

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

A. A. Blagonravov

Výzkumy horních vrstev atmosféry pomoci výškových raket

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 3 (1958), No. 1, 59--65

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137387>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

- [5] Guth E., Mullin C. J., Phys. Rev., 1942, 61, 339.
 [6] Müller E. W., Zs. f. Phys. 1943, 120, 261.
 [7] Dyke W. P., Trolan J. K., Phys. Rev., 1953, 89, 799.
 [8] Dyke W. P., PIRE, 1955, 43, 162.
 [9] Barbour J. P., Dolan W. W., Trolan J. K., Martin E. E., Dyke W. P., Phys. Rev. 1953, 92, 45.
 [10] Barnes G., Phys. Rev. 1955, 97, 1579.
 [11] Morgulis N. D., ŽTF, 1947, 17, 983.
 [12] Stratton R., Proc. Phys. Soc. B., 1955, 68, 746.
 [13] Jones F. L., Nature, 1955, 175, 244.
 [14] Lebeděv A. A., Izv. AN 1956, 20, 975.
 [15] Müller E., Zs. f. Phys., 1951, 131, 136.
 [16] Ingram M., Gomer R., J. Chem. Phys., 1954, 22, 1279.
 [17] Drechsler M., Müller E., Zs. f. Phys., 1952, 132, 195.
 [18] Malter L., Phys. Rev. 1936, 49, 478; 50, 48.
 [19] Černov D. V., Kulvarskaja B. S., ŽTF, 1946, 16, 71; 771.
 [20] Vudynskij M. M., ŽTF, 1950, 20, 1306.
 [21] Roginskij S. Z., Tretjakov J. J., Ž. fiz. chim. 1956, 30, 11, 2539.

VÝZKUMY HORNÍCH VRSTEV ATMOSFÉRY POMOCÍ VÝŠKOVÝCH RAKET¹⁾

Академик А. А. БЛАГОНРАВОВ

V programu Mezinárodního geofyzikálního roku (v dalším MGR) je mnoho místa věnováno výzkumu horních vrstev ovzduší. Cílem tohoto výzkumu je rozšířit a zpřesnit dnešní znalosti o hustotě a tlaku vzduchu, o jeho složení a pohybech v horních vrstvách, o elektrických vlastnostech ionosféry, o kosmickém záření, o ultrafialové složce slunečního spektra, o slunečním záření všeobecně, o pevné složce kosmické látky, o zemském geomagnetickém poli.

Výzkumy v tomto směru nemají jen obecně poznávací význam. Jsou důležité i v praxi pro zdokonalování meteorologické služby a předpovídání počasí, pro zdokonalování dálkových bezdrátových komunikací, konečně jsou také mimořádně důležité pro získání nutných základních dat při řešení otázky meziplanetárního spojení.

Výzkumné metody, jichž se zde používá, jsou přímé a nepřímé. Nepřímými se nazývají ty metody, pomocí nichž se zkoumají horní vrstvy atmosféry se zemského povrchu; přímými se nazývají ty metody, jimiž se přístroje dopravují na místo pozorování.

Dnešní raketová technika umožnila používat přímých method ve velkém měřítku. Příslušné přístroje, jimiž se žádoucí pozorování mají konat, jsou dopravovány raketami do potřebných výšek buď přímo, nebo ve zvláštních přepravních zařízeních²⁾, která se po dosažení potřebné výšky mohou od rakety odpoutat. Rozvoj této techniky spolu s růstem rychlostí raket umožnily stavět umělé družice Země, což samo zase podstatně rozšiřuje časové hranice výzkumů. Přístroje, které raketa vynese přímo do horních vrstev ovzduší, mohou jen poměrně krátkou dobu registrovat zkoumaný jev nebo děj.

¹⁾ Ak. A. A. Благонравов, Исследование верхних слоев атмосферы при помощи высотных ракет. Vestnik AN SSSR, 1957, č. 6, str. 25–32.

²⁾ V originále *kontejner*; překládám termínem „přepravník“. J. V.

V této mimořádně zajímavé oblasti vědy a techniky bylo v posledních letech provedeno tak velké množství výzkumů, že bylo možno vypracovat bohatý program studia horních vrstev atmosféry pro MGR.

