

КОСМИЧЕСКИ ЗАДАЧИ, МЕТОДИ И СРЕДСТВА НА ГЕОГРАФИЯТА

К. Серафимов

Космическата ера, основоположник и пионер на която бе съветската наука и техника, породила многобройни нови научни гранични и междудисциплинни области и едновременно с това обнови значителна част от съществуващите, включително и класически науки. Космосът като обект на изследване и космическите методи, техническите средства и апарати за земни проучвания рязко модернизираха редица основни, считани в близкото минало за „стари“ науки. Между тези „стари“ с предимно описателен характер науки може би на първо място трябва да поставим географията — тази най-древна наука, за която мнозина в световен мащаб считаха, че се е изчерпала както по своя обект на изследване, тъй и по методи и технически средства. За съжаление и у нас все още се ширят представи за липсата на смисъл от географски изследвания върху една планета без бели петна на картата си. Оставяйки разсейването на това заблуждение от новата проблематика на съвременната география (определен център на която стават именно проблемите на коренните промени в пренаселяващата се наша планета) — [1, 2] и много др., тук ще разгледаме само тази основна модернизация, която космическата ера предизвика в географията, за която основателно се счита, че тя изживява нова младост в развитието си, благодарение на разширението на обекта на своите изследвания и бурното използване на най-съвременните, сложни и ефективни методи и прибори, каквито са космическите.

От анализа на съвременните влияния на космическите изследвания върху развитието на географските науки според нас следват следните три главни области на връзки между географията и изследванията и използването на космическото пространство:

- 1) включване в обекта на географските изследвания на геоморфологията, картографията и други проблеми на Луната и планетите;
- 2) развитието на космически методи и средства за разрешаване на главните модерни проблеми на географията (геоморфология, океанография, генетична хидрология, климатология, географски аспекти на взаимодействието между човека и природата и др.);
- 3) развитие на космически методи и средства за набиране и разпространение на геоморфоложка, океаноложка и друга информация

Преди всичко съвременната физическа география рязко разшири обекта на своето изследване, включвайки в него околоземното космическо пространство и планетите от нашата Слънчева система. Съвсем доскоро ролята на географско-геологическите науки при проучванията на Луната и планетите не се смяташе за достатъчно фундаментална и изяснена, макар че в авангардни работи, като [3, 4], тя бе правилно обоснована. Методите за изследване на повърхността на Луната, Марс и други планети са в основни линии тези, които се използват за проучвания на Земята. Разбира се, тук разглеждаме географията в съвременен смисъл като комплекс на геоморфология, картография, геофизика и геохимия. Морфоложките аспекти при изучаването на лунната повърхност от автоматичните апарати [вж. 4] и от космонавтите напълно съвпадат с основните способности, използвани от геоморфологията. Това дава основание [4] да смятаме, че терминологията на широк цикъл от геолого-географски науки, която се дефинира от методологическия подход към изучаваното явление, може направо да се пренесе в космическите изследвания. При тях методическият подход се пренася върху изучаването на други небесни тела без съществено изменение и ние считаме за по-целесъобразно съхраняването на първичните термини с указания за новия обект (напр. геоморфология на Луната) вместо използване на специфически за всяко от множеството небесни тела термини. Етимологическото несъответствие, свързано с разширяването на първоначалния смисъл, е широко прието в научната терминология (напр. геометрия*, астрофизика, астробиология и други подобни) и предизвиква по-малко неудобства, отколкото множеството нови термини, строгото значение на които се мени при развитие на метода на изследванията. Затова тук и в по-нататъшното изложение ние се ползваме от такива термини като геоморфология на Луната, геология, геохимия на Луната вместо селеноморфология, селенология, селенография и други подобни [4]. Анализът на другите работи в сборниците [4, 5], както и на цялата достъпна литература по космически методи за изследване на Земята и планетите (вж. библиографията в [6] и в годишниците на Научно-техническия подкомитет на ООН за изследване и мирно използване на Космоса) позволи в [7] да обобщим**, че съвременната геоморфология и картография рязко разшириха обекта на своите изследвания, като включиха планетите от Слънчевата система, с което в географията се появиха невероятни по обема си „бели петна“ и многобройни нови, с голямо значение проблеми. Това е една-

* Геометрията напр. съвсем не е свързана само с линейните, равнинните и пространствените съотношения на Земята, а отразява представите ни за всички възможности на Вселената.

** При космическите изследвания е най-рационално да се използват като класификационни критерии, разделящи науките, следните: частната методология или средства на изследването, степента на общност и способност на възхождане от общото, абстрактното, към конкретното, а не по предмета (обекта) на изследването и по познавателната цел [7].

та страна на новото, което космическата ера предизвиква в развитието на географията, на която страна тук не ще се спираме по-подробно, оставяйки я за една следваща работа.

Другата страна от обновяващото влияние на космическите изследвания върху географските науки е свързана с приложението в тях на космическите методи за земеведение, за дистанционно проучване на всичко, свързано с физичните, химичните и биологичните свойства на Земята и окръжаващото я пространство. За значението на проучванията на земните ресурси и проблемите на Земята чрез космически методи и средства може да се съди по оценките, които дават на тези въпроси най-големите международни организации и научни обединения. Така в определен център на Първата международна конференция на ООН за изследване и мирно използване на Космоса (Виена, август, 1968 г.) бяха съсредоточени проучванията на Земята (геоморфология, геодезия, геофизика, метеорология и климатология, хидрология, океанография, лесо-и агроресурси, ледници, полярни области, биосфера, взаимодействията на човека и окръжаващата го среда и др.) чрез космически средства. От 1970 г. в най-голямата международна организация — ООН, работи Информационен център и Постоянна работна група за дистанционно сондиране на земните ресурси.* Към ЮНЕСКО и Международния съюз на научните съюзи от 1957 г. се създаде Международен комитет за космически изследвания (КОСПАР). Определен център на дейността на КОСПАР и на неговите ежегодни пленарни събрания са сесиите по космически методи за проучване на земните ресурси, по космическа метеорология и спътникова геодезия и картография (вж. напр. материалите от последното събрание на КОСПАР в Мадрид през 1972 г. [8], както и [9,10]). В посланието на бившия генерален секретар на ООН У Тан XIII Пленарно събрание на КОСПАР в Ленинград (1970 г.) се изрази увереността, че „приложението на космическите технологии за изучаване на Земята занапред ще бъде така интензивно, както експериментите в Космоса вобщо“, тъй като „перспективите в тази област са тъй големи, че човек за първи път е възможно да бъде в състояние да разбере окръжаващата среда и да я съхрани“.

