

Roger-Maurice Bonnet

FROM F.G.W. STRUVE TO JAMES WEBB *



Diploma

F.G.W. Struve,

*The Founder and First Director of Pulkovo Observatory,
Commemorative Medal*

is awarded to

*Professor **Roger-Maurice Bonnet**
former President of COSPAR.*

for his Outstanding Contribution to Astronomy and Space Science

The Academic Board of the Pulkovo Observatory
Director **Alexander Stepanov**

Saint-Petersburg, Pulkovo 2011



Dear Professor Stepanov,
Dear Thierry,
Dear friends and colleagues,

It is a great honour to be presented today with the Friedrich-Georg-Wilhelm Struve Award. The award has been given in the past to an impressive series of scientists and space personalities. Let me quote among many others, my friend Academician Alexander Boyarchuk, Evgueny Mazets and Astronauts Goergy Grechko and Serguei Krikalev. I would like to express my warmest acknowledgments and appreciation to the Pulkovo Observatory for that great honour that allows me to celebrate today the famous scientist and astronomer who has given his name to the award. In the history of science F.G.W. Struve will indeed be remembered as a great astronomer and a promoter of astronomical knowledge.

As several of his contemporaries, he associated his talents in astronomical observation to those of an instrumentalist, which he applied in particular to the field of geodesy, as illustrated by the most ambitious long meridian arc measurement he made between 1816 and 1819 in the framework of the triangulation of Livonia on the Eastern coast of the Baltic Sea. As a space astronomer and an instrumentalist myself, I feel a lot of sympathy for that great scientific personality and for his associating talents in both the development of new techniques and using them for observation, two talents without which astronomy would not exist to the level it has reached today.

My own involvement in science was totally determined by the launch of Sputnik-1 in 1957. That event triggered my passion for space and for astronomy. Since then, my career has been fully devoted to these two great achievements of the last century and particularly to space thanks to two Great Russian engineers and scientists: Serguei Korolev and Mstislav Keldysh, the fathers of space exploration and of space science. A few years ago, we celebrated in this country the 50th anniversary of the historical launch of Sputnik-1, the

* Неофіційний переклад див. на с. 72–75.

creation of Serguei Korolev, and this year the 100th anniversary of the birth of Academician M. Keldysh.

Their legacy and that of the Soviet space program cannot be minimized: they have led a true revolution! In the past 50 years, we have extensively travelled through the Solar System; we have landed on the Moon, on Mars, Venus, Titan, and on asteroids. Soon, ESA Rosetta mission will land on the nucleus of a comet and plans are that we will soon explore asteroids and the icy moons of Jupiter and return to the Moon and possibly to Titan. With the “Voyagers” of NASA, we are reaching the limits of the Heliosphere and exploring the virgin territories of deep space, leaving our Solar System behind us and entering the interstellar medium of our Milky Way.

By observing the sky from above the Earth’s atmosphere we have accessed all the hidden portions of the electromagnetic spectrum: the UV, the X and the gamma rays (thanks in particular to INTEGRAL to which the Pulkovo Observatory and your ISDC, dear Thierry, have contributed so much), the infrared, and the sub-millimetre wavelengths. We have started exploiting with an enormous amount of success that nearly inexhaustible and inestimable reserve of discoveries and knowledge that is called space astronomy.

Today, space-based astronomy is an integral part of contemporary astronomical research, resting on a set of powerful operational telescopes developed by major space agencies, encompassing the whole electromagnetic spectrum: e.g. Fermi and Integral at gamma-ray energies, Chandra and XMM-Newton for X-rays, Hubble in the near-ultraviolet, visible and near infrared wavelengths, and Herschel and Planck in the far infrared and sub-millimetre domain. However, I would like to temper my enthusiasm for the potential of these tremendous possibilities and express a concern here that I shared with my friend Johan Bleeker in a recent policy forum published in [1]. Part of what follows results from reflections that Isabelle Grenier, Pietro Ubertini, Johan Bleeker and I recently shared in analyzing the future of space astronomy. Let me thank all three here for their illuminating thoughts.