Kosmické záření začal pomocí výškových raket zkoumat v SSSR v roce 1947 kolektiv vědeckých pracovníků, který vedl člen korespondent Akademie věd SSSR S. N. Vernov. V roce 1949 byla odpálena speciální raketa, pomocí níž se získala některá data o stavu atmosféry až do výše asi 100 km. Na podkladě tohoto pokusu bylo možno přesně formulovat požadavky, pokud jde o metodiku pozorování i pokud jde o potřebnou aparaturu. Byly zkonstruovány speciální rakety (Akademie věd SSSR) a později tak zvané „meteorologické rakety“ (*Centralnaja aerologičeskaja observatorija* — Ústřední aerologická observatoř), kterých se pak od roku 1951 používalo k soustavnému výzkumu atmosféry. V letech 1951–1956, postupně jak se získávaly zkušenosti, se rakety konstrukčně upravovaly a zdokonalovaly se přístroje. Dnes má sovětská věda k dispozici dostatečně dokonalé technické prostředky, jichž je potřeba k tomu, aby sovětští vědci mohli provést všechny vědecké práce, zamýšlené v MGR³⁾.

Výzkumů horních vrstev atmosféry se zúčastnily kolektivy vědeckých pracovníků z Akademie věd SSSR i z jiných vědecko-výzkumných institucí. Všechny výzkumy byly řízeny a koordinovány Akademií věd SSSR.

Fyzikální ústav P. N. Lebeděva (S. N. Vernov, P. V. Vakulov, M. I. Fradkin, V. I. Solovjeva, A. J. Čudakov a jiní) zabýval se zkoumáním složení a vlastností primárního kosmického záření. Měřil se tok nabitých a neutrálních částic, ionisace v horních vrstvách atmosféry, způsobovaná primárními částicemi, zkoumaly se také interakce částic s pevnou látkou. Výsledky měření se přenášely s rakety kanály radiotelemetrické soustavy. Tak se získala dostatečně přesná data o změnách intenzity kosmického záření v závislosti na výšce, a o struktuře primárního kosmického záření.

Geofyzikové Akademie věd SSSR (I. A. Chvostikov, V. I. Krasovskij, B. A. Mirtov, V. V. Michněvič a jiní) se zabývali určováním složení vzduchu, měřením jeho hustoty, atmosférického tlaku a teploty.

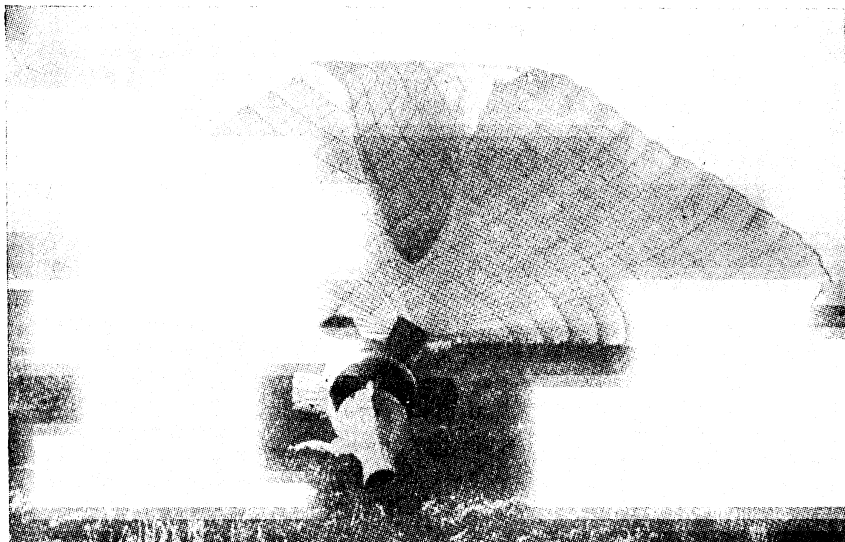
Pokusy z roku 1949 ukázaly, že je nutno předcházet znečišťování, které způsobovala raketa za letu. Ukázaly to vzorky vzduchu, které obsahovaly plyny, vypuzované z raketového motoru. Pro všechna další měření se proto používalo kromě přístrojů, umístěných přímo v raketě, také aparatury, která byla uložena ve speciálním přepravníku; přepravník byl umístěn v mozdíku rakety, z něhož byl vystřelován v okamžiku, kdy při výstupu rakety byl vypnut její motor. Vystřelení přepravníku se dělo v jistém úhlu s osou rakety. Přepravník pak samostatně (setrvačností) proletěl určitou dráhu. Při pádu zpět k zemi se ve výši asi 4 km uvedlo v činnost padákové zařízení, které zabezpečovalo rychlost přistání dostatečně malou, aby nebyly porušeny přístroje.

