Но дело не только в этом. Мировой океан — основной поставщик водяных паров в атмосферу, то есть главнейший регулятор процессов, происходящих в ней, а значит и непосредственно связанных с формированием погоды в различных районах земного шара. Кроме того, океаны и моря неразрывно связаны со всеми реками и озерами на Земле и вместе с ними, а также с грандиозными ледовыми массивами Арктики, Антарктики и бесчисленными горными хребтами составляют единую гидрологическую сеть нашей планеты, которая дает людям запас воды. Правильно и всесторонне организованные гидрологические исследования имеют большое значение наряду с другими отраслями и для сельского хозяйства,

где без воды практический не обойтись. Но ведь, как известно, вода в природе находится в постоянном круговороте, а основные запасы ее сосредоточены в Мировом океане. Так что не случайно то внимание, которое ученые всего мира уделяют окружающему нас водному пространству.

Огромные водные площади, подлежащие обследованию, а также многообразие стоящих перед учеными задач, потребовали привлечения для проведения исследований не только кораблей, но и авиации, а в последнее время и космических летательных аппаратов. Возможности применения космической техники здесь поистине безграничны. В настоящее время разрабатываются и совершенствуются методы комбинированного получения информации о состоянии физических и химических характеристик океана, для чего устанавливаются специальные буи с аппаратурой, передающей по радио на самолет или на космический аппарат результаты измерений.

Запущенный в 1979 году первый океанологический спутник социалистических стран «Интеркосмос-20», пролетая над установленными в разных районах Мирового океана автоматическими буями и находящимися там научно-исследовательскими судами, вызывает их и по радио принимает всю собранную ими информацию о температуре и солености воды на разных глубинах, силе ветра и других параметрах. Затем все эти сведения передаются приемным станциям единой телеметрической системы стран-участниц программы Интеркосмос и поступают в распоряжение ученых.

Все направления неконтактных измерений интенсивно развиваются. Очень эффективными оказались они, в частности, во время пилотируемых полетов на борту космических кораблей «Союз» и орбитальных станций «Салют».

Помимо исследований по изучению водной поверхности морей и океанов они определяли границы «лед-

вода», изучали ледовые поля и распределение айсбергов.

Исследования последних лет показали, что снега и льды играют важную роль не только в освоении полярных и высокогорных территорий, но и природы всей нашей планеты. Их особенности необходимо постоянно учитывать при строительстве в северных и горных районах, они, как источники пресной воды, представляют огромную хозяйственную ценность. Не случайно поэтому еще в 1977 году было предложено создать наземно-авиа-космическую службу наблюдения за снегом и льдом, которая стала бы составной частью мониторинга природной среды, и через год такого рода наблюдения были впервые произведены экипажами двух длительных экспедиций на орбитальной станции «Салют-6».

Космонавтам было поручено тогда оценить распределение снежного покрова на поверхности суши, выявить пятнистость и асимметрию снегонакопления на разных склонах холмов, так называемые крупные надувы и карнизы, а также особенности аккумуляции снега в оврагах и балках. Космонавты должны были, кроме того, определять характер оледенения на отдельных горных вершинах, сообщать о мелких и средних ледниках в разные сезоны года, оценивать их морфологический тип и прослеживать границы, информировать о ледовой обстановке на море, в том числе и о численности и «маршрутах» движения айсбергов разных размеров.

Все эти наблюдения члены экипажей производили либо визуально, либо с помощью 6- и 12-кратных биноклей. Они также фотографировали земную поверхность двумя камерами, снабженными комплектом сменной оптики. Высота полета станции составляла 350 километров. С такой высоты снимки получались очень мелкомасштабными — около 1:2 000 000 и 1 : 5 000 000. К тому же, как правило, они были пер-

спективными, так как объекты съемки часто оказывались далеко от подспутниковой вертикали. В тех же случаях, когда фотосъемка выполнялась в штатном режиме орбитальной ориентации стационарными фотоаппаратами МКФ-6М и КАТЭ-140, которые были ориентированы строго перпендикулярно земной поверхности, снимки отличались высокими измерительными свойствами.

Дешифрирование изображений одного и того же участка помогало точнее различать отдельные детали ледово-снежных ландшафтов, такие, например, как мокрый или сухой снег на поверхности ледников, снежники, освещенные или находящиеся в тени склонов.

Исследования, во время которых изучались динамика горных ледников и строение их поверхности, проводились следующим образом. Космонавты имели на борту «Салюта-6», например, подробные схемы ледников Памира и их наземные снимки (так, схема памирского ледника Бивачного была разбита на 40 квадратов), и экипаж должен был последовательно сообщать о тех особенностях морфологии ледника в каждом квадрате, которые он видел визуально и в бинокль. А в это время над ледником патрулировал вертолет и проверял достоверность сообщений с орбиты.

Надо сказать, что космонавты довольно быстро освоились с методикой гляциологических наблюдений, и к середине своего 140-суточного полета сразу же находили любой ледник Памира. Кроме Бивачного, они наблюдали на Памире ледник Федченко и ледники в тесных долинах Сугрен и Фортамбек. Но гляциологические исследования во время этого длительного полета, как уже отмечалось, не ограничивались только Памиром. В них входило также изучение Северного и Южного ледяных полей в Патагонии на юге Южной Америки и Сиачен в Каракоруме. В гляциологическую

программу входило также определение границы сезонного снега на ледниках, а также наблюдения за некоторыми разновидностями ледников, в том числе наступающим памирским ледником Мушкетова, который, как известно, уже много лет продвигается к реке Мусу со скоростью 20—40 метров в год, за пульсирующим ледником Винчдара в долине реки Гармо.

С борта орбитальной станции «Салют-6» проводились наблюдения и за деградирующим языком пульсирующего ледника Медвежьего. Такого типа ледники изучались особенно тщательно, так как они обладают способностью внезапно и резко продвигаться вперед, что приводит к образованию разрушительных водно-ледово-каменных селей. Последняя подвижка ледника Медвежьего произошла в 1973 году, а теперь космонавты заметили расчленение продвинувшейся части ледника рекой Абдукагор. Участники космической экспедиции отметили также сброс вод подпрудного озера у ледника Большой Саукдара, который находится в долине реки Сауксай южнее пика Ленина в Заалайском хребте.

Что же касается Южного и Северного ледяных полей Патагонских Кордильер, то космонавты визуально исследовали динамику этой крупной ледниковой системы, площадь которой составляет 12 процентов всего внеполярного оледенения Земли. Ими было определено общее состояние патагонского оледенения, для чего проведено более 30 сеансов наблюдений и получено около 40 космических снимков.

В активе гляциологических исследований этой длительной космической экспедиции — ценные наблюдения ледников Морено и Брагген, стекающих с того же патагонского ледяного поля, а также наблюдения за айсбергами в Южном океане. Особенно большой айсберг был обнаружен 22 декабря 1977 года в районе острова Южная Георгия. Космонавты следили за перемещением этой грандиозной ледяной горы,

которая проникла за границы наибольшего распространения плавучих антарктических льдов. Эти наблюдения позволили экспедиции собрать сведения о разрушениях и миграции айсбергов, а тем самым уточнить и некоторые особенности течений в районах их дрейфа.

Гляциологические исследования продолжали и участники первой длительной экспедиции на орбитальной станции «Салют-7» летчики-космонавты СССР А. Березовой и В. Лебедев. Они наблюдали, в частности, ледники Кавказа и продолжили исследования ледников Патагонии.

Хотя снег и лед и не являются частью органической природы, они тесно связаны с биосферой, так как часто становятся причиной грозных стихийных явлений — снежных и ледяных лавин и заносов, подвижки ледников. Кроме того, наряду с сушей и океаном, гляциосфера играет заметную роль в формировании климата, а изменения масс снега и льда вызывают колебания уровня Мирового океана.