The present golden age of space astronomy based on these large missions may soon come to a rest as several of them are supposed to reach the end of their scientific and technical capabilities, and they may not

be replaced. The situation is particularly critical in the high-energy domain as no successors to XMM-Newton, Chandra, Integral and Fermi are in development. Certainly, in the past three to four years, a considerable effort has been made by the scientific community in the formulation of future plans. The most famous among them are the Decadal Surveys of the US National Academy of Science for astronomy and planetary scientific exploration [2, 3], and also the ESA “Cosmic Vision” [4] and the Europe-led Astronet “Science Vision for European Astronomy” [5]. Their identified scientific priorities give preference to missions addressing the topics of dark energy, dark matter and exoplanet research, as well as the detection of gravitational waves with the Laser Interferometer for Space Astronomy (LISA) under study at ESA and NASA. In planetary science priority is given to Mars, Jupiter and its satellites as well as Uranus. Unfortunately, none of the identified projects are ready to start soon. Why?

At NASA, the development of the 6.5 m James Webb Space Telescope (JWST) is now blocking the start of all other new large missions. The cost of the successor of Hubble has increased almost tenfold since its start in the mid 1990s and its launch keeps slipping, from the original goal of 2007, to now 2018 or even beyond. These cost overruns cast serious doubts on the feasibility of implementing within the decade the US Decadal Survey priorities, WFIRST, LISA and IXO. Regrettably, within the ESA Cosmic Vision program, no new large mission has been approved in the last ten years. The sad conclusion is that apart from identifying obvious priorities, the US and European surveys will not likely deliver any of these large flagship missions apart from the JWST. These time-consuming and expensive planning exercises may have to be done again if ever, using different approaches and different management schemes. The context is even more sterile that several missions presently foreseen to be developed in cooperation between ESA and NASA are threatened of being abandoned or very substantially descope. That is the case in particular of IXO for which ESA recently announced unexpectedly that cooperation with NASA was no longer considered feasible because of the incompatibility between the two agencies on schedules and budgets, and for the possible merg-

ing into a single project of the NASA WFIRST and the ESA Euclid missions, both aiming at mapping the geometry of the universe and the distribution of dark matter and dark energy. In the planetary science domain, all foreseen missions cannot be developed unless they undergo a drastic descope: there also the anticipated scenarios for international cooperation must be drastically revisited because of lack of financial means.

How did that situation develop? All these missions have been designed in the framework of tightly connected international cooperation scenarios and both ESA and NASA programs on big missions are now complexly imbricate with no control mechanism in place for each partner to control the schedule slippage and cost overruns of the other. It seems that the two major space agencies of the world have indeed lost their ability to properly manage their big missions. NASA seems not to have realized that it is not anymore living in the Apollo era when money was flowing in with billions of dollars granted by the government whenever necessary. Unfortunately, JWST does not represent the same political challenge as the landing of Man on the Moon and money is much more scarce and difficult to get from the President and the Congress. As to ESA, it has abandoned many of the approaches that made the success of its Horizon 2000 Program based on design-to-cost, scientific balance and built-in independence from third partners. The Cosmic Vision program has resulted in no mission decided, because all those foreseen were more costly than the available budget, and relied essentially on the good will of another agency, in particular NASA, which unfortunately, as said, is blocked by the JWST present impasse. On both sides of the Atlantic, we witness a lack of management competence, exacerbated by a lack of a common and more global strategic planning.

When the cost of individual missions exceeds annual national space science budgets, a balanced long-term (10–20 years) program should be established that fits into an overall multi-year budget envelope. ESA's Horizon 2000 was a plan to be implemented! It rested on a set of large missions fulfilling the aspirations of the European scientific community in four selected areas of balanced excellence, definitely included in the plan, and not supposed to be aban-

doned through regular competitive selection processes. The plan was to be fulfilled through the development of specific Cornerstone missions in a period of 20 years after approval by the ESA Council, which was granted in 1985. Flexibility was added to the program through smaller size missions regularly selected in competition, and opened to all domains of space science. Last but certainly not least, the budget allocated to each mission was capped, allowing to maintaining the program scientific balance, and sticking within realistic financial limits fixed *a priori*. The program was to be implemented fully with European means alone, however some projects were open *a posteriori* to international cooperation in particular with NASA and all other interested agencies, thereby increasing the scientific scope of the missions.