*В документа на Генералната асамблея на ООН с № А(АС. 105) С. 2 (L. 73) от 26 юни 1970 г. се казва в частност: „... считайки, че съществува срочна необходимост от всеобщо изследване на земните ресурси с помощта на дистанционно управляема апаратура, поставена на спътници...“ и по-нататък: „потвърждавайки, че тази нова техника (К. С. — касае се за космическата дистанционна техника за целите на геологията) ще стимулира ефективно икономическото и социалното развитие и материално ще съдействува за благосъстоянието на цялото човечество, позволявайки да се отчитат, планират, развиват, експлоатират и съхраняват природните богатства на основата на международното сътрудничество...“ С този цитат лаконично, но ясно е посочено огромното значение, което Световната организация и нейните органи отдават на приложенията на космическите методи в географията, геологията, геодезията, геофизиката и други науки за Земята. Методите на изследване на земните ресурси със спътници са обект на голямо внимание и на много други резолюции на ООН (напр. резолюция 2600—XXIV на Генералната асамблея от 16 декември 1969 г.)

Не по-малко висока оценка получават дистанционните методи за проучвания на земните ресурси и в частност за физико-географски изследвания и на ежегодните астронавтически конгреси, свикани от Международната астронавтическа федерация (МАФ) и нейната международна астронавтическа академия — вж. напр. [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Така че световната общественост, както и най-авторитетните международни организации с най-голямо внимание проследяват развитието на космическите методи за земеведението (геономията) и в частност тяхното приложение в различните съвременни области на физическата география.

Въпреки краткото развитие на дистанционните методи за проучвания на геоморфоложки, картографски и други географски проблеми от Космоса те вече имат богата история, която е трудно да отразим в ограничения обем на тази работа. Ще отбележим само, че още при полетите на ИСЗ* „Тайрос“, „ЕССА“, „Нимбус“ и „Метеор“ заедно със снимките на облачната повърхност от значителни райони на Земята се получиха изненадващо сполучливи и изпълнени с качествено нова информация сведения за геоморфологията, климатологията, океанографията, глациологията и др. Своеобразни върхове в изследванията на земните ресурси бяха отбелязани при полетите на обитаемите кораби от серията „Съюз“ (особено при груповия полет на „Съюз-7, 8, 9“ и при рекордния рейс на „Салют — Съюз“). Понастоящем пресен пример за отлични резултати от специализиран технологичен спътник за изследване на земните ресурси предоставя обектът *ERTS* (реализирал експериментална програма през м. юни — юли 1972 г. [29]).

Кардиналният въпрос, с който е целесъобразно да се започне анализът на използването на космическите средства в геономията, е този за експерименталните методи и направленията за получаване на информация от геосферата. Според най-добрата съвременна класификация [17, 18] съществуват шест основни вида космически снимки на Земята:

- 1) визуални космически наблюдения (в спектрални части с дължина на вълната $\lambda = 0,4 \div 0,7$ мкм);
- 2) космическо фотографиране и телевизионни снимки;
- 3) космическа спектрометрична индикация ($\lambda = 0,3 \div 3,0$ мкм);
- 4) космическа инфрачервена индикация ($\lambda = 0,003 \div 3$ мμ);
- 5) космическа микровълнова индикация ($\lambda = 0,3 \div 10$ см);
- 6) космическа радарна индикация ($\lambda = 10 \div 70$ см).

Както се вижда, и шестте типа за наблюдение и дистанционна индикация почиват на анализ на собствената или отразената електромагнитна радиация в различните ѝ диапазони (видим, частично ултравиолетов, инфрачервен, микрометров, милиметров и сантиметров радиодиапазон); фактически и шестте типа методи са радиофизични. Но за

* ИСЗ — изкуствен спътник на Земята.

целите на комплексната интерпретация за нуждите на геономията според нас ще се използват и:

- 1) космически локални и дистанционни измервания на земното магнитно поле;
- 2) локални измервания на гравитационното поле и локални проучвания на електрическото поле (последното е необходимо за пълноценен анализ на локалните магнитни измервания) на околопланетното пространство.

Разбира се, горните методи могат да се използват както самостоятелно, тъй и в комбинация с други аеро-, наземни и сондажни проучвания.

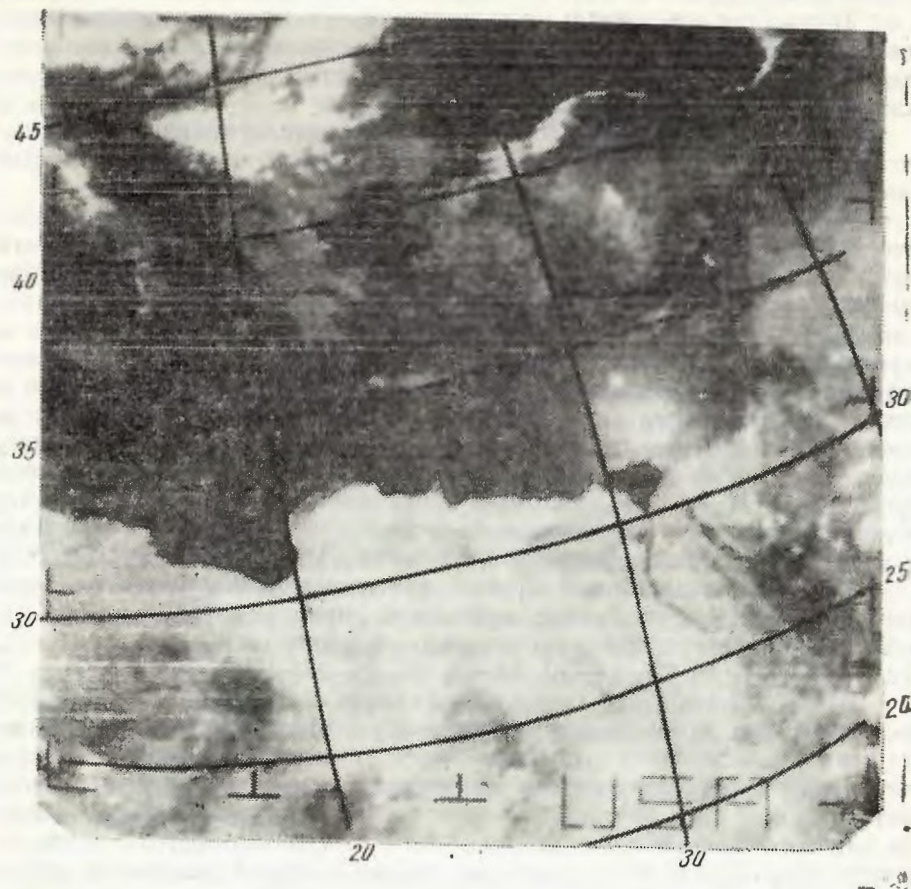
Редица особености в разпределението на йонните компоненти, фотоелектроните и твърдите протонни и електронни потоци във високата атмосфера (вж. [19, 20, 21]) дават основание да се надяваме, че в бъдеще и тези физични характеристики ще могат да се използват за целите на дистанционните изследвания на тропосферата, хидросферата и сушата. Такива ефекти, които подхранват надеждите за перспективното използване на локалните плазмени параметри за геоморфоложки и геоструктурни изследвания, са например установените при нашите изследвания по програмата „ИНТЕРКОСМОС“ влияния на Бразилската магнитна аномалия върху твърдите протонни и електронни потоци чрез спътника „Космос 261“ [19, 20], а също така значителното влияние от тази аномалия и от параметрите на земното магнитно поле върху йонните концентрации по данни на спътника „ИНТЕРКОСМОС 2“ [21].