Перед гляциологами стоят следующие важнейшие задачи, решение которых немыслимо без космической информации: исследования снежного покрова земного шара, ледовых полей в морях и океанах, а также их изменчивости во времени; изучение условий формирования и изменчивости снежно-ледовых явлений в горах и на совершенно конкретных территориях.

На основе космических снимков удалось построить карту средней продолжительности залегания снега в Средней Азии, и характер контуров на ней оказался более сложным, чем на аналогичной в Климатическом атласе СССР. Первая же построенная в начале 70-х годов с помощью снимков, полученных с орбитальной станции «Салют», карта снежных запасов Алтая выявила неизвестную ранее более высокую заснеженность южных склонов этой горной системы по сравнению с северными. Успехи космической гляциологии

послужили одним из толчков к работе над Атласом снежно-ледовых ресурсов мира — крупным советским проектом, активно поддерживаемым международными организациями. Были составлены карты осадков, температур и других особенностей для ледников Памира, Кавказа, Алтая, Тянь-Шаня, Альп. Для атласа предусмотрено составление карт морфологии ледников. Одна из них — на Алтайский хребет — в опытном порядке была сделана целиком по космическим снимкам с корабля «Союз-22». Интересно, что точность показа оледенения в этом случае оказалась выше, чем при топографической съемке. Космические снимки могут оказать помощь и для картографирования лавин, а также снежных поверхностей с различным влагосодержанием. Большое значение будет иметь организация службы наблюдения за снегом и льдом.

С помощью космических аппаратов проводятся океанографические исследования. В течение ряда лет изучение поверхности океана из космоса осуществлялось в нашей стране (еще до запуска орбитальных станций «Салют») со спутников серии «Космос». Так, механизм взаимодействия океана с атмосферой изучался, в частности, с низкоорбитальных спутников «Космос-149» и «Космос-320». Исследования излучения суши и океанов Земли в сантиметровом и инфракрасном диапазонах проводились со спутников «Космос-243», «Космос-384». Эта информация дополнялась сведениями метеорологических спутников «Метеор» и «Природа». В этот же период удалось отработать ретрансляцию океанологической информации с буев через спутники. В феврале 1979 года был осуществлен запуск первого советского специализированного спутника для исследований океана «Космос-1076». Он обеспечивал наблюдения океана в видимом, инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазонах и входил в систему «спутник-буй-корабль», которая помогала следить за температурой поверхности океана.

Практика последних лет показывает, что гидрологические, в том числе океанологические и гляциологические, исследования могут проводиться не только визуально-оптическими методами, но и дистанционно, сверхвысокочастотными радиометрами. Результаты первых экспериментов по измерению радиотеплового излучения Земли из космоса показали большие преимущества СВЧ-метода для определения в числе прочих и характеристик морских дрейфующих льдов, в частности, данные о распределении на глубине их температуры, солености и плотности льда. Кроме того, достаточно обоснованная связь между физико-химическими и электрическими характеристиками морских льдов в диапазоне 0,8—8,0 сантиметров позволяет численно исследовать вариации их радиотеплового излучения.

Коль скоро мы заговорили о дистанционном и других методах исследования, широко используемых, в частности, в гляциологии, следует сказать, что применение оптических методов при изучении морской растительности — фитопланктона — связано с определенными трудностями в связи с тем, что отражательная способность водных пространств невысока. Как правило, она не превышает 2—6 процентов. Отражательная же способность водных растений еще меньше, ведь концентрация хлорофилла, каротиноидов и других пигментов фитопланктона низка и составляет от нескольких до десятых и сотых долей миллиграмма на кубический метр. Поглощение же света, обусловленное селективным, то есть избирательным поглощением пигмента фитопланктона, не превышает 2—5 процентов от общего поглощения света в воде.

Эксперименты показали, что оптические методы определения фитопланктона могут быть основаны на вычислении концентрации в нем хлорофилла — его содержание и в особенности сезонная динамика служат самым общим показателем фотосинтетической

активности и биомассы фитопланктона. Кроме того, результаты теоретических и гидробиологических исследований позволяют сделать вывод, что по измерениям спектральной поглощающей и отражательной способности, то есть спектральной яркости воды, можно регистрировать содержание хлорофилла фитопланктона во внутренних водоемах и морях, а с помощью фотолюминесцентного метода — и в большинстве районов Мирового океана.

Космическая техника может быть применена и для поиска новых источников пресных вод и определения степени ее загрязненности, а также для наблюдения за паводковыми водами, колебаниями уровня грунтовых вод, водным режимом рек, озер и ледников, эффективностью мелиоративных и ирригационных систем, что имеет очень большое значение для многих отраслей народного хозяйства и в первую очередь для развития сельскохозяйственного производства.

Такого рода наблюдениями, в частности, занимались участники всех космических экспедиций на орбитальных станциях «Салют». Члены первой экспедиции на «Салюте-7» успешно осуществили, например, контроль за состоянием систем орошения в районе Каракумского канала и Голодной степи (отметили заливание отстойника водохранилища Каракумского канала).

Экспедиция произвела также оценку загрязненности вод Черного и Каспийского морей в районах Новороссийска и Нефтяных Камней. Экипаж «Салюта-7» также наблюдал за состоянием водохранилищ в нижнем течении Волги и Днепра (отметили цветение Каховского водохранилища).

А теперь хотелось бы привести и некоторые примеры использования космической информации в гидрологических исследованиях за рубежом. Так, на XXII сессии КОСПАР, проходившей в мае — июне 1979 года в Индии, на заседании рабочей группы по дистанционному зондированию отмечалось, что с помощью аме-

риканской космической системы «Ландсат» в штате Айова были обнаружены аллювиальные отложения, которые содержали много грунтовых вод. Это свидетельствовало о том, что космические снимки несут достаточную информацию об особенностях местности, указывающих на присутствие водоносных слоев. Космические снимки позволили также наметить мероприятия по осушению болот в Северной Колумбии.

Очень велика роль космической информации для прогнозирования стока талых вод, в частности, в горах.

Однако в горах, где регулярные снегомерные съемки производятся только на метеостанциях, снежный покров изучается еще недостаточно. Тем большее значение приобретает для этих районов использование космической техники, позволяющей в любое время производить съемку огромных территорий, причемвести ее непрерывно и получать не только глобальную, но и комплексную информацию обо всем районе залегания снежного покрова, что очень важно для объективного прогноза размеров половодья.

Такие исследования проведены нашими учеными. На основе космической информации сотрудники Института геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР изучили сход снежного покрова в бассейне рек Алтая-Саянской горной системы — Верхней Оби, Бии, Катуни, Верхнего Енисея. Для этого они по телевизионным снимкам, полученным с советских и американских спутников в 1969—1978 годах, и многозональным снимкам со спутников «Метеор-25» и «Метеор-28» за 1977—1978 годы исследовали степень закрытия территории этой горной системы снегом и средние для бассейнов перечисленных рек высоты снеговой линии.

Эти исследования представляли большой народно-хозяйственный интерес. Дело в том, что для многих отраслей народного хозяйства страны и, в первую очередь, сельского хозяйства, важно знать составляемые в период снеготаяния прогнозы стока на оставшуюся

часть половодья, величина которого зависит в основном от запасов снега в бассейнах рек. На горных реках Сибири половодье бывает обычно с апреля по июнь, поэтому по оставшимся на них снегозапасам лучше всего предсказывать сток на последние 4—6 недель. Так, в частности, для водосборов рек Оби у города Барнаула, Бии у города Бийска, Катуни возле села Сродни и Енисея у села Никитино за 10 лет съемок (с 1968 по 1978 год) изучалась зависимость объема стока за июнь от степени заснеженности в конце мая.