The full program, and even more (including the re-launch of Cluster), was accomplished in 24 years instead of the 22 foreseen, a very honourable performance, with all Cornerstones launched between 1995 and 2009, all operating flawlessly. Furthermore, twelve medium-size missions, among whom we find Hipparcos, ISO, Giotto, the Huygens probe, Planck, Integral etc, and two small technology missions complemented them. Thanks to that program, Europe acquired a leadership position in Solar-Terrestrial physics, Comet science, X-ray and far infrared astronomy with Herschel, the largest space telescope yet launched, and also in planetary science through Huygens, Mars Express and Venus Express.

The dull situation confronting space astronomy in the near future, forces a profound reflexion on the way big missions ought to be implemented and managed in the future. We do believe that large scale space facilities required for ground breaking astronomy in the coming decades can only be accommodated by global pooling of financial resources and technological expertise. The present “piece meal” individual project approach inevitably leads to an open-ended design, budgeting and scheduling process, to the detriment of the science discipline (the JWST problem might not have arisen in its present magnitude if JWST had been part of a coherent program incorporating other missions, approved and all to be implemented within fixed schedules and budget). The disconnected approach with separate surveys in Europe, the U.S. and elsewhere seems to be no longer viable. Strategic long

term planning is needed to establish a science driven roadmap based on global cooperation with clearly identified science priorities and leadership sharing.

Recently, the Committee on Space Research (COSPAR) set up a working group chaired by P. Ubertini that involves representatives of the astronomy community from the main space fairing nations, aiming at establishing such a global program in space astronomy [6]. That exercise will be integrated within a similar one formulated by the IAU for ground based astronomy, and should result in a sort of international road map for contemporary astronomy. We fully support that approach and commend both COSPAR and the IAU for having initiated that exercise.

The implementation of the road map/global survey for space astronomy will undoubtedly be delicate! It should obviously reside in the space agencies through the establishment of an inter-agency coordination group for large observatory-class facilities and planetary missions. That interagency group would have to agree on the selection established by the scientific community for major flagship missions, contingent on an agreed mission concept, on the development of the necessary technologies, and on a cost-to-completion budget shared and affordable by all parties involved. Such an interagency roadmap should preferably extend over at least two decades given the long lead times for the development and qualification of the key cutting edge technologies.

New resources may also come from new partners that are increasingly demonstrating their capability to become main players in space science, like Russia, China, India and Brazil. They also have impressive plans for the future, including collaborative ventures with NASA, ESA and JAXA, and need to become involved in discussing priorities for these future interagency roadmaps. Tapping into these new resources would both offer a broader spectrum of competences and talents and open the door to more ambitious projects. It is therefore very important to fully involve these new partners in the planning exercise. After all, they are potential leaders and we must all witness their development with interest as the presently dull economic situation in the main space faring countries may not evolve positively in the future.

Over the past 200 years or so that elapsed since the birth of F. G. W. Struve (1793) and since the launch of Sputnik-1 (1957) astronomers have accessed the most unthinkable extremes of distances, of temperature, of vacuum, of density and gravity, and of time. They have discovered black holes everywhere, water everywhere in the Universe. The frontier of knowledge has constantly been pushed further opening new questions, challenging our ingenuity to observe the unobservable. Today, we are reaching another limit: that of our ability to finance and timely develop the big facilities required for pushing the frontier even further.

It is time for all space agencies to take part in the development of future large astronomy missions that would be included in a global road map established by the world scientific community through their national academies or their equivalent. The JWST example has put in clear evidence the danger of developing scientific ambitions without possessing and mastering the management structures and practices necessary to implement them, placing in real risk of elimination all other missions in the road map. We do hope that this example, as well as my message today will offer a possibility for saving the future of space astronomy through vision and political will, with a clear appreciation that leadership of large space missions should now be globally shared and accepted by all.

Thank you all for your attention. Thank you again Thierry for your help in reading these lines.

1. *Bonnet R. M., Bleeker J.* // *Science*. — 2011. — **333**. — P. 161—162.
2. *National Research Council: New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics*, Washington, DC, National Academy of Science, 2010.
3. *National Research Council: Vision and Voyages for Planetary Sciences in the Decade 2013—2022*. — Washington, DC, National Academy of Science, 2011.
4. *Bignami G. F., Cargill P., Schutz P., Turon C.* *Cosmic Vision: Space Science for Europe 2015—2025*. — Noordwijk, Netherlands, ESA, 2005. — ESA BR-247.
5. *The Astronet Infrastructure Roadmap, A strategic Plan for European Astronomy* / Eds M. F. Bode, M. J. Cruz, F. J. Molster. — Paris, Astronet, 2008.
6. *Ubertini P., et al.* *Future of Space Astronomy: a Global Road Map for the Next Decades* // *Advs in Space Res.* — 2011.