Тук накратко ще анализираме средствата и възможностите на горните методи, като подбираме примери за приложението им главно в областта на географията, ползувайки сведения от [3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 и др.].

Визуалните наблюдения на космонавти от обитаеми КЛА* включват: анализ на различни оттенъци в цветовете във фронталните зони на морските и океанските води от различен произход; наблюдения на кафеникавите оттоци на речните води (в частност в подводните каньони) [30]; вертикалнолъчевата структура в зоната на сумрака или зарята, светения с неправилни форми в атмосферата, полярни сияния [31, 32, 33]; състоянието на големи полета с различни култури и др. Визуалните наблюдения от Космоса се благоприятствуват от повишението на геометрическата разрешаваща способност на човешкото око, което се дължи според космонавта Кулър на състоянието на безтегловност. Освен това визуалните наблюдения констатираат и твърде фини цветови различия и могат да служат като субективен, смислен критерий за работата на различните прибори, като с това позволяват от обитаеми КЛА и орбитални станции да се определят ред слабо проучени технически, физиологически и географски фактори [18]. Визуалните наблюдения могат да се използват в два режима — пред-

*КЛА — космически летателни апарати.

варително подготвен и патрулен. При предварително подготвения режим тези наблюдения се използват за: а) опознаване на обекти за фотографирание и спектрометриране; б) избор на обекти за анализ от ред аналогични обекти и избор на най-благоприятни условия — освете-



Фиг. 1

ност, облачност, видимост и др.; в) избор на индикатриси на отражението, светофилтри и други условия на експеримента. При патрулна програма се наблюдават, а по възможност и фотографират, спектрометрират природни обекти и явления с необясним за космонавтите състав, строеж, разпределения и други особености. Особено ценни са патрулните програми за променливи, неочаквани или краткотрайни процеси и явления — горски пожари, прашни и пясъчни бури, цунами, вулкани, земетръси, урагани и др.

Фотографирането от Космоса има по-голяма разрешаваща способност, отколкото телевизионните снимки, обаче последните са по-регулярни и обхващат повече последователни изображения на земни участъци. Впрочем развитите съвременни видикони за космически телевизионни наблюдения на земните ресурси (напр. [29]) дават напълно съпернически и на най-качествените фотографии резултати. Най-широко се използват спътниковите телевизионни и фотоснимки в метеорологията. И у нас в България работят две приемни станции за спътникови снимки на облачната покривка (станция АРТ — за техническите им подробности вж. [34]). На фиг. 1 и 2 са показани две приети у нас снимки на облачната покривка от района на Балканите, Средиземноморието и Северна Африка.

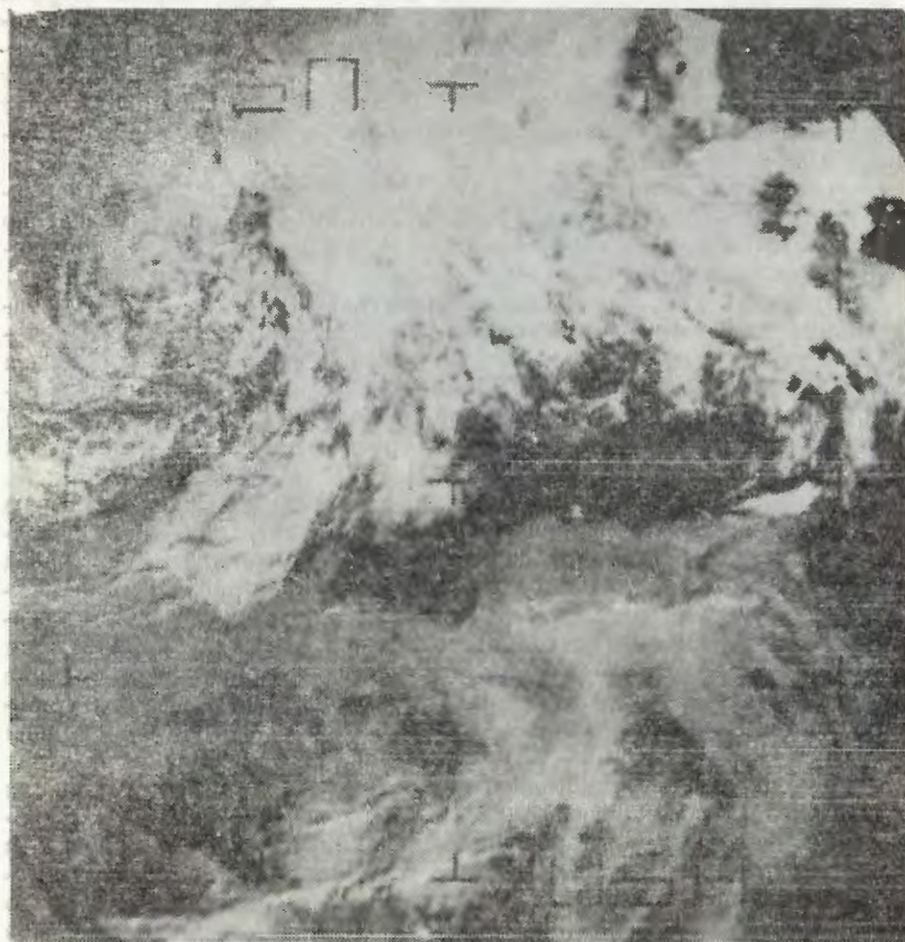
От фигурите ясно се вижда голямата ценност на тази информация, която запълва сведенията от много липсващи метеостанции и с няколко последователни снимки дава възможност да се установят точно движенията на облачните маси.

В областта на океанологията използването на фото- и телевизионни снимки донесе отлични резултати при изучаване на морските течения, състоянието на повърхността на океана, динамиката на бреговата линия, изучаването на релефа в шелфовите зони, флуоресценция на водата, установяване и проследяване на рибните пасажи и много др. За многобройната литература по тези въпроси отправяме читателя към [6] и към обобщените данни в [18], [27].

Отлични резултати са получени за контрола над движението на айсбергите, за нови структури на ледените щитове, планинските ледници и топлинните аномалии на Антарктида, Гренландия и Централна Азия. Голяма перспектива имат интерпретациите за скалите и тектонските структури, като се твърди, че космическите фотографии съдържат повече информация, отколкото геоложките карти с един и същ мащаб. Геоморфоложката интерпретация позволи да се изучат редица форми на макро- и мезорелефа, които не са били получени чрез наземни изследвания (напр. в Южна Арабия, Сахара, Пакистан, подводния релеф и др.).