Полученные данные были признаны вполне удовлетворительными. Хотя отрезок времени, который был взят для изучения, сравнительно небольшой, зато в нем оказались многоводный (1968) и маловодный (1974) годы. Оценивая так высоко результативность космической информации, надо, однако, помнить, что она во всех случаях не заменяет, а лишь дополняет традиционные виды исследований. Так, по результатам съемок с метеорологических спутников с привлечением данных, собранных за 100 лет наблюдений водосбора реки Катунь в период весеннего половодья (в апреле — июне), удалось определить зависимость весеннего половодья от площади одновременного снеготаяния и величины притока на нее тепла.

Наверное, следует более подробно рассказать о том, как производится расчет прогноза стока весеннего половодья. Исходными данными для этого расчета являются высота снеговой линии и степень заснеженности, которые свидетельствуют об аккумулированных в бассейне запасах воды, которые поступают в речную сеть в период половодья. Динамика сезонной снеговой линии подсчитывается на 1 градус положительной среднесуточной температуры воздуха как показателя интенсивности снеготаяния. Помимо общей закономерности возрастания атмосферных осадков с высотой, на увеличение снегозапасов в горах влия-

ет также перераспределение снежного покрова за счет широко распространенных на Алтае снежных лавин, а также метелей, которые переносят снег из гольцового пояса гор в верхнюю зону леса. Все эти причины и объясняют, почему основная волна половодья на реках Горного Алтая наблюдается тогда, когда снеговая линия находится на высоте 2 200—2 800 метров.

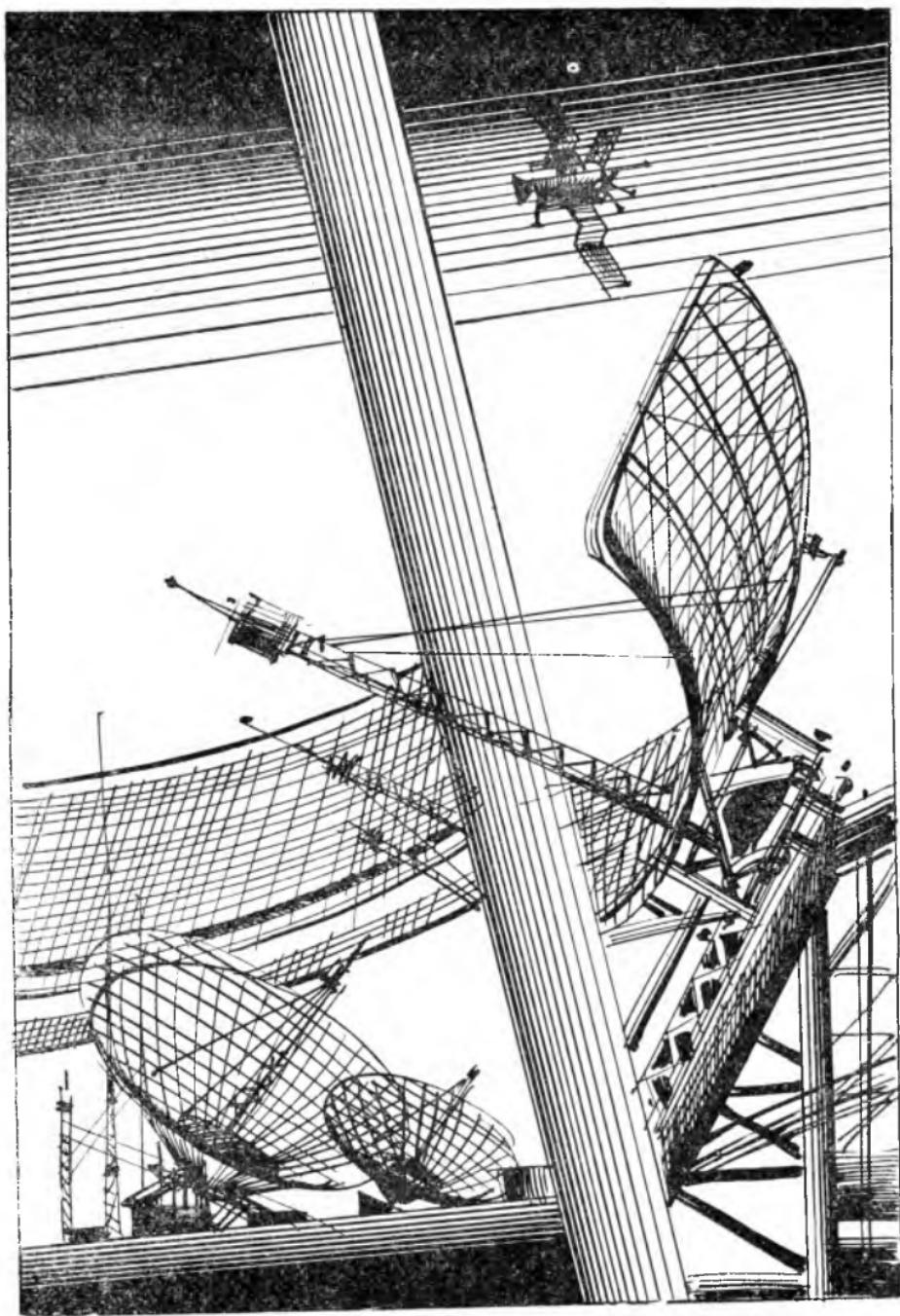
Неоценимую помощь может оказать космическая информация и при наводнениях, связанных не с весенним половодьем, а, например, с циклонами и другими проявлениями разбушевавшейся стихии, как это имело место в августе 1981 года во время наводнения в Сахалинской области и Хабаровском крае. Газета «Правда» в те дни (14 августа 1981 года) писала: «Снимки, полученные с искусственных спутников Земли, свидетельствуют: многочисленные притоки несут в Амур небывалую массу воды. Подобного не было за столетнюю историю наблюдений гидрологов за режимом здешних рек. Тревожная обстановка и в долине реки Бекин...».

Но ведь циклоны и антициклоны — явление атмосферы, то есть прямо связанные с океаном. Гидрографические и метеорологические исследования последних лет показали, что и современная океанология нуждается в новых методиках, которые обеспечивали бы непрерывную информацию о процессах, протекающих в океане в широком пространственно-временном диапазоне, для решения фундаментальных и прикладных проблем этой науки. Эта информация должна, в частности, помочь специалистам лучше изучить механизм взаимодействия океана с атмосферой, процессы переноса и накопления в нем веществ, исследовать тектонические явления по акватории Мирового океана и закономерности пространственного распределения полезных ископаемых на его дне, особенно в шельфовых зонах. Она важна также и для решения ряда

прикладных задач, в частности, прогнозирования ураганов и ветровых волнений для сводок погоды и нужд мореплавания.

Над решением этих задач в настоящее время работают ученые многих стран. Французские специалисты, например, исследуют течения у берегов Антарктиды, пользуясь данными с американских спутников и буев-ответчиков, которые они помещают на айсберги. Кстати, методика изучения течений в южных широтах с помощью спутников и многочисленных буев считается наиболее перспективной. В первую очередь потому, что буи могут быть разной конструкции: либо постоянно дрейфовать на поверхности океана, либо по вызову всплывать с заданных глубин и передавать на борт спутника накопленную информацию, либо, наконец, стоять на якорях в исследуемых районах океана. С помощью буев очень удобно, в частности, собирать информацию о приводной атмосфере, скорости и направлении ветра, температуре, электропроводности и давлении в воде, скорости течений, прозрачности воды, ее радиоактивности и др. Информация, собранная спутниками с буев, может передаваться ими на суда или наземные центры сбора данных.