Роже Моріс Бонне

ВІД Ф.Г.В. СТРУВЕ ДО ДЖЕЙМСА ВЕББА

Шановний професоре Степанов,
Шановний Тьеррі¹,
Дорогі друзі та колеги!

Для мене велика честь отримати сьогодні відзнаку ім. Фрідріха Георга Вільгельма Струве². Цією нагородою раніше були відзначені видатні науковці та діячі космічної галузі. Дозвольте мені з-поміж багатьох інших назвати мого друга, академіка Олександра Боярчука, Євгена Мазеца, а також космонавтів Георгія Гречка і Сергія Крикальова. Хотів би висловити мою найсердечнішу вдячність Пулковській обсерваторії, що я маю велику честь урочисто відзначити сьогодні відомого вченого та астронома, іменем якого названа пам'ятна медаль. В історії науки Ф. Г. В. Струве безумовно запам'ятався як видатний астроном і промотор астрономічних знань.

Як багато хто з його сучасників, він поєднував свої обдаровання в астрономічних спостереженнях з хистом інструменталіста, який він застосовував зокрема в галузі геодезії, про що свідчать найамбітніші вимірювання великої дуги меридіана, виконані ним упродовж 1816—1819 рр. в межах триангуляції Ліфляндії на східному узбережжі Балтійського моря. Я, як космічний астроном і інструменталіст, відчуваю глибоку симпатію до такої видатної наукової постаті і до його поєднаних обдарованостей, як у розвитку нової техніки, так і у використанні її для спостережень — два таланти, без яких астрономія не досягнула б теперішнього рівня.

Моє власне залучення в науку остаточно визначилось запуском «Супутника-1» в 1957 р. Ця подія стимулювала мою пристрасть до космосу і до астрономії. З того часу моя кар'єра повністю присвячена цим двом великим досягненням останнього століття й особливо космосу, завдяки

двом Великим російським інженерам і вченим: Сергієві Корольову і Мстиславові Келдишу, основоположникам космічних досліджень і космічної науки. Кілька років тому ми відзначали в цій країні 50-ту річницю історичного запуску «Супутника-1», творіння Сергія Корольова, а в цьому році — 100-ту річницю з народження академіка М. Келдиша.

Їхній спадок і те, що роль радянської космічної програми не може бути применшеною, зробили справжню революцію! Упродовж останніх 50 років ми екстенсивно подорожували Сонячною системою; висаджувалися на Місяць, Марс, Венеру, Титан та на астероїди. Незабаром місія ЄКА «Розетта» (Rosetta) здійснить посадку на ядро комети, плануються дослідження астероїдів і крижаних супутників Юпітера та повернення до Місяця, а можливо і до Титана. З допомогою «Вояджерів» (Voyagers) (НАСА) ми досягаємо меж геліосфери і досліджуємо незаймані території глибокого космосу, залишаючи позаду нашу Сонячну систему і вступаючи у міжзоряне середовище Молочного Шляху.

Спостерігаючи небо поза межами земної атмосфери, ми маємо доступ до всієї прихованої частини електромагнітного спектру: УФ-, рентгенівські і гамма-промені (особливо завдяки проекту «Інтеграл» (INTEGRAL), якому Пулковська обсерваторія і Ваш Центр даних (INTEGRAL Science Data Centre, ISDC), шановний Тьеррі, так багато посприяли), інфрачервоні і суб-міліметрові довжини хвиль. Ми взялися за розробки з великою кількістю досягнень, близьких до невичерпних і неоціненних резервів відкриттів і знань, які називаються космічною астрономією.

Нині космічна астрономія є невід'ємною частиною сучасних астрономічних досліджень, які базуються на серії створених головними космічними агентствами потужних діючих телескопів, які охоплюють весь електромагнітний спектр: наприклад космічні телескопи «Фермі» (Fermi)

¹ Тьеррі Курвуаз'є (Thierry Courvoisier) — президент Європейського астрономічного товариства (Ед.)