Най-перспективна е комплексната ландшафтна интерпретация на космическите изображения [18, 22, 23, 24], която се основава на едновременно анализ на териториалните единици от различен порядък и съвместно разпознаване на отделните компоненти на геосферата (атмосфера, литосфера, хидросфера, биосфера и културен ландшафт), които се интегрират в определени системи (зони, райони, ландшафти). С нея е свързан комплексният, многоцелеви подход за разностранно космическо изучаване на природните ресурси, замърсяването и деградирането на околната среда под въздействието на цивилизацията, както и почвени, екологически и други проучвания. При този подход се осигурява многостранното използване на скъпата спътникова апаратура и заедно с това възможност за корекция на дадено наблюдение с други такива. Такива са идеите на комплексните експерименти при колектив-

ния полет „Съюз-6, 7 8“ (окт. 1969 г.), при полета на „Салют — Съюз 11“, на *ERTS* (1972 г.), които бяха обсъждани в частност в Хюстън (САЩ) на конференция по използването на орбиталните космически кораби в географските изследвания (1965 г.). На спътниците *ERTS*



5.2. 69 2 0,9^h 0,6^m 0,4^s 30,0 N 20,2 E

Фиг. 2

(А и В) — вж. [29] и др., се провеждат изследвания за целите на: 1) морските ресурси и океанографията; 2) водните ресурси; 3) минералните и почвените ресурси; 4) средата за обитаване на човека; 5) карто-

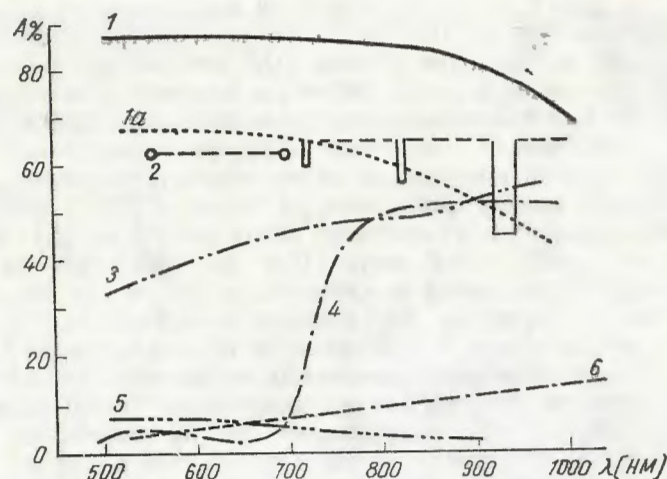
графията. Производни от тези задачи са проучванията на почвите за земеделски и строителни цели, отбелязване засоляването, замърсяването им и глобален анализ на тяхното използване, контрол за състоянието на националните паркове и др. На борда на *ERTS* се намират 3 камери ретурнбим видикон (*RBV*)* с мултиспектрална система при разрешаваща способност от 100 м, размер на изображението 185×185 км в три спектрални части: 0,45 до 0,575 микрометра (синьозелена — главно за анализ на подводни обекти); 0,58 до 0,68 мкм (червена — за различаване на различни форми и типове растителност, вкл. и културна, и за разпределение на елементите на културния ландшафт); 0,69 до 0,83 мкм за червено — инфрачервена — за оценка на разпределението на относителната влажност и степента за развитие на растителната покривка и за картиране на бреговите линии). Освен това на борда на *ERTS* работи мултиспектрален сканьор** в 4 спектрални ленти (от 0,5 до 1,1 мкм) — за *ERTS-A* и в 1 спектрална лента (10,4 до 12,6 мкм) — за *ERTS-B*. Разрешаващата способност на сканьора е 160 м при изображение от 185 кв. км. На борда на *ERTS* работи и системата за събиране и съхраняване на данните за 8 едновременни аналогови канала (аналоговият канал непосредствено възпроизвежда измененията на изследваната величина в усилен, умален или пропорционално модифициран вид). Ограничените рамки на този анализ не ни позволяват по-подробно да осветлим средствата и методите на тези и други експерименти, като изложените технически данни за *ERTS* ще ни послужат само за единствен пример относно технологичните възможности на този етап. Дори само до края на това десетилетие техниката ще ни даде по-добри устройства и тогава почти всяка по-голяма геоморфоложка задача ще може най-ефективно да се реши с помощта и на космически методи.

За илюстриране на големите перспективи на комплексното изследване със спътници и аероконтрол ще приведем пример с приложението на системния анализ [23] върху проблемата за регулиране на водния режим на р. Колумбия (САЩ), комбинирано с оценки за реколтата на пшеница и пораженията на пшеничната култура от вредители и болести. Поставените задачи (идентификация на посева, оценка на фазите на вегетация и състоянието на посева и др.) се решават чрез подходящи матрични схеми по данните на дистанционното сондиране в зависимост от определителните параметри (температура и влажност на почвата, скорост на вятъра, изпарение, дъжд, запаси от сняг и др.). Оценка на икономическата ефективност на наблюденията от Космоса в този случай сочи пълна икономическа целесъобразност на тези най-модерни средства за контрол над агрокултурите, която се потвърждава и в обзора [36].

* *RBV* — най-съвременен тип телевизионна предавателна тръба.

** Сканьор или сканиращо устройство се нарича механизъм или електрооптично устройство, което последователно, по определен ред опипва дадена площ чрез колебания, премествания и други способности.

Мощно средство и метод на съвременното дистанционно проучване е *космическата спектрометрична индикация*, чрез която по два типа електромагнитни сигнали (отразени сигнали от естествени електромагнитни източници и собствени излъчвания на естествените повърх-



Фиг. 3

ности), приети от регистриращи детектори, се идентифицират природни формации, отдалечени от приемника на стотици километри. За целта се използват видими и инфрачервени вълни с $\lambda = 0,300$ мкм до микровълновия диапазон в следните три области на спектъра: 1) видима и близка инфрачервена (0,300 — 1,1 мкм); 2) инфрачервена, или топлинна индикация (3,0 до 3000 мкм) и 3) микровълнова (милиметрово, сантиметрово и дециметрово излъчване). Основно предимство на спектрометричната индикация е възможността да се отфилтруват много тесни спектрални ленти и линии, с което се осъществява много точно идентифициране на състава, структурата и състоянието на изследвания обект. С това, както и с възможността за автоматична обработка на данните и анализ на електронноизчислителни машини спектрометричната индикация на дадения етап е най-съвременният способ на дистанционните космически измервания.