Близкими задачами являются также сбор спутниками информации о местоположении судов и, наоборот, использование информации со спутников для наведения научных судов на объекты исследования, а рыболовных — на объекты промысла. Надо сказать, что навигация на основе спутниковой информации, а тем более от системы спутников, намного точнее. Она позволяет фиксировать положение судна с точностью до десятков метров, а это на порядок выше, чем применяющиеся до сих пор методы радиолокации и астрономического определения места.



ЗААТМОСФЕРНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИ И СВЯЗИСТЫ

... Как часто приходится видеть из окна поезда, самолета или автомобиля огороженные площадки со странными сооружениями, издали напоминающими пасеки с пчелиными ульями. И только подъехав ближе, убеждаешься, что это вовсе не ульи, не какой-то пчелиный городок, а обыкновенная метеорологическая станция, каких много на необъятных просторах нашей страны. Попадаются они в самых неожиданных местах: за оградой школьного двора, среди зелени университетского сада, на околице деревни, а то в открытом поле, высоко в горах, в тайге, в тундре, на берегу моря. Днем и ночью здесь ведутся научные наблюдения — определяются температура и влажность воздуха, давление, скорость и направление ветров.

Термин «метеорология», принятый для обозначения науки, изучающей земную атмосферу и происходящие в ней явления, употреблялся еще задолго до Аристотеля (384—322 гг. до н. э.), который выпустил под таким названием одно из своих сочинений. В странах с древней культурой (Египет, Индия, Китай) метеорологические наблюдения производились еще в очень отдаленные времена. С попыткой предсказания погоды связано много мифов, легенд, поверий. Записи о выдающихся атмосферных явлениях встречаются и в древних русских летописях, а также во многих средневековых источниках.

Развитие метеорологии всегда определялось практическими потребностями людей. Великие географические открытия XV-XVI веков создали, с одной стороны, возможности для расширения накопленного ранее опыта наблюдений атмосферных явлений, а с другой стороны, развитие мореплавания потребовало расшире-

ния знаний об атмосферных процессах для обеспечения безопасности и для характеристики климатических условий новых земель. Поэтому с конца XVI века начала развиваться научная метеорология, однако до середины XVII века она еще не была самостоятельной дисциплиной. Метеорологические сведения носили случайный и разрозненный характер и были далеко не точными.

Значительным стимулом для развития метеорологии явилось создание в первой половине XVII века итальянскими учеными Г. Галилеем и Э. Торичелли первых научных приборов для изучения состояния атмосферы — барометра и простейшего типа термометра. (Однако термометрическая шкала появилась только в XVIII веке). К этому же времени относятся и некоторые физические открытия, ставшие основополагающими для метеорологии. Так, в 1648 году Б. Паскаль и Ф. Перье во Франции установили факт уменьшения атмосферного давления с высотой, а в 1662 году английский физик Р. Бойл открыл связь между удельным объемом и давлением газов. К концу XVII и началу XVIII веков относятся и некоторые другие эксперименты, выявившие количественные закономерности и давшие теоретическое объяснение атмосферным явлениям. Следующий важный этап развития метеорологии начался с работ М. В. Ломоносова и В. Франклина, которые уделяли особое внимание изучению атмосферного электричества. Ломоносов наметил также задачи метеорологии как самостоятельной науки и указал пути ее развития. Ему же принадлежат многие экспериментальные исследования и теоретические соображения в этой области, а также конструкции приборов, в том числе и самопищущих для исследования верхней атмосферы. Великий русский ученый высказал и первые идеи по организации метеорологических наблюдений. Работы Ломоносова совпали по времени с изобретением и усовершенствованием и некоторых метеорологических приборов, в частности, для измерения скорости ветра, количества выпадающих осадков, влажности воздуха и других. Это позволило начать систематические наблюдения за состоянием атмосферы при помощи приборов сначала в отдельных пунктах. Мировая сеть метеорологических станций, проводящая наземные наблюдения, сложилась к середине XIX века.

Со временем ученые стали проводить исследования атмосферы за ее приземным слоем — на высоте свыше 2 км от земной поверхности. Этот раздел метеорологии стал называться аэрометрией. Научная аппаратура на таких станциях особая. Она поднимается, подвешенная к специальным шарам, на десятки километров ввысь, прощупывает встречные потоки воздуха и тут же радиирует на землю соответствующие данные. Наблюдения за состоянием атмосферы на различных высотах первоначально производились в горах, но вскоре после того, как в XVIII веке был изобретен аэростат, — и в свободной атмосфере. С конца XIX века

для аэрологических наблюдений стали применять шары-пилоты и шары-зонды с самопишущими приборами, а в 1930 году советский ученый П. А. Молчанов изобрел радиозонд.

В дальнейшем результаты метеорологических исследований на поверхности земли, сведенные на одну карту с данными аэрологов, получаемыми в последние десятилетия с помощью ракет и спутников, помогли ученым постичь многие тайны воздушной оболочки нашей планеты, в частности, глубже проникнуть в процессы, связанные с перемещением огромных воздушных масс, и в конечном счете более точно предсказывать погоду.

Метеорологическая сеть Советского Союза — одна из самых больших в мире. К началу нынешнего десятилетия у нас было около 4 тысяч метеостанций и примерно 7 500 пунктов. Особенно больших успехов наша страна достигла в аэрологии. Однако, как ни велики достижения аэрологов, потолок современных аэростатов и радиозондов ограничен все же десятками километров. Между тем толща атмосферы измеряется сотнями километров, поэтому для исследования верхних слоев атмосферы ныне успешно используется ракетная техника.

Советские ученые применяют ракеты для определения ветра на больших высотах, а также для ряда других исследований, в частности, микрометеоритов, космических лучей, ультрафиолетовой части солнечного спектра. Наряду с крупными, так называемыми геофизическими ракетами, у нас созданы и небольшие, метеорологические, специально предназначенные для проведения простейших метеорологических измерений. Они поднимают приборы на высоту 50—70 километров для измерения температуры и давления воздуха. Но подобное зондирование атмосферы тоже не лишено недостатков — ракеты находятся в верхних слоях атмосферы очень непродолжительное время, всего несколько минут и за такой короткий срок трудно произвести какие-либо регулярные наблюдения, исследовать, например, вариации жесткого электромагнитного и корпускулярного излучений Солнца,

которые непрерывно изменяются. Трудно с помощью ракет исследовать земную атмосферу над многими местами земного шара одновременно и на протяжении длительного времени.

Поэтому большая перспектива в исследованиях облачного покрова и верхних слоев атмосферы, начиная с высот 200—300 километров, открылась с созданием искусственных спутников Земли. Спутники для метеорологических целей начали разрабатываться в нашей стране в соответствии с программой изучения космического пространства, объявленной 16 марта 1962 года. На первом этапе были созданы и испытаны на спутниках серии «Космос» электротехнические устройства, обеспечивающие стабилизацию спутника и ориентацию его корпуса на центр Земли. Проверялась также работа автоматических устройств энергетической системы, управлявших солнечными и химическими батареями. На втором этапе был создан и испытан спутник «Космос-122». На этом спутнике комплекс приборов для метеорологических исследований — телевизионных, актинометрических, инфракрасных — сочетался с системой, обеспечивающей многомесячное функционирование спутника на орбите («Космос-122» успешно работал в течение четырех месяцев). Это позволило перейти к следующему этапу работ и в течение 1967 года запустить уже чисто метеорологические спутники «Космос-144» и «Космос-156». С выводом на орбиту спутника «Космос-156» в нашей стране была образована экспериментальная метеорологическая космическая система «Метеор», которая предназначалась для изучения и отработки принципов построения действующей системы, способной обеспечить регулярное получение широкого комплекса метеорологических данных в масштабе всей планеты с удовлетворением требований службы погоды в отношении точности, пространственного разрешения, периодичности, синхронности на-

блюдений и скорости доведения информации до заинтересованных в ней организаций.