S přibývajícím zkušenostmi se konstrukce přepravníků zdokonalovala, zejména pokud jde o tlumení dopadu na zemi. Poslední typ přepravníku zůstal při dopadu k zemi ve vertikální poloze a zvláštními boky se při přistání do země zabodl. Tím byly chráněny zejména skleněné baňky se vzorky vzduchu,

³⁾ O dokonalosti sovětské techniky svědčí, že 4. října 1957 byla s území Sovětského svazu vypuštěna první umělá družice Země (TASS z noci na 6. října 1957; RUDE PRÁVO z 6. října 1957), a krátce na to, 3. listopadu 1957, druhá umělá družice Země (Moskva 3. listopadu 1957 ČTK, RUDE PRÁVO z 4. listopadu 1957). Sovětský svaz dosáhl tím úspěchu nedozírného vědeckého, technického a společenského významu. J. V.

keré jinak při překocení přepravníku na bok byly vystaveny nebezpečí rozbití.

Získat vzorky vzduchu z různých výšek bylo velkým technickým problémem. Použilo se k tomu skleněných baněk, vyčerpaných na 10^{-6} mm Hg. Vnitřní stěny baněk byly zvláště opracovány, aby se odstranily všechny eventuální znečištění vzorku. Baňky byly opatřeny hermetickým uzávěrem, který se v jistém okamžiku po vzletu rakety otevřel a po několika vteřinách znovu automaticky uzavřel. Konstrukce těchto



Obr. 1. Hlavice rakety v okamžiku dopadu.

uzávěrů si vyžádala velmi mnoho námahy, zejména s ohledem na požadavky, aby se vyloučily nežádoucí příměsy ve vzorku z parazitních plynů, a aby mazání, jehož se v uzávěrech používalo, nepůsobilo chemicky na složení vzduchu ve vzorku. Každá raketa nesla v přepravníku několik takových baněk pro vzorky z různých výšek. V tabulce 1 jsou některé údaje, získané rozborem složení vzduchu ve vzorcích z různých výšek a z různých dob. Tabulka ukazuje, že složení vzduchu ve výškách, v nichž byly vzorky vzaty, se podstatně neliší od složení vzduchu při zemském povrchu.

Výšky, v nichž byly vzorky vzduchu brány, se propočítávaly v každém pokusu na podkladě údajů o rychlosti letu rakety v okamžiku, kdy měl být přepravník s baňkami raketou odvrhnut, a z trajektorie tohoto přepravníku po jeho odpoutání se od rakety. Tato trajektorie byla zjišťována pomocí kinoteodolitů. Atmosférický tlak se registroval dvěma tepelnými manometry Piraniho (ve výši 50—70 km) a čtyřmi výbojkovými manometry (dvěma ve výškách 70—90 km, dvěma ve výškách 90—110 km). V tabulce 2 jsou tlaky, registrované v různých výškách a v různých dobách.

Jiná skupina vědeckých pracovníků (G. I. Golyšev, A. M. Kasatkin, J. G. Švidkovskij, G. A. Kokin a jiní) provedla analogická měření pomocí

Tabulka 1

Výška, v níž byl vzat vzorek vzduchu (v km)	Složení vzduchu (v %)		
	O ₂	N ₂	Ar
65	19	80	0,91
80	19,5	80	0,86
82	21,9	78	0,80
82—85	24,5	74	0,77
82—85	20,4	78	0,79

Tabulka 2

Výška (v km)	Tlak (v mm Hg)		
	pokus č. 1	pokus č. 2	pokus č. 3
50	$6,8 \cdot 10^{-1}$	$6,6 \cdot 10^{-1}$	—
60	$2,3 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	—
70	$5,8 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	—
80	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	—
90	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
100	—	$1,8 \cdot 10^{-4}$	—
110	—	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$

meteorologické rakety Ústřední aerologické observatoře. Tato raketa byla menší a lehčí, měla však rovněž oddělitelnou část s přístroji. Sondy pomocí této rakety byly provedeny ve výšce 80 km. Atmosférický tlak se měřil po celém vertikálním průřezu atmosféry. Tlaky nad 10 mm Hg se registrovaly membránovými reostatovými manometry, tlaky v mezích 5 mm až $5 \cdot 10^{-3}$ mm Hg tepelnými manometry Piraniho. Teplota manometrů byla kontrolována odporovými teploměry.