² В Росії став відомим як Василь Якович Струве (Ед.)

і «Інтеграл» — в гамма-діапазоні, «Чандра» (Chandra) і «Ньютон» (XMM-Newton) — для рентгенівських променів, «Габбл» (Hubble) — в близьких ультрафіолетових, видимих та близьких інфрачервоних довжинах хвиль, а також «Гершель» (Herschel) і «Планк» (Planck) — в далекій інфрачервоній і субміліметровій областях. Не дивлячись на це, я хотів би стримати свій ентузіазм стосовно потенціалу цих приголомшливих можливостей і висловити тут занепокоєння, яке я розділив з моїм другом Йоганом Блікером (Johan Bleeker), щойно опубліковане в роботі [1]. Частина з них випливає з міркувань, якими нещодавно поділилися Ізабелла Грен'є (Isabelle Grenier), П'єтро Убертіні (Pietro Ubertini), Йоган Блікер і я, аналізуючи майбутнє космічної астрономії. Дозвольте мені подякувати всім трьом за їхні просвітницькі роздуми.

Сучасний золотий період космічної астрономії, який ґрунтується на цих великих місіях, може невдовзі перерватися, бо деякі з них очевидно досягнуть завершення своїх наукових і технічних можливостей, і їх не можна замінити. Ситуація особливо критична у високоенергетичній області, оскільки спадкоємці місій «Ньютон», «Чандра», «Інтеграл» і «Фермі» не розробляються. Безумовно, за останні 3-4 роки науковим співтовариством докладено значних зусиль для розробки майбутніх планів. Найвідомішими з них є «Декадні огляди» (Decadal Surveys) Національної академії наук США з астрономії і планетних наукових дослідженнях [2, 3], а також «Космічне бачення» (Cosmic Vision) (ЄКА) [4] і європейський Астронет-проект «Бачення науки для європейської астрономії» (Science Vision for European Astronomy) [5]. Встановлені ними наукові пріоритети надають переваги місіям, спрямованим на розв'язання проблем дослідження темної енергії, темної речовини і екзопланет, а також виявлення гравітаційних хвиль за допомогою космічного інтерферометра LISA (Laser Interferometer for Space Astronomy), який розглядається нині в ЄКА і НАСА. В планетній науці пріоритет надається Марсу, Юпітеру та його супутникам, а також Урану. На жаль, жоден із зазначених проектів не готовий до скорого запуску. Чому?

У НАСА розробка 6.5-метрового космічного телескопа ім. Джеймса Вебба (James Webb Space Telescope, JWST) блокує запуск усіх інших нових великих місій. Вартість наступника «Габбла» збільшилась майже вдвічі з моменту його започаткування в середині 1990-х, і його запуск весь час зміщується від початкової дати (2007 р.) — тепер до 2018 р. або навіть далі. Ці перевищення вартості вносять серйозні сумніви щодо можливості здійснення в межах десятиріччя пріоритетів «Декадних оглядів» США: WFIRST, LISA і FHO. Прикро, але в рамках програми ЄКА «Космічне бачення» не затверджено жодної великої місії за останні 10 років. Сумний результат полягає в тому, що крім зазначених очевидних пріоритетів, без JWST американські та європейські служби, імовірно, не виконають жодної з цих великих флагманських місій. Ці довготривалі та дорогі заплановані експерименти можуть бути виконаними колись в разі використання інших підходів та управлінських схем. Ситуація видається навіть ще безрезультатнішою від того, що деякі місії, які передбачалося здійснити в кооперації між ЄКА і НАСА, перебувають під загрозою закриття або суттєвого скорочення. Така ж ситуація, зокрема, з ІХО, відносно якої ЄКА нещодавно несподівано заявило, що кооперація з НАСА більше не вважається здійсненою через невідповідність між двома агентствами у графіках і бюджетах та внаслідок можливого злиття в єдиний проект місій WFIRST (НАСА) і «Евклід» (Euclid) (ЄКА), метою яких є картографування геометрії Всесвіту і розподілу темної матерії та темної енергії. У галузі планетних наук усі передбачувані місії не можуть розроблятися, доки вони не зазнають корінного перегляду: також очікувані сценарії для міжнародної кооперації повинні бути радикально переглянуті через брак фінансових можливостей.