По данным ООН, над сушей и морями ежегодно проносятся 80—100 тайфунов, унося жизни 20 тысяч человек и оставляя колоссальные разрушения. Сильнее всего страдают Япония, Филиппины, Южная Корея и Таиланд. Поэтому Всемирная метеорологическая организация прилагает немало усилий для разработки системы раннего оповещения о грозящей опасности, что позволит заранее принять меры защиты и тем самым уменьшить размеры бедствий.

... Уже сегодня метеорологические спутники передают данные в колоссальном объеме. Переработать всю эту информацию можно только машинным способом. Вот почему одновременно с тем, как на оперативную службу погоды встали спутники, были созданы и многочисленные наземные пункты приема и обработки информации. Эти наземные пункты, оборудованные быстродействующими ЭВМ, и спутники образовали ныне метеорологическую систему «Метеор», которая с каждым годом расширяется. Спутники «Метеор», как и следует из самого их названия, служат для регулярного получения данных наблюдений для прогностических органов Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, и являются составной частью общей системы гидрометеонаблюдений. Они оснащаются комплексом однотипной аппаратуры и выводятся на околоземную орбиту высотой 900 километров.

Оперативную космическую информацию о состоянии атмосферы, облачности, поверхности суши и океана дополняют гидрометеорологические наблюдения, которые производятся традиционными методами. Большой вклад вносит эта информация в улучшение анализа и прогноза погодообразующих процессов над океанами и труднодоступными районами суши, которые в общей сложности составляют четыре пятых

поверхности нашей планеты. Кроме анализа и прогноза погоды, космические снимки с оперативных спутников Земли «Метеор» находят применение, как уже отмечалось, в гидрологии, океанологии, климатологии, в авиации и мореплавании, в сельском, лесном, водном хозяйстве. Данные, полученные со спутников, удалось также использовать для изучения атмосферных процессов и явлений синоптического масштаба. Более пригодными для этого оказались, в частности, снимки в видимом диапазоне. На них можно особенно хорошо прослеживать развитие облачного покрова. Очень эффективными надо считать и прямые передачи в реальном масштабе времени изображений в видимом диапазоне спектра. Они позволили всем заинтересованным прогностическим органам, в том числе и других стран, получать снимки для районов своей деятельности непосредственно с борта спутников при их пролете.

Оперативная информация со спутников «Метеор» позволила достичнуть наибольших успехов при составлении синоптических карт. В отличие от наземных наблюдений космические данные в форме изображений и полей радиационной температуры оказались очень важными для получения более полной картины распределения облачности по всей территории Земли, а это, в свою очередь, необходимо для более точной оценки погоды. По характеру рисунка облачности на космических снимках удается определять местоположение и интенсивность внетропических и тропических циклонов, атмосферных фронтов, зон выпадения осадков, очагов гроз, высотных циклонов, ложбин, гребней, струйных течений. По ним удается оценивать устойчивость воздушных масс, прослеживать влияние рельефа местности, термической неоднородности подстилающей поверхности, можно судить о характере поля воздушных течений.

Эта метеорологическая информация используется

во многих отраслях народного хозяйства. В сельском хозяйстве, в частности, этими снимками пользуются, как уже отмечалось, для точного определения границ снежного покрова, территорий с недостаточными, достаточными и избыточными запасами снега для перезимовки и влагообеспечения сельскохозяйственных растений, для того, чтобы следить за появлением и сходом снежного покрова. Эти данные помогают прогнозировать заморозки, засухи и другие природные явления. 30 августа 1981 года «Правда» в корреспонденции из Актюбинска сообщала, например, что своевременно предупредить участников страды о приближении дождей в актюбинских степях синоптикам Алма-Аты помогли спутники и метеорологические локаторы-радиостанции. В республике создана сеть пунктов для приема спутниковой метеоинформации, а радиолокационный дозор за облачностью осуществляется ныне над всеми хлебными полями. Казахстанская служба погоды ежедневно информирует по радио земледельцев о прогнозах погоды на предстоящую пятидневку, а также на ближайшие двое-трое суток. Так был открыт широкий простор для массового маневрирования уборочно-транспортной техникой не только в пределах хозяйства и района, но и целых регионов. Интересно, что по подсчетам некоторых зарубежных ученых в ближайшие годы только за счет совершенствования службы погоды с помощью метеорологических спутников мировое сельское хозяйство получит экономию более чем в 20 миллиардов долларов.

Очень результативными были и эксперименты по термическому зондированию атмосферы с помощью спектрометрической инфракрасной аппаратуры, которые показали, что возможно получение профиля температур в атмосфере по спектрометрическим данным. Для повышения точности дистанционное зондирование производилось с помощью спектрометра-

интерферометра, разработанного в ГДР. Большой объем измерений в микроволновом диапазоне был проведен с помощью радиотеплолокационной аппаратуры на волне 0,8 сантиметра. В результате появилась возможность выделять зону осадков, производить количественную оценку водозапаса облаков. Надежность оценок повышалась за счет совместного анализа этих данных с одновременно полученным изображением облачности в инфракрасном диапазоне. С помощью этой же радиотеплолокационной аппаратуры удалось установить и фазовый состав облаков, при этом кристаллические и капельные облака различались с точностью 86 процентов. Микроволновые измерения с помощью трехканального радиометра на волнах 0,8; 1,35; 8,5 сантиметра хотя и были получены в ограниченном объеме, тем не менее дали возможность определить общее содержание водяного пара в атмосфере и капельно-жидкой воды в облаках, они выявили зоны сильных и умеренных осадков, помогли проследить границу льдов и определить их сплошность.

Но главное предназначение метеорологических спутников — это, конечно, способствовать более точным прогнозам погоды. И здесь поле их деятельности буквально безгранично. Ведь как ни густа сеть метеорологических станций на земном шаре, нельзя забывать, что четыре пятых нашей планеты покрыты морями и океанами. Там станций почти нет, если не считать автоматических буйковых станций и метеопунктов на некоторых кораблях, таких, как научно-исследовательские суда Госкомитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды «Муссон», «Пассат», «Георгий Ушаков», «Виктор Бугаев», «Эрнст Кренкель» и другие.

А пустыни и горные районы, Арктика и Антарктида, которые оказывают огромное влияние на формирование погоды и на территории которых метеороло-

гических станций пока что, к сожалению, еще недостаточно! Поэтому можно считать, что с метеорологической точки зрения освоено еще менее десятой части поверхности Земли. И вот тут опять же неоценимую роль играют спутники, на которых устанавливаются телевизионные камеры с различным пространственным разрешением. Объективы этих камер направлены на Землю. Они выделяют на поверхности участок, и его изображение передают на наземные пункты приема. Здесь собирают также изображения и анализируют карту распределения облаков. Когда мы смотрим на облака снизу, нам кажется, что они хаотически разбросаны по небосводу. Так думали все, даже метеорологи. На самом деле в атмосфере существуют крупномасштабные системы облаков. Они обладают удивительно упорядоченным расположением, которое зависит от особенностей протекания метеорологических процессов на данной территории. Так, фотографии облачности над Тихим океаном дали в свое время возможность предсказать гораздо раньше, чем обычными методами, появление тайфуна, который шел на Японию. На спутниках с успехом применяются сверхчувствительные телевизионные камеры и метод теплопеленгации, чтобы следить за облаками не только днем, а и ночью.