Първите космически спектрални отражения във видимия и близък инфрачервен диапазон (0,3—1,1 мкм) са получени от кораба „Съюз 7“ — [38]. Също така в СССР бяха проведени първите комплексни експерименти — земни, самолетни и спътникови измервания при груповия полет на „Съюз-6, 7, 8“, с основна задача изпробване на спектрометричната индикация — [37]. Тук не ще излагаме по-подробно този метод,

тъй като изучаването на коефициентите на спектралната яркост и албедото от природните повърхности от самолет се провеждат вече от много години и са сравнително известни. По принцип всички природни формации при това се делят на четири класа [39, 40, 41]: I) почви и скали; II) растителност; III) снежни и ледени повърхности и IV) водни повърхности. При наличие на облачна покривка тя се отфилтрува отлично при спектрометричната индикация и може да се счита като пети клас — [40]. На фиг. 3 е показано спектралното алbedo на различни природни формации, при което кривите се отнасят за: 1 — прясна снежна покривка при зенитен ъгъл на Слънцето $\chi = 60^\circ$; 1a — залежал сняг при $\chi = 60^\circ$; 2 — слоисти облаци при $\chi = 30^\circ$; 3 — бял пясък при $\chi = 43^\circ$; 4 — люцерна при $\chi = 38^\circ$; 5 — водна повърхност (езеро с дълбочина 70 см) при $\chi = 32^\circ$, и 6 — чернозем при $\chi = 42^\circ$. Съвременните постижения в тази област са такива, че съществува пълна възможност за решаване на обратната задача, т. е. за идентификация на повърхността по данните за спектралната отражателна способност. За тази цел по наше мнение е целесъобразно да се използват данните за отношенията поне за три спектрални стойности на албедото:

$$(1) \quad K = \frac{A_2}{A_1} + \frac{A_3}{A_1},$$

където за A_1 се приема албедото на най-малката дължина на вълната, а A_2 и A_3 са подбрани стойности за изследването на подходящи култури, минерали и др. Ние смятаме обаче, че най-пълно изследване на типа на повърхността и даже на нейното състояние има при многоспектрален, теснолентов диапазонен анализ, при който един комутатор бързо обхожда серия от n теснолентови филтри във видимия и инфрачервения диапазон. Паралелно с това се прави обща оценка за интегралната интензивност във видимата светлина.

От отношенията

$$(2) \quad R_i = \frac{A_i}{A},$$

където A_i са подходящо подбрани спектрални части за различните култури, минерали и др., а A е общото алbedo, се прави оценка за покритието.

В [42] е приведен опит за класификация на около 40 000 спектъра на селскостопански култури, който сочи, че оптимално е да се правят измервания на спектралната яркост в три участъка на отразената светлина. Така при различаване на посеви от соя, царевица, овес и пшеница най-ефективни са се оказали интервалите 0,40 — 0,44; 0,66 — 0,72; 0,72 — 0,80 мкм.

Развитието на спектрометричните методи достигна такова ниво, че е напълно възможно точното дешифриране на минералния състав на скалите, а също е възможно и пряко да се съди за техния произход. Почвите се диференцират по спектралната си яркост съобразно с фи-

зическите си свойства — степен на овлажняване, съдържание на хумус, механичен и минералогичен състав [18]. От съвременните много-спектрални снимки направо се виждат почвените карти по различни показатели върху огромни територии с високо разрешение (засега до 100 м разделителна способност).

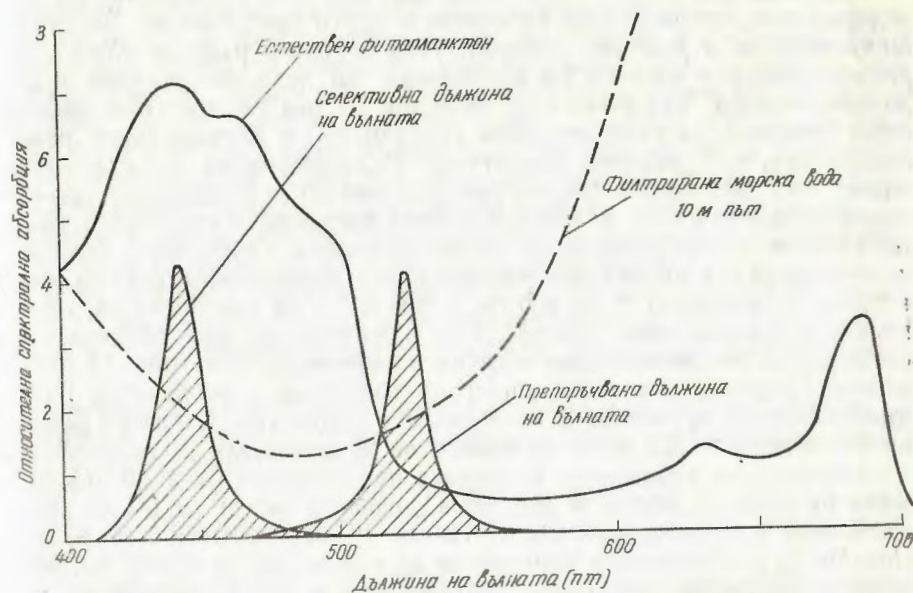
В [13] изложихме в главни линии възможността за изследване на такава фундаментална проблема в океанографията като анализа на хранителните и жизнените възможности на големите водни басейни. За целта се спектрометрира определена ивица във violetовата част на спектъра, която се поглъща от хлорофила, и друга ивица, която се абсорбира от разтворения във водата молекулярен кислород. Получават се две спектрометрични снимки, които взаимно се допълват. Ако хлорофилната снимка е бяла, това означава, че морската повърхност не поглъща violetовата светлина и следователно е лишена от хлорофил и обратно. Подобна е интерпретацията и на кислородната снимка. Така върху големи водни площи се получава пълна картина на хлорофилното и кислородното съдържание, а чрез това се съди и за хранителните възможности на морската среда. Като се прибавят към това и индикацията за топлите и студените морски течения чрез инфрачервената спектрометрия и контролът върху морските вълнения чрез радари (вж. следното изложение), ще се разберат огромното значение на космическите дистанционни методи за развитието на съвременната океанология и интимната връзка между двете най-перспективни области за развитието на човечеството — космонавтиката и океанологията. С тези методи отлично се контролират и замърсяванията на океанските и морските води.*

Космическата спектрометрична топлинна индикация (при дължини на вълните от 3 до 30 мкм) е най-перспективният способ за анализ на отразената и собствената радиация на различни повърхности и особено за определяне на минералния състав на почвата и дори на подпочвени слоеве с дълбочина до 30 — 50 см. Отправяйки за повече подробности читателя към българската работа [43], тук само накратко ще изложим основните резултати от [27] като пример за възможностите на инфрачервената дистанционна индикация дори и при условията на сравнително стари и неспециализирани спътникови наблюдения (по данни главно на американския метеорологичен спътник „Нимбус-3“). Между другото работата [27] е пример за задълбочен анализ на антропогенните влияния върху моретата и за едно модерно географско изследване на проблемите за взаимодействието на човека и окръжаващата го среда.

На фиг. 4 са показани спектралните абсорбционни области на нормалната и филтрираната морска вода според [27], съгласно която е

*На XXII астронавтичен конгрес в Брюксел ми бяха показани снимки на залива на Сан Франциско в ултравиолетовата хлорофилна линия, на които целият залив изглежда с ял, т. е. без условия за живот.