Як розвивалася ця ситуація? Всі ці місії планувалися в межах сценарію тісної міжнародної кооперації, і обидві програми (ЄКА і НАСА) з великих місій нині складно перекриваються через відсутність будь-якого механізму керування з боку кожного партнера, який би забезпечив контроль відставання графіка виконання і перевищення вартості іншими. Складається враження, що два найбільші космічні агентства світу насправ-

ді втратили здатність належним чином керувати своїми великими місіями. Очевидно, НАСА не усвідомило, що воно більше не перебуває в ері «Аполлона» (Apollo), коли гроші припливали за будь-якої необхідності мільярдами доларів, гарантованих урядом. На жаль, JWST не є таким же політичним викликом, як висадка людини на Місяць, та й гроші набагато скромніші, і їх важко отримати від Президента і Конгресу. Що стосується ЄКА, то воно втратило багато підходів, які забезпечили успіх його програмі «Горизонт-2000» (Horizon 2000), що базувалась на принципі проектування згідно із заданою вартістю, наукового балансу і наперед визначеної незалежності від третіх партнерів. Програма «Космічне бачення» (Cosmic Vision) не мала певного результату в жодній місії, оскільки всі ці передбачення були набагато дорожчими за наявний бюджет, і суттєво залежали від доброї волі іншого агентства, особливо від НАСА, яке, на жаль, як було зазначено, заблоковане теперішнім безвихідним станом проекту JWST. На обох берегах Атлантичного океану ми засвідчуємо відсутність уміння менеджменту, поглибленого браком загального і глобальнішого стратегічного планування.

Коли вартість окремих місій перевищує річний національний космічний науковий бюджет, зрівноважена довгострокова (10—20 років) програма повинна складатися так, щоб вона відповідала загальному багаторічному бюджетному пакету. Програма «Горизонт-2000» була планом, обов'язковим до виконання! Вона базувалася на серії великих місій, які відповідали прагненням Європейської наукової спільноти в чотирьох вибраних сферах пропорційних довершеностей, які звичайно включені в план як такі, що не повинні бути закритими внаслідок процесів постійного конкурсного відбору. Цей план можна було реалізувати через розробку спеціальних наріжних місій упродовж 20 років після розгляду Радою ЄКА, яка погодила його у 1985 р. Внаслідок включення меншого розміру місій, які регулярно відбирались за конкурсом, відкритим для всіх галузей космічної науки, програма стала маневренішою. Останнє, але звичайно не менш важливе, — бюджет, призначений для кожної місії, був перевершений, що допускало підтримування балансу на-

укових програм і втискування в межах реальних фінансових лімітів, зафіксованих *a priori*. Програму можна було виконати повністю за рахунок лише Європейських коштів, проте деякі проекти були відкриті *a posteriori* для міжнародної кооперації, зокрема з НАСА та усіма іншими зацікавленими агентствами, збільшуючи таким чином наукові рамки місій.

Вся програма, і навіть більше того (включаючи перезапуск «Кластера» (Cluster), була виконана за 24 роки замість передбачуваних 22, доволі почесне досягнення — разом з усіма наріжними місіями, запущеними між 1995 і 2009 рр., всі функціонують бездоганно. Більше того, виконано 12 місій середнього розміру, серед яких знаходимо «Гіппаркос» (Hipparcos), «ISO», «Джотто» (Giotto), зонд «Гюйгенс» (Huygens probe), «Планк» (Planck), «Інтеграл» та інші, а також дві невеликі технологічні місії, які їх доповнюють. Завдяки цій програмі Європа здобула лідерство в сонячно-земній фізиці, кометній науці, рентгенівській і інфрачервоній астрономії з допомогою все ще не запущеного найбільшого космічного телескопа «Гершель» (Herschel), а також у планетній науці завдяки місіям «Гюйгенс», «Марс-Експрес» (Mars Express) і «Венера-Експрес» (Venus Express).