Zajímavé jsou také údaje o rozložení teploty v ovzduší. Jednotlivé údaje, získané v různých denních a ročních dobách, se rozcházejí, bezpečně však bylo zjištěno, že maximální teplota je ve výšce asi 46 km, a to 280—307 °K, a minimální teplota ve výšce asi 80 km. Ukázalo se také, že teplotní gradient je ve výškových mezích 50—70 km stálý (2,5 stupně na jeden kilometr).

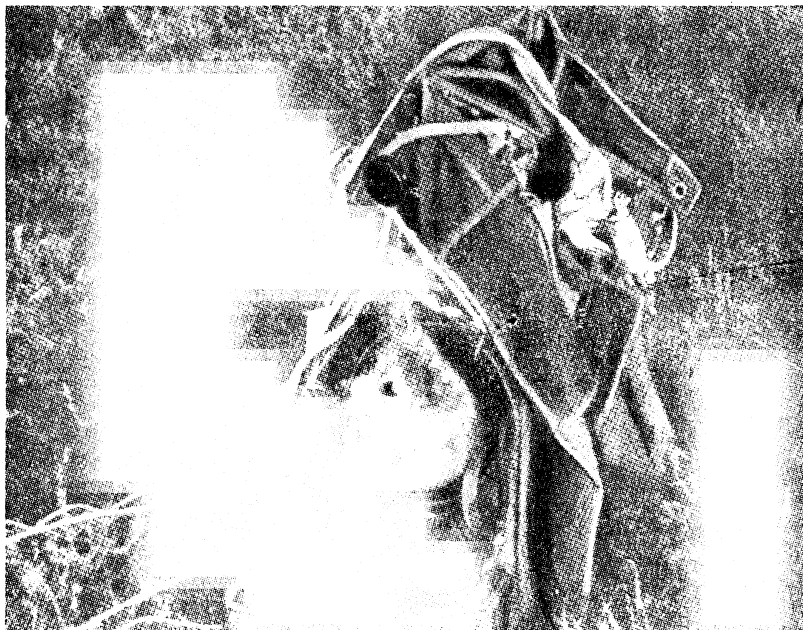
Výzkum vzdušných proudů v různých výškách byl organizován Institutem aplikované geofyziky (T. N. Nazarova). Vektor rychlosti větrů byl zjišťován hlavně pozorováním kouřových oblaků, vytvořených v různých výškách; pozorování se dělo kinoteodolity. Pro tyto výzkumy byl zkonstruován přepravník, který byl rovněž vystřelován z moždíře rakety, umístěného na straně opačné, než s které se vystřeloval přepravník s přístroji. Tento druhý přepravník obsahoval pět dýmotvorných náloží, které vybuchovaly postupně v určitých časových intervalech při pádu přepravníku. K prvnímu výbuchu došlo, jakmile přepravník dosáhl vrcholu své dráhy.

Tato metoda umožnila dobré sledování pohybu nevelkých, avšak ostře ohraničených oblaků do výšce 80 km a po dobu 15 vteřin. Pak již byla pozorování méně přesná, neboť oblaky se v atmosféře rozplývaly. Při propočítávání rychlosti pohybů ovzduší se bralo v úvahu, že kouřové oblaky se proti těmto rychlostem zpožďují. Ve výškách nad 80 km neposkytovala popsaná metoda bezpečných výsledků, neboť oblaky se rychle rozplývaly. Vzdušné proudy se zjišťovaly také akustickými metodami, nebo také tak, že se pozoroval sloup dýmu, vypouštěného trvale při pádu přepravníku, počínaje vrcholem jeho letové dráhy.