разработена [43] и са направени горните изводи. В [27] са показани и графични зависимости между абсорбционните спектри и различните типове морски планктонни видове — диатом (*Cyclotella sp.*), динофлагелате (*Amphidium sp.*), зелена флагелате (*Chlamydomonas*) и др. Там мо-



Фиг. 4

гат да се намерят и корелационни графики между хлорофилната концентрация и температурата на морската вода през различни дистанции за сондиране. Чрез развития в [27] метод за инфрачервено оцветяване на съответните снимки от ИСЗ „Нимбус 3“ са получени многобройни картини за разпределението на температурата на повърхността в Англия, Франция, ГФР, Белгия и други страни в Западна Европа, както и за водните течения и тяхното повърхностно разпределение в Ламанш, Северно море и Балтика. За водните течения също се съди по вариациите на повърхностната температура на морето, които се определят чрез инфрачервени спътникови снимки.

Без да излагаме повече данни за инфрачервената индикация, тук само ще отбележим, че чрез нея най-точно може да се определят минералният състав и даже степента на раздробяване на повърхностния земен слой върху големи площи. При това този дистанционен анализ се провежда дори и при наличие на тънки чужди покрития. Перспективно направление на топлинната индикация е проучването на вулканични формации, тектонски активни области и термични зони. Отлични резул-

тати са получени за контрол над айсбергите и другите ледени масиви, за забелязване и определяне размерите на горски пожари (в случаите, когато димът пречи за определяне на границите им чрез аерофотоснимки) и др. [18].

Другите два главни способа за дистанционни изследвания на геоморфоложки, океаноложки, геоложки и други проблеми на Земята са *микровълнови и радарни методи*. Тези методи образуват класата на *радиофизичните способности за проучвания на земните ресурси и геоморфологията*. Тях можем да разделим на два главни типа: пасивни (чрез приемане на радиометрична информация) и активни (чрез радиолокационна, т. е. радарна апаратура). Радиофизичните методи притежават поне две главни предимства: възможност за използване при всякакви метеорологични условия и голяма проникваща способност на радиовълните в повърхностните слоеве на сушата. Свободната, безоблачна атмосфера е с много слабо влияние върху разпространението на радио вълните в диапазона 2 до 100 см, а при $\lambda \geq 3$ см влиянието на облачността е незначително. Трябва да се подчертае, че при облачност изследванията по предидущите оптични и инфрачервени методи са невъзможни. Подповърхностното сондиране използва способността на радиовълните да проникват в изследваните структури. Съгласно [24] едно отслабване от 2,7 пъти на нивото на радиосигнала се осъществява в зависимост от влажността на почвата на разстояние от 2 до 50 м дължина на вълната, което в метровия диапазон значи от 50 до 100 м дълбочина под повърхността. Очевидна е перспективността на тези способности за дистанционни проучвания на структури за целите на физическата география, геологията, хидрологията и други области на науките на Земята.

В табл. 1, 2 и 3, които ползуваме от [24], са сумирани приложенията на космическите методи за разрешаване проблемите на различни области от науките на Земята чрез радиосредства или чрез комбинации от радио-, оптични и инфрачервени измервания от ИСЗ. Означенията са следните: РМ — радиометри; РЛ — радиолокация; РЛСА — радиолокатори със синтезирана апаратура; ИЧ — инфрачервена индикация, Ф — фотографии във видима светлина; СИ — спектрална индикация. От простото изреждане на тези задачи и от многостранния анализ в [24] на един изключително широк кръг от приложения на дистанционните методи следва, че чрез тях могат да се разрешат не само проблеми на физическата, но и на икономическата география, защото се правят моментни снимки на огромни пространства, от които се знае развитието на селското стопанство, промишлеността, пътната мрежа, горите, състоянието на въздуха и водите (т. е. основата на рекреационните ресурси), потенциалните възможности за развитието на производителните сили и др. При това тези данни не са само за един момент, а периодически се повтарят, чрез което могат да се получат сведения за темпоралните вариации на селското стопанство, производителните сили, потенциалните и реалните условия за живот и отдих, влиянието на чо-

века върху окръжаващата среда и други най-важни проблеми. Така една бъдеща система от спътници за земни нужди може да даде отлични сведения за глобален, пространствен и временен анализ на основните физико- и икономикогеографски проблеми и за пълноценно решаване на най-важни обществени задачи на нашата цивилизация.

Табл. 1, 2, 3 са базирани както на теоретични изследвания, тъй и на наземни, корабни и самолетни експерименти, а също така и на проучвания с ИСЗ „Космос 243“ [44, 45]. Можем да отбележим, че радиометодите са изключително перспективни за контрол над облаци и валежи (вкл. и за изкуствени въздействия), за определяне на параметрите на вълнението на моретата и океаните (бала на вълнението, наклон на морските вълни и др.), за забелязване на айсберги, пукнатини в ледовете и други ледови характеристики и най-вече за дълбочинни структурни геоморфоложки и геоложки изследвания.

Резюмирайки основните предимства на космическите методи за изследване на земната природа и на всички естествени и изкуствени формации и модификации върху нашата планета, можем да отбележим следните:

наличие на хоризонтална интеграция (получаване на информация за обширни и отдалечени територии, вкл. и върху едно изображение — снимка, карта, регистрограма);

наличие на вертикална интеграция (синхронно изобразяване на различните компоненти на ландшафта: атмосфера, литосфера, хидросфера и биосфера);

наличие на динамическа интеграция (възможности за периодичен анализ на една и съща територия);

наличие на информация за досега неизучавани и неконтролирани в глобален или даже в микромащаб явления и процеси, вкл. и за такива при тежки условия на проучване.

Взети заедно, тези според нас четири основни предимства дават огромни, качествено нови възможности на космическата геонимия и правят този клон на космическите проучвания един от най-перспективните научни области въобще. При това, независимо от високата стойност на космическите средства, икономическата изгода, която може да се получи от системите от спътници за изследване на природните ресурси, достига около 24 млрд. долара в година [47].

Законен е въпросът, какво се прави у нас по тези най-модерни, обновяващи науката и приложенията ѝ проблеми? Извън някои теоретични и популярни работи на автора на дадения етап не е направено нищо.

Отличните условия на програмата „ИНТЕРКОСМОС“ и перспективните планове на СИБ за периода 1975 — 1980 г. (в които космическата геонимия е основно направление) ни предлагат огромни възможности за съучастие в тези твърди полезни и важни изследвания. Както се вижда от публикуваното тук, още през следващата петилетка даже и у нас ще се занимаваме активно с въпросите на космическата геонимия.

В заключение космическите методи за геоструктурни проучвания, за анализ на промишлените и градските съоръжения, селскостопанските и лесокултури, за водните системи, за оценка на ерозията, за изследвания на проблемите на замърсяванията на въздуха и водите, за хидроложки, океаноложки, почвени и други изследвания имат огромна перспектива и са най-модерната област на съвременната физическа география. С това се отразява и влиянието на основната гносеологична причина за бурното развитие на съвременната наука — нейната *космизация* [46]. И географията се космизира, а това е още една надежда, че тази най-древна наука не само не отмира, а се намира в зората на един бурен и плодотворен период на прогрес и развитие. Потвърждава се една блестяща мисъл, изказана от бащата на космонавтиката К. Е. Циолковски: „Преобразуването на Земята не е откъснато от усвояването на Космоса... След милиони години човешкото могъщество ще се усили дотам, че хората ще изменят повърхността на Земята, нейните океани, атмосфера, растения и самите себе си. Ще управляват климата и ще се разпореждат в Слънчевата система, както и на самата Земя [48].