Трудности прогноза погоды, связанные с недостатком информации, не единственные. Ученые, например, еще недостаточно глубоко разобрались в физических закономерностях происходящих в атмосфере процессов. Многое здесь связано с Солнцем. В конечном счете именно потому, что Земля получает энергию от нашего светила, существует в атмосфере движение — ветер, выпадают дождь и снег. С другой стороны, земной шар теряет изрядное количество энергии, излучая в космос так называемую тепловую радиацию. Соотношение между приходом тепла от Солнца и потерей его за счет излучения Земли определяет баланс

энергии. А это основа всех процессов, которые совершаются в атмосфере. И если «приходная часть» этого баланса всего на один процент превысит расходную часть, то есть будет иметь место небольшой избыток энергии, который пойдет на нагревание атмосферы, то средняя ее температура повысится на 7 градусов. А это соответствует изменению температуры, потеплению в атмосфере, на протяжении от последнего ледникового периода до наших дней. Напротив, если расход будет преобладать над приходом всего на одну сотую процента, мы вернемся к ледниковому периоду. Конечно, эти факты — результат так называемых «чистых» расчетов, не учитывающих многие факторы. Вместе с тем эти примеры показывают, какую важную роль играет баланс энергии Земли, и метеорологические спутники как раз и дают возможность непосредственно измерять приход и расход тепла во всех точках нашей планеты.

Телевизионные изображения облачного покрова вдоль трассы полета метеорологического спутника обычно фиксируются на магнитной ленте в бортовом запоминающем устройстве и затем передаются на Землю при очередном пролете спутника над земными приемными пунктами. Тепловое излучение в различных районах Земли регистрируется специальной аппаратурой на борту спутника.

Большой интерес для метеорологии представляет глобальное изучение распределения облачного покрова Земли. Такие эксперименты проводились на спутниках «Молния-1» с высот 30—40 тысяч километров. Наряду с получением данных для общих прогнозов погоды метеоспутники, как уже отмечалось, дают информацию о зарождении и движении тайфунов. Спутники систематически используют и для сбора повседневной метеорологической информации. Об этом, в частности, свидетельствует эксперимент, поставленный на американском метеоспутнике «Нимбус-3» в

сентябре 1969 года. Обращаясь по своей орбите на высоте 960 километров и находясь над Кингстоном (Ямайка), он впервые передал «полный профиль» температур на всех высотах, начиная с поверхности Земли и кончая верхним слоем атмосферы. Позднейшие сравнения показали высокую точность этих данных: профиль был почти идентичен с тем, что зарегистрировал наблюдательный аэростат, запущенный из Кингстона в то же время. Успех «Нимбуса-3» открыл перед метеоспутниками новые возможности. С помощью инфракрасного спектрометра была разработана техника так называемого «вертикального зондирования», означающего измерение и регистрацию с помощью очень сложных и чувствительных датчиков различных атмосферных условий, влияющих на погоду. Эти датчики в сочетании с другими новейшими приборами на борту спутников, а также с усовершенствованной аппаратурой наземных станций, анализирующей метеорологические данные, обеспечивают сейчас надежные прогнозы погоды — потенциально одно из самых важных достижений, которое стало возможным в результате развития космической техники.

Однако это всего лишь начало. Сейчас уже можно предвидеть создание глобальной системы метеорологических спутников, оснащенных многочисленными атмосферными датчиками, работающими на фотографическом, тепловом, микроволновом, радарном и лазерном принципах. Такая система обеспечит круглосуточное наблюдение за погодой по всему земному шару. К этому следует добавить, что в будущем предполагается создание многоярусной системы метеорологической службы. Первый ярус ее составят метеорологические спутники, летающие по стационарным орбитам высотой до 40 тысяч километров и передающие глобальное распределение облачного покрова для получения картины общей циркуляции атмосферы.

Второй ярус образуют, скажем, орбитальные пилотируемые станции, экипажи которых могут обеспечить визуальные наблюдения за быстро протекающими метеорологическими явлениями, а также приливами, отливами, обвалами, пылевыми и песчаными бурями, цунами, ураганами, землетрясениями. В третьем ярусе — автоматические спутники типа «Метеор» на полярных и приполярных орбитах высотой 1000—1500 километров. Их назначение — передавать информацию для численных методов прогнозирования погоды не только в глобальном, но и локальном масштабах, обеспечивать наблюдение среднемасштабных и мелкомасштабных процессов в атмосфере.

Сведения, которые сможет выдавать такая многоярусная космическая система, будут дополняться данными, полученными наземными и морскими метеорологическими, аэрологическими и актинометрическими (измеряющими солнечную радиацию) станциями. Весь этот огромный поток информации будет поступать в автоматизированную систему метеорологических прогнозов, которую можно представить себе так: данные со всех ярусов метеосистемы вводятся непосредственно в ЭВМ, а уже она на конечной стадии обработки этой информации сама ставит готовый прогноз погоды.

И, наверное, не так уж и далеко то время, когда люди смогут перейти к решению самой сложной и вместе с тем одной из самых заманчивых научных проблем — управлению погодой. Во всяком случае сейчас уже не кажутся фантастическими такие шаги в этом направлении, как регулирование времени выпадения и количества выпадающих осадков, их распределение по земной поверхности, борьба с ураганами путем уменьшения их интенсивности и направления по «безопасным» маршрутам, рассеивание туманов, предупреждение морозов...

23 апреля 1965 года. В этот теплый весенний день

жители Владивостока впервые увидели на голубых экранах тест-таблицу Центрального телевидения и услышали далекий голос диктора: «Говорит и показывает Москва». Так вступило в строй одно из самых удивительных инженерных сооружений века — гигантский радиомост, соединивший столицу нашей Родины с ее самыми отдаленными уголками. Невидимые пролеты этого моста пролегают над бескрайними просторами лесов и морей, полей и гор, а его вершина, словно в сказке, упирается в бесконечно далекую звездочку — искусственный спутник Земли.

«Сенсационный успех русских! — в тот же день сообщили зарубежные информационные агентства. — На орбите «Молния-1». Два таких спутника — круглосуточная связь для всего Советского Союза, три — для всего мира».

Да, запуск спутников «Молния» и успешная эксплуатация сложной системы наземных станций космической связи «Орбита» — выдающееся достижение наших ученых, конструкторов, инженеров и рабочих, позволившее на практике осуществить передачу программ Центрального телевидения, а также дальнюю двустороннюю многоканальную телефонную, фототелеграфную и телеграфную связь.

Надо сказать, что стремление использовать спутники Земли для сверхдальней связи не случайно. Развитие современного общества, особенно науки и техники, вызывает потребность в широком обмене информацией, передаваемой по линиям связи. Так, например, число двухсторонних телефонных разговоров между Европой и США в 1959 году не превышало трех миллионов, через три года оно достигло 5 миллионов, а в 1970 году составило уже 10 миллионов. Еще недавно через океан было проложено всего 5 кабельных линий высокочастотной связи, по которым одновременно велись сотни телефонных разговоров, передавались телеграммы и фототелеграммы, концер-

ты и фильмы. Однако такого количества кабелей хватило недолго. Уже в 1980 году число трансокеанских телефонных вызовов достигло 100 миллионов. Для их обслуживания пришлось бы проложить 50 подводных кабелей. Но и в этом случае не была бы решена проблема передачи телевизионных программ, которая требует значительно большей емкости, один видеоканал — это примерно 1000 звуковых каналов. Поэтому куда более выгодной оказалась радиоэлектроника и, в первую очередь, главная ее отрасль — радиосвязь. Однако на всех ее бесспорных успехах сегодня начинают все больше сказываться «пороки», лежащие в самой природе радиоволн. Дело в том, что характер их распространения зависит от ряда факторов. Длинные волны, например, легкогибают весь земной шар, но в одном диапазоне этих волн укладывается мало фиксированных частот, то есть они мало информативны: на одном диапазоне этих волн может одновременно вестись небольшое число разговоров. Куда более выгодны короткие волны. Они перекрывают большие расстояния только за счет того, что отражаются на своем пути от ионизированных слоев атмосферы. Но это преимущество таит в себе и крупный недостаток — прохождение их всегда зависит от состояния ионосферы, которое, в свою очередь, связано с процессами, происходящими на Солнце. Стоит повыситься солнечной активности, как под влиянием во много раз усиливающегося потока заряженных частиц солнечной материи, врывающейся в это время в земную атмосферу, в ней возникают магнитные бури, нарушающие радиосвязь на коротких волнах. Поэтому более эффективны в этом отношении ультракороткие волны, на которых, кстати говоря, работают радиовещание и телевидение. Однако и эти волны не свободны от недостатков. Дело в том, что присущее радиоволнам свойство дифракции (огибания) проявляется тем заметнее, чем длиннее волны. Поэтому ультрако-