Сумна ситуація конфронтаційної в недалекому майбутньому космічної астрономії поглиблює сумніви з приводу можливостей великих місій, які будуть здійснюватися в майбутньому. Ми вважаємо, що великомасштабні космічні засоби, необхідні для наземної астрономії в прийдешніх десятиріччях, можуть бути застосовані лише шляхом глобального об'єднання фінансових ресурсів і технологічної експертизи. Теперішній фрагментарний індивідуальний підхід неминуче призводить до необмеженого в часі процесу проектування, асигнування і календарного планування, на шкоду науковим галузям (проблема JWST могла б не виникнути в її теперішніх розмірах, якби JWST був частиною зв'язної програми, що об'єднує інші затверджені місії, виконувані в рамках установлених графіків і бюджету). Ізольований підхід, з окремими оглядами в Європі, США і де завгодно, видається більше не життєздатним. Стратегічне довгострокове планування потребує заснування науки, керованої дорожньою картою, яка ґрунтується на

глобальній кооперації з чітко визначеними науковими пріоритетами і розділеним керівництвом.

Недавно Комітет з дослідження космічного простору (COSPAR) заснував робочу групу під головуванням П. Убертіні (P. Ubertini) з представників астрономічної спільноти з основних причетних до космосу країн, яка ставить за мету створення такої глобальної програми з космічної астрономії [6]. Це завдання буде інтегроване з відповідним завданням, сформульованим МАС для наземної астрономії, і воно повинне завершитися створенням подібної міжнародної дорожньої карти для сучасної астрономії. Ми повністю підтримуємо такий підхід і вітаємо і COSPAR і МАС з ініціюванням цього починання.

Реалізація дорожньої карти/глобального огляду для космічної астрономії безперечно буде складною! Вона очевидно повинна належати космічним агентствам через створення міжвідомчої координаційної групи для потужних обсерваторій і планетних місій. Ця група мала б домовитися про відбір визнаних науковою спільнотою великих флагманських місій, залежних від узгодженої концепції місій, від розвитку необхідних технологій, від виділених бюджетом коштів на завершення, а також від спроможностей усіх залучених учасників. Така міжвідомча дорожня карта повинна поширюватися принаймні на два десятиріччя, надаючи тривалий період для розвитку і модифікації ключових тонких технологій.

Нові ресурси можуть також надійти від нових партнерів, які наполегливо демонструють свою здатність стати головними гравцями в космічній науці, таких як Росія, Китай, Індія і Бразилія. Вони також мають вражаючі плани на майбутнє, включаючи спільні сміливі проекти з НАСА, ЄКА і JAXA, і мають потребу бути включеними в обговорювані пріоритети стосовно цих майбутніх міжвідомчих дорожніх карт. Підключення до цих нових ресурсів розширило б спектр спроможностей і обдарованостей та відкрило б двері

до амбітніших проектів. Отже, дуже важливим є принаймні включення цих нових партнерів в заплановані експерименти. Зрештою вони є потенційними лідерами, і ми всі повинні з інтересом засвідчити їхній розвиток, бо сучасна безрадїсна економічна ситуація в головних космічних країнах не зможе в майбутньому позитивно розвиватися.

За останні 200 (чи близько цього) років, які минули з народження Ф.Г.В. Струве (1793), після запуску «Супутника-1» (1957) астрономи мають доступ до найнеймовірніших екстремальних відстаней, температур, вакууму, густини, тяжіння і часу. Вони відкрили чорні діри і воду повсюду у Всесвіті. Межа знань постійно просувається далі, відкриваючи нові проблеми, стимулюючи нашу винахідливість спостерігати неспостережуване. Тепер ми досягаємо іншого рубежу: обмеження наших можливостей фінансування і своєчасного удосконалювання великих виробничих потужностей, потрібних для подальшого розширення цих меж.

Настала пора для всіх космічних агентств взяти участь у розвитку майбутніх великих астрономічних місій, які були б включені в глобальну дорожню карту, встановлену світовим науковим співтовариством через свої національні академії чи еквівалентні їм інституції. Приклад JWST — це чітке свідчення небезпеки наукових амбіцій, які розвиваються без оволодіння управлінськими структурами і набуття практики, необхідних для їхнього втілення, залишаючи під реальною загрозою виключення всіх інших місій в дорожній карті. Ми сподіваємося, що цей приклад, як і моє повідомлення сьогодні, посприятимуть збереженню майбутнього космічної астрономії шляхом запровадження далекоглядних підходів і політичної волі, з чітким розумінням того, що керівництво великих космічних місій тепер повинне бути глобально розділеним і визнаним усіма.

Дякую за Вашу увагу. Ще раз дякую Вам, Тьєррі, за допомогу у проголошенні цих рядків.