Така комплексно, в единно съдружие съвременните науки за Земята и Космоса творят нашите все по-адекватни представи за Вселената.

Таблица 1

Атмосфера

№	Задачи	Изисквания			Методи на изследване, диапазон (см)						Други възможни методи	ИЧ	ИЧ	Допълнителни изисквания	
		размерност на нивото, точност	обхват	оперативен профил	0,5	0,8	1,35	2—4	8—10	15—20					50—100
1	Определяне профила на атмосферната температура	20 км 1%	200	О ⁺ НО	РМ (си) в 3—5 интервала								ИЧ	ИЧ	ИЧ
2	Определяне профила на атмосферната влажност	20 км 1%	200	О НО		РМ (си)							ИЧ	ИЧ	
3	Определяне плътното влагосъдържане	100 км 1%	200	О НО		РМ	РМ	РМ					ИЧ		
4	Определяне съдържанието на кондензирана водна пара в атмосферата	10—20 км 1%	200	О НО		РМ	РМ	РМ	РМ				ИЧ		
5	Отбелязване и изследване на крупни зони от дъжд и мъглиева активност	10—20 км	200	О		РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	ИЧ, Ф	ИЧ, Ф	Ф
6	Откриване на тропически циклони и изучаване процеса на тяхното формиране и еволюция	5—10 км	1000	О		РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	РМ	ИЧ, Ф	ИЧ, Ф	Ф

Таблица 2

Море

№	Задачи	Изисквания			Методи на изследване, диапазон (см)								Други методи за решаване на задачите	Допълн. измервания
		разре- ние, точ- ност на изм.	обхват (km)	оператив. получен информ.	0,3	0,8	1,35	2-4	8-10	15-20	50-100			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Съставяне карти за температурата на моретата	1 км—10 км $T=0,1\div 1^{\circ}$	200	О,НО	PM	PM	PM	PM РЛ	PM РЛ			ИЧ	ИЧ	
2	Определяне степента на соленост на моретата	1—10 км $T=0,1^{\circ}\div 1^{\circ}$	200	О,НО	PM		PM	PM РЛ	PM РЛ					
3	Изследване спектъра на вълнение на повърхността на море, определяне зоните на бурите	1 км—5 км	100—200	О		PM	PM	PM РЛ РЛСА	PM РЛ РЛСА			Ф	Ф	

К. Серафимов

18

19

Таблица 2 (продължение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	Определяне границите и степента на обледеняване, разпределение на айсбергите	0,1—0,5 км $T=T^{\circ}-2^{\circ}$	100—300	О			PM	PM РЛ РЛСА	PM РЛ РЛСА			Ф, ИЧ	Ф, ИЧ
5	Изследване повърхността в изгодните райони на дълбочинните води	1—5 км $T=0,1^{\circ}-1^{\circ}$	100—300	О				PM РЛ	PM РЛ			ИЧ, Ф	ИЧ
6	Изследване морските течения	1—10 км $T=0,1^{\circ}-1^{\circ}$	100—200	О			PM	PM РЛ	PM РЛ			ИЧ, Ф	ИЧ
7	Оценка на замърсяването на водите, отбелязване нефтени петна и др.	0,1—10 км $T=0,1^{\circ}-1^{\circ}$	2000	О,НО	PM	PM РЛ	PM	PM РЛ				ИЧ, Ф	ИЧ, Ф

Космически задачи, методи и . . .

37

Таблица 3

№	Задачи	Изисквания			Методи на изследване, диапазон (см)								Други възмож. методи на ин- дикация	Допълн. измерв.
		разреше- ние, точ- ност на изм.	обхват (km)	операт. получен информаци.	0,3	0,8	1,35	2-4	8-10	15-20	50-100			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
I	<i>Геология</i>													
1	Уточняване на геологическите карти	100—200	100—150	НО				РЛ РЛСА			РЛ РЛСА	Ф(си) ИЧ	Ф ИЧ	
2	Проучване глобалните тектонични структури и структурно тектоническо райониране на Земята	1000	1000	НО				РЛ РЛСА			РЛ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ	
3	Проучване регионалните тектонически структури	200—400	200—400	НО				РЛ РЛСА			РЛ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ	
4	Проучване на локалните тектонически структури	100—400	100	НО				РМ РЛ РЛСА			РЛ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ	
5	Проучване областите на съвременния вулканизъм	100—400	100	НО,О				РМ РЛ РЛСА		РМ РЛ	РМ РЛ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ	

Таблица 3 (продължение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	Проучване рудоконтролирущите структури и установяване области, перспективни за търсене полезни изкопаеми	100—500	300—1000	НО				РМ РЛ РЛСА			РМ РЛ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ
II	<i>Хидрология</i>												
1	Регионално картографиране на речните области	100—500	300—400	НО				РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ		РМ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ
2	Съставяне кадастър за ледниците и сезонната ледена снежна покривка	100	20—100	НО				РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ		РМ	Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ
3	Контрол за топенето на снеговете, прогноза за водните резерви	100—200	300—500	О				РМ РЛ				Ф ИЧ	Ф ИЧ
4	Обзор и контрол върху замърсяванията на водоемите	100—150	100	О				РМ РЛ				Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ
5	Пространствено разпределение и динамика на сумарните изпарения от напоявани и пресушавани територии	100—500	100	О				РМ РЛ				ИЧ	ИЧ

Таблица 3 (продължение)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
III		Селско и горско стопанство												
1		Съставяне карти на почвите	100—400 $T=0,1^{\circ}-1^{\circ}$	200—400	НО				РМ РЛ ГЛСА	РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ		Ф(си) ИЧ(си)	Ф
2		Картографиране на горите	100—500	200	НО				РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ РЛСА			Ф(си) ИЧ(си)	Ф ИЧ
3		Разпределение, характер и състояние на поливните площи	150	200—500	НО				РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ РЛСА	РМ	РМ — РА РЛСА	Ф(си) ИЧ(си)	Ф
4		Отчитане разместването и състоянието на селскостопанските култури	100—150	200	НО				РМ РЛ РЛСА	РМ РЛ РЛСА			Ф(си) ИЧ(си)	Ф