Z jiných pozorování sluší uvést registraci slunečního spektra v jeho ultrafialové části (A. V. Jakovleva, N. A. Pavlenko). Registrace se děla pomocí speciálního spektrografu, umístěného v hlavici rakety. Ultrafialová část slunečního spektra je jak známo pohlcována ozonovou vrstvou v ovzduší, nelze ji proto v nižších vrstvách atmosféry pozorovat.

Raketa registrovala také mikrometeory, s nimiž se za letu setkávala. Byly také zkoušeny přístroje pro měření iontové koncentrace v ionosféře.

Ve velkém měřítku se zkoumaly fyziologické podmínky letu v raketách, což má velký význam v otázce kosmických cest (A. V. Pokrovskij, V. I. Jazdovskij). V pokusech z let 1951—1955 se používalo psů. V prvních pokusech se umístili dva psi v hermeticky uzavřené kabině, umístěné v hlavici rakety. V kabině se uměle regeneroval vzduch. Za letu se registrovaly teplota a tlak vzduchu v kabině, měřily se kožní teplota zvířat, tep a frekvence dýchání. Chování zvířat v kabině se zachycovalo automatickým filmováním



Obr. 2. Podvozek s pokusným psem po přistání (přilba skafandru je sňata).

po celou dobu letu. Před letem a po letu byla zvířata vyšetřena elektrokardiograficky a roentgenograficky. Zvířata byla předběžně přivykána podmínkám letu v tlakové komoře i v raketě samé na odpalovací základně.

V první etapě výzkumů se šlo do výše 100 km; rychlost letu dosahovala 1170m/sec, zrychlení letu nepřevýšilo 5,5 g. Ve vrcholku letové dráhy rakety se kabina se zvířaty od rakety oddělila a volně padala až do výše 3—4 km nad zemským povrchem, načež se automaticky uvedlo v činnost padákové zařízení, pomocí kterého kabina bezpečně přistála.

V dalších pokusech se zvířata, uložená ve speciálních skafandrech, umístila v části rakety, která nebyla hermeticky oddělena od ostatního raketového prostoru. Skafandry měly snímatelnou průsvitnou přilbu a byly vybaveny aparaturou pro obnovování kyslíku. Zvířata byla připoutána k podvozku, na němž byly umístěny také všechny registrační přístroje a padákové zařízení. Kyslíková zásoba činila 900 litrů, což podle výpočtů mělo vystačit na dvouhodinový pobyt zvířat ve skafandrech. Tlak ve skafandrech se udržoval ve výškách na 540 mm Hg. V přilbě skafandru byla zamontována záklopka,

kteřá se při pádu podvozku k zemi automaticky otevřela ve výši 3—4 km nad zemí. Za letu se registrovaly: frekvence dýchání, tep, maximální a minimální krevní tlak a tělesná teplota zvířat.

Ve vrcholku letové dráhy rakety (ve výši 100—110 km) se hlavice rakety oddělila a padala volně k zemi. Ve výši 85—90 km nad zemí se pomocí katapultu vymrštil podvozek s jedním psem. Rychlost pádu činila v tomto okamžiku asi 700 m/sec. Po uplynutí tří vteřin od vymrštění se uvedlo v činnost padákové zařízení. Padákový sestup trval 55—65 minut. Druhý pes zůstal v padající hlavici až do výše 35—50 km nad zemí, načež byl také katapultem vymrštěn. Rychlost pádu činila v tomto okamžiku asi 110 m/sec. Po vymrštění padal podvozek se psem volně až do výše asi 4 km nad zemí, kdy se uvedlo v činnost padákové zařízení. Hlavice bez psů, nesoucí filmové a jiné ještě přístroje, se snesla rovněž padákem na zemi.

Pokusy daly takovéto výsledky:

Změny krevního tlaku, frekvence dýchání a tepu jsou mírné. V aktivní části letové dráhy rakety (úsek dráhy při vzletu rakety, kdy je raketový motor v chodu) se maximální a minimální krevní tlak poněkud zvětšuje, po vypnutí raketového motoru opět klesá, ne však pod výchozí hodnotu (před letem).