роткие волны могут распространяться только по прямой, подобно лучу прожектора, и не в состоянии огибать горизонт. Отсюда постоянное стремление связистов строить высокие антенны — ведь чем выше антenna, тем дальше отодвигается горизонт и тем большим становится предел распространения ультракоротких волн. Но даже Останкинская телевизионная башня высотой более 530 метров позволяет принимать московские телепередачи в радиусе всего 120—130 километров. А чтобы осуществить прямую связь на ультракоротких волнах между Москвой и Ленинградом, нужна была бы телевизионная башня высотой... 40 километров. Но и антенны даже такой фантастической высоты не спасли бы положения. Подсчитано, что увеличение высоты антенны в 500 раз приводит всего к 10-кратному повышению дальности. Не случайно поэтому широкое распространение получили радиорелейные линии, состоящие из ретрансляционных станций с высокоподнятыми антennами, передающими телевизионные сообщения, словно по эстафете, от станции к станции. Но и такие линии имеют свои недостатки: для обеспечения надежной связи радиорелейные станции приходится ставить на расстоянии прямой видимости, то есть не далее 50—70 километров друг от друга. Легко представить себе, каких расходов стоило строительство таких линий, если только на радиорелейной линии Москва — Ростов (одной из первых в стране) пришлось воздвигнуть 20 приемо-передающих станций.

Однако по мере дальнейшего развития телевидения и радиовещания оказалось, что релейные линии — не выход из положения. В самом деле, ведь не свяжешь же такими линиями все города севера и юга, запада и востока нашей громадной страны! А как связать между собой населенные пункты, находящиеся на различных континентах? Океан создает непреодолимые трудности для трансконтинентальной телевизион-

ной связи. Известные затруднения возникают и при организации телевизионного вещания между пунктами, разнесенными друг от друга не только на большие расстояния, но и расположеными в труднодоступных районах.

И вот в поисках выхода из столь трудного положения ученые предложили использовать в качестве своеобразных ретрансляторов ультракоротких волн летательные аппараты. Впервые эту идею высказал еще в 1934 году советский связист профессор П. Шмаков, а спустя 20 с лишним лет появилась практическая необходимость реализовать его предложение. Летом 1957 года в Москве проходил VI Всемирный фестиваль молодежи и студентов. Каждый день по радио и телевидению транслировалось свыше 50 фестивальных передач — с улиц и площадей, с аэродромов и стадионов, из театров и парков, домов культуры и рабочих клубов. И вот, чтобы дать возможность посмотреть фестивальные торжества не только москвичам, но и жителям других городов, решено было организовать ретрансляцию телевизионных передач из Москвы с помощью самолетов на Ленинград, Киев, Смоленск и Минск. Одна из таких схем ретрансляции выглядела так: по трассе Москва — Ленинград на высоте 4 км летали два самолета. Один кружил между Москвой и Бологое. Он принимал телевизионный сигнал из Москвы и передавал его на наземный пункт связи в Бологое. Там сигнал усиливался и ретранслировался на другой самолет, который летал между Бологое и Ленинградом. И наконец, с этого самолета сигнал поступал уже непосредственно в телевизионный центр Ленинграда. Можно считать, что этот первый опыт самолетной ретрансляции явился прообразом нынешней системы космической радиосвязи.

Кстати, ученые нашей страны были первыми, оценившими преимущества и этой системы связи, на которой, собственно, и основано использование косми-

ческих летательных аппаратов в научных и народно-хозяйственных целях, в том числе и для нужд сельского хозяйства. Еще в 1945 году советские ученые предлагали использовать искусственные спутники Земли для глобальной связи, а 10 лет спустя стали уже говорить о возможности применения спутников в качестве пассивных ретрансляторов. Однако техническое осуществление этих идей стало возможным только после запуска первого советского спутника, положившего начало активному освоению человеком космоса.

Космическая биография людей еще очень короткая. Но за это время уже столько сделано! Твердо становится на ноги и космическая радиосвязь с помощью разнообразных спутников связи, которые являются по существу теми же радиорелейными станциями, только с несравненно более высокими антennами, а значит и большими зонами передачи и приема. С помощью только одного из них, например, «Молния-1», можно обеспечить непосредственный обмен радио- и телевизионными программами между пунктами, удаленными друг от друга почти на 18 тысяч километров. (Для сравнения: расстояние между Москвой и Владивостоком 8 тысяч километров).

Сегодня уже всем ясно, что без спутников связи межконтинентальное телевидение было бы просто невозможно, так как один видеоканал, как уже говорилось, требует огромных емкостей и соответствует примерно 1000 звуковых каналов. С ростом и совершенствованием техники разница емкостей спутников связи и наземных средств кабельной и радиорелейной связи не уменьшится, а увеличится. По данным иностранной печати, новейший кабель будет иметь 720 каналов связи, а спутники уже первоначально располагали 8000 каналами двухсторонней связи, а в дальнейшем количество каналов связи на них может быть доведено до 10 000. Впрочем, специалисты считают, что самую важную роль спутники будут играть даже

не в радиотелевизионной и телефонной связи, а в непосредственной передаче информации от источника к потребителю. В этом случае спутник будет связующим звеном между далеко отстоящими друг от друга ЭВМ и устройством, обрабатывающим информацию, которая будет поступать к потребителю на языке ЭВМ и на месте воспроизводиться телепринтером.

Кроме спутников, в нашей стране в систему космической связи входят многочисленные наземные станции «Орбита». В настоящее время около 100 таких станций и несколько сотен станций другой космической системы «Экран» обслуживают более 65 миллионов бытовых телевизоров, находящихся у населения.

Словом, вряд ли можно ныне оспаривать эффективность системы космической связи. Уже исторические сигналы первого советского спутника, прозвучавшие из космоса 4 октября 1957 года, сообщали на Землю не только данные о работе пусть и немногочисленных приборов и агрегатов нашего первого космического посланца, но и сведения об окружающей среде, в частности, о свойствах верхних слоев атмосферы.

Каково же будущее космической связи? О каждом из ее разделов можно было бы рассказать много увлекательного. Огромные перспективы открывает, например, космическая система связи со спутниками, движущимися по стационарной круговой орбите, которая пролегает вдоль экватора Земли на высоте 36 тысяч километров. Спутник на такой орбите ввиду равенства его угловой скорости с угловой скоростью вращения нашей планеты находится в неподвижном положении относительно поверхности, превращаясь таким образом как бы в постоянную космическую антенну, которая может обеспечить связь между пунктами, удаленными на 17 тысяч километров. Три таких стационарных спутника, равномерно расположенных по орбите, то есть когда углы между ними составляют

120 градусов, могут обеспечить постоянную связь между любыми пунктами Земли.