ЛИТЕРАТУРА

- Герасимов, И. П. — Научно-техническият прогрес и география, Материали V съезда Географического общества СССР, Ленинград, 1970.
- Герасимов, И. П. — География на новых рубежах, Правда, № 296, 22 окт. 1972.
- Ходак, Ю. А., В. В. Козлов, И. Н. Томсон, Л. В. Хорошилов — Космические исследования, т. 1, вып. 3, Москва, 1963.
- Флоренский, К. П., А. Т. Базилевский, А. А. Пронин, З. В. Попова — Сб. „Передвижная лаборатория на Луне, Луноход-1“, гл. X, 1971, 96.
- Современные представления о Луне, изд. „Наука“, Москва, 1972.
- Remote Sensing of earth resources, NASA, SP — 7036, Sept. 1970.
- Серафимов, К. — Доклади на юбилейната научна сесия по астрономия и астронавтика, окт. 1971 г., Стара Загора, 1972, 63.
- COSPAR, Fifteenth plenary meeting, Madrid, 1972, Program (Abstracts).
- Серафимов, К. — Списание на БАН, т. 18, кн. 4, 1972, 93.
- Серафимов, К. — Научен живот, XIV, № 4, 1972, 20.
- XXII International Astronautical Congress, Brüssel, 1971, Abstracts.
- Серафимов, К. — Списание на БАН, т. 18, кн. 1, 1972, 83.
- Серафимов, К. — Авиация и космонавтика (6), XIII, кн. 10, 1971, 16.
- XXIII — vd International Astronautical Congress, Vienna, 1972, Abstracts.
- Серафимов, К. — Списание на БАН, т. 18, кн. 5, 1972.
- Серафимов, К. — Природа, кн. 2, 1973.
- Виноградов, Б. В., К. Я. Кондратьев — Известия АН СССР, серия географическая, № 2, 1970.
- Виноградов, Б. В., К. Я. Кондратьев — Космические методы землеведения Гидрометеоздат, 1971.
- Best, A., G. Entzian, Yn. Galperin, A. Grafe, R. Knuth, J. Lastovicka, W. Lippert, T. Mularchik, G. Nesterov, D. Samardjiev, K. Serafimov, F. Shuiskaja, P. Triska, A. Wernik — COSPAR, XIII. Plen Meet., Leningrad, p. D-23, b-9-C.
- Бест, А., А. Верник, Ю. И. Гальперин, А. Графе, Р. Кнуж, Я. Лашговичка, Т. Мулярчик, Г. Нестеров, Д. Самарджиев, К. Серафимов, П. Тржиска, Ф. К. Шуйская, Г. Ентциан — Геомагнетизм и аэрономия, XI, № 1, 1971, 29.
- Gdalevich, G. L., B. N. Goroi Jankin, Z. Dachev, I. Koutiev, K. Serafimov — Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 26, № 7, 1973.
- Мещеряков, Ю. А., Д. С. Асаян, Б. П. Миронов, И. И. Олейников — Известия Академии наук СССР, серия географическая, № 3, 1971, 29.
- Виноградов, Б. В. — Известия Академии наук СССР, серия геофизическая, № 5, 1971, 5.
- Виноградов, Б. В., К. Я. Кондратьев — Географические исследования с помощью космических аппаратов, Материали V съезда Географического общества Союза СССР, Ленинград, 1970.
- Ходарев, Ю. К., Е. А. Беспалова, Ю. Н. Пашин, Г. Д. Поленина, А. Л. Серебрякян, И. А. Струков, О. Ф. Шахно, Е. А. Шарков, В. С. Эткин — Вопросы применения радиофизических методов для изучения атмосферы и поверхности Земли с помощью космических аппаратов, Институт космических исследований АН СССР, Пр. 112, Москва, 1972.
- Afshar, H. K. — The innovative consequences of space technology and the problems of the developing countries, Tehran University Press, 1971.
- Kaminski, H. — Erfassung der Abwasserzuflüsse und deren Flächenverteilung im Englischen Kanal, der Nord — und Ostsee durch Bestimmung der Oberflächen temperatur des Meeres mittels Infrarot — Satelliten — Luftbildern (IRSLB), Institut für Weltraumforschung, Bochum, 1972.
- Bielkowitz, Peter — Use of synchronous satellite for ecological survey, XXIII Congress of the Int. Astronautical Fed., Vienna, 1972.

29. Wilfred, E. Scull — Ground data handling for the Earth resources technology satellites, ERTS-A — and — B, NASA, 1972.
30. Shepard, A. B. — The pilotz story, Nat. Geographycal Mag., 120, № 4, 1961.
31. Кондратьев, К. Я. и др. — ДАН СССР, т. 197, № 5, 1971.
32. Кондратьев, К. Я. и др. — Известия АН СССР, физика атмосферы и океана, т. VI, № 4, 1970.
33. Береговой, Г. Т., А. А. Бузников, К. Я. Кондратьев, А. И. Лазарев, М. М. Мирошников, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов, О. И. Смоктий, Е. В. Хрунов — Оптические явления в атмосфере по наблюдениям с пилотируемых космических кораблей, Гидрометиздат, Ленинград, 1972.
34. Серафимов, К., Г. Генчев — Космически радиоэлектронни системи (монография), Държавно военно издателство, 1973.
35. Muir, A. A., — AIAA Paper, № 335, 1970.
36. Hoffer, R. M. — Agriculture and Forestry, XXIII Int. Astronautical Congress, Vienna, 1972.
37. Кондратьев, К. Я. и др. — ДАН СССР, т. 197, № 6, 1970.
38. Кондратьев, К. Я. и др. — ДАН СССР, т. 195, № 5, 1970.
39. Кринов, Л. Е. — Спектральная отражательная способность природных образований, Изд. АН СССР, Москва, 1947.
40. Кондратьев, К. Я., З. Ф. Миронова, А. И. Отто — Проблемы физики атмосферы, вып. 3, Изд. ЛГУ, 1965.
41. Виноградов, Б. В. — Аэрометоды изучения растительности аридных зон, Изд. „Наука“, 1966.
42. Fu, R. S. L. A. Landgrebe, G. L. Philips, Proc. I EEE, № 4, 1969.
43. Серафимов, К. — Природа, кн. 6, 1972.
44. Башаринов, А. Е., А. С. Гурвич, С. Т. Егоров — ДАН СССР, 188, 1969 1273.
45. Башаринов, А. Е. и др. — Космические исследования, 9, 1971, 268.
46. Урсул, А. Д. — Освоение Космоса, Изд. „Мысль“, Москва, 1967.
47. Week Aviation, V. 92, № 25, 1970, 22.6, 127.
48. Циолковский, К. Э. — Будущее Земли и человечества, Калуга, 1928, стр. 4.

SPACE PROBLEMS, METHODS AND MEANS OF GEOGRAPHICAL RESEARCH

K. Serafimov

Summary

The impact of space research on geographical studies is analysed and the fact is emphasized that the latter have extended their scope to investigations of the moon and other planets, being equipped with qualitatively new methods for tele-sounding and integral treating of some current problems of geomorphology, oceanography, hydrology, climatology, man and his environment etc. The application is shown of contemporary space research approaches and means for collecting and distribution of geomorphological, oceanological and other information. A basic classification of space tele-control methods applicable to research in the field of geomony and local measurements are adduced of some geophysical, astrophysical characteristics correlating to physical and geographical parameters. The efficiency of different telecontrol methods is being appraised and the fields of their application are considered.

The basic advantages of space research methods and means for geographical research are considered as well as the application of space research approaches to rene- wing of contemporary geographical research.