Za volného pádu se nepozorovala nějaká zákonitost ve změnách krevního tlaku. U některých zvířat došlo k nepatrnému zvýšení, u jiných k nepatrnému snížení. Pokud jde o tep, pozorovalo se během aktivní periody letu i zrychlení i zpomalení, v některých případech pak se nepozorovala žádná změna. Změny se ukazyvaly různé také u různých psů i když ti to létěli v jedné raketě. Při opakovaných letech se tyto změny rovněž opakovaly, což ukazuje, že nejsou závislé na parametrech vnějšího dráždění, nýbrž na individuálních zvláštlostech zvířat samých.

Za letu setrvačností se u většiny zvířat pozorovalo snížení tepu o 7—24 úderů za minutu. Jen ve dvou případech se tep snížil o 36—46 úderů za minutu. Také za volného pádu činilo toto snížení 8—24 úderů za minutu. Dýchání zůstalo v převážné většině případů z počátku nezměněno, později se poněkud zpomalovalo. Při sestupu padákem se v tomto ohledu nepozorovaly nějaké zákonité změny.

Filmy ukázaly, že zvířata se cítí za letu celkem spokojena. Jistý neklid vyvolalo u některých z nich zvětšení vibrace rakety, v některých jiných případech zvířata spala. Filmy umožnily také názorně prozkoumat rotaci kabiny po jejím vymrštění z rakety, a to pomocí světelné skvrny, kterou tvořily sluneční paprsky, vnikající do kabiny osvětlovacím okénkem.

Po ukončení letu se chovala zvířata normálně. Reflexy spojené s přijímáním potravy se nezměnily. Zvířata také nejevila odpor, když byla připravována k novému letu.

Celkem bylo tedy zjištěno, že za raketového letu v horních vrstvách atmosféry, trvajícího hodinu, nebylo podstatných změn v chování zvířat a v hlavních funkcích jejich orgánů. Bezpečnost letu může být plně zajištěna⁴⁾.

Práce, popsané v předcházejících řádcích, umožnily značně rozšířit další výzkumy. Na příklad ve studiu kosmického záření umožní připravovaná umělá družice Země měření, která nebudou časově omezena, jako je tomu při raketo-

⁴⁾ V poslední době byly v SSSR provedeny analogické pokusy ve výškách 200—210 km. Při těchto pokusech trvala částečná nebo úplná dynamická ztráta váhy kolem šesti minut. V pokusech, které jsou popisovány v textu, trvala tato ztráta nejvýše čtyři minuty. Ani delší dynamická ztráta váhy neměla vliv na chování a stav psů. J. V.

vých výškových sondách. Bude tak možno měřit variace v intenzitě kosmického záření v čase a použít jemnějších přístrojů.

V oblasti studia atmosféry je sovětská věda schopna realizovat — místo jednotlivých, celkem namátkových a spolu nesouvisících experimentů — program vědeckých výzkumů, dobře spjatých a sladěných časově i místně. Výškové rakety budou vypouštěny na území SSSR přibližně podél jednoho poledníku, počínaje severními polárními kraji přes střední zeměpisné šířky až k Antarktidě (v oblasti sovětské observatoře *Mirnyj*). Podstatně se zvětší také výškový diapason. Přístroje budou dopravovány výše než dosud, do výšek 200 km i více.

Zdokonalí se také methodika výzkumů. Na příklad pro výzkum složení atmosféry v jejích horních vrstvách se použije radiofrekvenční hmotové spektrometrické aparatury. Rozšíří se výzkum slunečního korpuskulárního záření. Zvláště zajímavé výsledky se získají, podaří-li se vypouštět výškové rakety jednak v obdobích chromosférických výbuchů na Slunci, jednak podaří-li se tyto rakety vypouštět ve velkých zeměpisných šířkách — v oblastech maximální intenzity polárních září.

Dnešní přístroje umožňují nejen registrovat množství mikrometeorů, s nimiž se výšková raketa setkává za letu, ale také určit jejich energetické ukazatele. Větší pozornost než dosud se věnuje výzkumům jevů v troposféře, které jsou důležité s hlediska klimatologie a s hlediska meteorologické služby. Vydatně se využije možnosti fotografování zemského povrchu a oblaků z velkých výšek.

Bude se konečně pokračovat ve všestranném studiu fyziologických otázek, spojených s pobytem živých organismů v létajících raketách.

Volně přeložil dr. Josef Veselka