Глобальная космическая связь открывает перед человечеством огромные перспективы. Например, может быть создана широковещательная спутниковая связь. При этой системе связи главный источник энергии будет находиться не на земных станциях, а на самих спутниках, оборудованных огромными химическими и топливными элементами, а может быть и портативными ядерными установками или панелями громадных солнечных батарей. Такой широковещательный спутник предполагается оборудовать большой антенной, позволяющей производить точную настройку для усиления мощности сигналов, которые затем можно будет принимать на слегка видоизмененный телевизор домашний или общественного пользования — минуя сложные промежуточные наземные установки, сегодня еще необходимые.

Системы космической радиосвязи и телевидения уже прочно вошли в наш быт. В принципе спутники могут увеличить дальность связи примерно в 10 тысяч раз и дать возможность связаться с любой точкой земного шара, используя при этом достаточно широкую полосу частот.

Словом, вряд ли можно сомневаться, что в ближайшем будущем они твердо займут ведущее место в системе глобальной связи, создание которой намного повысит оперативность любой информации, интересующей многих специалистов, в том числе и специалистов сельского хозяйства.

Со временем космическая техника будет не только служить росту сельскохозяйственного производства, но и содействовать дальнейшему подъему общего уровня культуры на селе, что также является одной из важнейших задач Продовольственной программы СССР. С помощью стационарных спутников миллионы сельских жителей как бы приближаются к жизни

основных культурных центров страны, а с помощью глобальной связи — и всего мира.

Для приема информации для нужд сельского хозяйства могут быть выбраны различные технические пути. Со временем, может быть, при каждом крупном хозяйстве, агропредприятии будет создана небольшая наземная радиотелевизионная станция, способная ре-транслировать передачи из космоса на домашние телевизоры окрестных сел и деревень. Эти радиотелевизионные станции в системе АПК смогут принимать и всю текущую оперативную информацию с метеорологических, а в будущем и сельскохозяйственных спутников.

Но возможен и другой путь — универсализация уже существующих станций системы «Орбита» и «Экран» для передачи всей оперативной агрономической, лесотехнической и гидрометеорологической информации, а также широковещательных информационных, пропагандистских и учебно-просветительных программ.

Миллионы тружеников села смогут тогда по-новому проводить свой досуг. Спектакли лучших театров, концерты и спортивные состязания, музеи и выставки, выступления ведущих ученых, музыкантов, писателей с помощью телевидения станут доступными каждому. Новые возможности откроются и перед системой среднего и высшего заочного образования. Все это в еще большей степени будет способствовать стиранию грани между городом и деревней, решению кадровой проблемы на селе. С другой стороны, информация, получаемая из космоса, явится ценным подспорьем для наземных агрономической и метеорологической служб, намного повысит точность и оперативность их прогнозов.

Так «космическое радио» окажется непосредственно связанным с сельским хозяйством.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Космонавтика еще очень молода — первый искусственный спутник Земли был выведен на орбиту лишь в 1957 году — а XXVI съездом КПСС уже поставлена задача «... дальнейшего изучения и освоения космического пространства в интересах науки, техники и народного хозяйства». Так, в ближайшие пятилетия предусмотрено строительство крупных ГЭС на реках Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии. При реализации этих планов непременно будут использованы прогрессивные научно-технические средства и в первую очередь аэрофотосъемка и космическая съемка. Космонавтике предстоит сыграть важную роль и в осуществлении многих других предначертаний в промышленности, сельском хозяйстве, культурном строительстве.

Космическая техника поможет строителям провести первые разведывательные прикидки наиболее выгодных участков для будущих строек. Не обойтись без космической разведки нефтяникам, газовикам, шахтерам, которым предстоит осваивать новые месторождения нефти и газа как в Западной Сибири и Казахстане, так и на севере европейской части страны.

Или еще пример. Пятилетним планом экономического развития страны намечен подъем производства проката черных металлов, увеличение производства алюминия и меди, никеля и кобальта, цинка, свинца. А для этого нужно обеспечить опережающее разви-

тие рудной сырьевой базы этих металлов, в поисках которой космонавтике будет принадлежать особое место.

Какую бы отрасль хозяйства ни взять, везде космонавтика оказывается более дешевым, быстрым и информативным подспорьем, чем многие исконные наземные средства. Думается, что в будущем при составлении экономических планов выгодам применения космических средств будет уделено еще большее внимание, а при выдаче плановых заданий тем или иным отраслям промышленности будет специально оговорено обязательное использование возможностей космической техники.

Продовольственной программой определены темпы роста среднегодового объема валовой продукции сельского хозяйства. В РСФСР намечается добиться прироста сельскохозяйственной продукции на 12—14 процентов, для чего за десятилетие необходимо ввести в севооборот 3,3 миллиона гектаров орошаемых земель и осушить 3,7 миллиона гектаров переувлажненных земель. На Украине при том же плане роста продукции необходимо дополнительно ввести в эксплуатацию свыше 1 миллиона гектаров орошаемых земель и осушить 1,3 миллиона гектаров переувлажненных. В Белоруссии для получения дополнительной продукции предстоит осушить 970 тысяч гектаров. А всего же по стране за десятилетие площади угодий для нужд земледелия и животноводства должны возрасти за счет орошения и осушения более чем на 32 миллиона гектаров. Использование информации, получаемой с искусственных спутников Земли, может ускорить и удешевить проведение соответствующих изыскательских работ.

Неоценимую помощь, как уже отмечалось в книге, окажет космонавтика и подъему культуры на селе. В ближайших пятилетках, как это предусмотрено планами социального и культурного развития, в сель-

ской местности будет продолжено широкое культурно-бытовое строительство: появятся сотни новых школ, дошкольных детских учреждений, клубов, библиотек. А через них в массы придет вдохновенное партийное слово, которое, как сказал на июньском (1983 г.) Пленуме ЦК КПСС товарищ Ю. В. Андропов, всемерно поможет добиться, «чтобы человек воспитывался у нас не просто как носитель определенной суммы знаний, но прежде всего как гражданин социалистического общества, активный строитель коммунизма, с присущими ему идейными установками, моралью и интересами, высокой культурой труда и поведения».

А в арсенале пропагандистских средств одно из ведущих мест по праву принадлежит радио и телевидению. Многообразные средства космической связи донесут эти передачи до самых удаленных уголков нашей страны.

Естественно, что в одной небольшой книге невозможно достаточно полно осветить все поднятые в ней проблемы, каждая из которых вполне достойна стать темой самостоятельного исследования.

Начав эту книгу словами К. Э. Циолковского, я хотел бы в заключение напомнить читателям, что великий ученый тесно связывал устройство высокоорганизованного общества с максимальным использованием богатств Земли. Сегодня мы являемся свидетелями грандиозных успехов, достигнутых нашим народом в деле сохранения и преумножение природных ресурсов. И особая роль здесь принадлежит космонавтике.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Введение	13
Космические помощники земледельцев	19
Звездный страж зеленого океана	45
Космическая гидрология	59
Заатмосферные метеорологи и связисты	73
Послесловие	93

Торий Владимирович Машкевич КОСМОНАВТИКА — СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

Заведующая редакцией *Т. С. Микаэльян*

Редактор *В. У. Астащенков*

Художник *Т. Н. Егорова-Орлентинова*

Художественный редактор *О. М. Соркина*

Технические редакторы *И. В. Макарова, В. А. Боброва*

Корректоры: *Н. М. Яцкевич, М. И. Бынеев, А. М. Лаврова*

ИБ № 3392

Сдано в набор 12.09.83. Подписано к печати 31.01.84. Т-00006. Формат 70×100¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,9. Усл. кр.-отт. 4,14. Уч.-изд. л. 4,19. Изд. № 222. Тираж 25 000 экз. Заказ № 905. Цена 15 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Белоцерковская книжная фабрика. 256400, г. Белая Церковь, ул. Карла Маркса, 4.

15 κ.

