

Красинский Г. А. (1939–2011): от классической небесной механики к высокоточным релятивистским численным теориям движения тел Солнечной системы

© М. В. Васильев, Э. И. Ягудина

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Георгий Альбертович Красинский принадлежал к той плеяде ученых, которые делали советскую, а затем и российскую науку передовой, конкурентноспособной и интересной для ведущих исследователей всего мира. Получив образование на математико-механическом факультете Ленинградского государственного университета имени А. А. Жданова, Г. А. Красинский долгое время занимался исследованиями в области классической небесной механики, выполнив ряд первоклассных работ, результаты которых востребованы и сейчас.

Наступившая космическая эра, резкий скачок точности астрономических наблюдений, вызванный бурным развитием технологий, привели Г. А. Красинского к пониманию того, что методы классической небесной механики и астрометрии в значительной степени устарели и не могут обеспечить точность эфемерид тел Солнечной системы на уровне новых требований. В результате под его руководством и при его активном участии была создана программная система ЭРА (Эфемеридные Расчеты в Астрономии), которая стала основой для всех последующих работ в Институте прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН) по обработке современных высокоточных измерений и созданию релятивистских численных теорий орбитально-вращательного движения тел Солнечной системы.

Работая в ИПА РАН, Георгий Альбертович не мог не заниматься вопросами фундаментального координатно-временного обеспечения, став одним из активных участников создания радиоинтерферометрической сети «Квazar-KBO». В последние годы жизни им были разработаны численные теория вращения деформируемой Земли с жидким ядром и теория эволюции вращательного движения Земли и орбиты Луны.

Ключевые слова: история астрономии, небесная механика, эфемеридная астрономия, эфемериды тел Солнечной системы, космическая геодезия, радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами, РСДБ.

Контакты для связи: Ягудина Элеонора Ивановна (eiya@iaaras.ru).

Для цитирования: Васильев М. В., Ягудина Э. И., Красинский Г. А. (1939–2011): от классической небесной механики к высокоточным релятивистским численным теориям движения тел Солнечной системы // Труды ИПА РАН. 2022. Вып. 63. С. 28–38.

<https://doi.org/10.32876/ApplAstron.63.28-38>

Krasinsky G. A. (1939–2011): From Classical Celestial Mechanics to High-Precision Relativistic Numerical Theories of Motion of the Solar System Bodies

M. V. Vasilyev, E. I. Yagudina

Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Abstract

Georgy Albertovich Krasinsky belonged to that scientists who made Soviet and then Russian science advanced, competitive and interesting for leading researchers around the world. Having received his education at the Faculty of Mathematics and Mechanics of the Leningrad State University named after A.A. Zhdanov, Krasinsky was engaged in research in the field of classical celestial mechanics for a long time, where he performed a number of the best works, the results of which are in demand even now.

The onset of the space age, a sharp jump in the accuracy of astronomical observations caused by the rapid development of technology, led Krasinsky to the realization that the methods of classical celestial mechanics and astrometry cannot cope with the processing of modern measurements and are not able to ensure the accuracy of the ephemerides of the Solar System bodies at the level of new requirements. As a result, under his leadership and with his active participation, the ERA (Ephemeris Research in Astronomy) software system was created, which became the basis for all subsequent work at the Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences (IAA RAS) to process modern high-precision measurements and create relativistic numerical theories of the orbital-rotational motion of the bodies of the solar system.

Working at the IAA RAS, Georgy Albertovich could not help but deal with the issues of fundamental positioning, navigation and timing support, becoming one of the active participants in the creation of the Quasar radio interferometric network. In the last years of his life, he developed a numerical theory of the rotation of a deformable Earth with a liquid core and a theory of the evolution of the rotational motion of the Earth and the Moon's orbit.

Keywords: history of astronomy, celestial mechanics, ephemeris astronomy, ephemeris of Solar System bodies, space geodesy, very long baseline radio interferometry (VLBI).

Contacts: Eleonora I. Yagudina (eiya@iaaras.ru).

For citation: Vasilyev M. V., Yagudina E. I. Krasinsky G. A. (1939–2011): from classical celestial mechanics to high-precision relativistic numerical theories of motion of the Solar system bodies // Transactions of IAA RAS. 2022. Vol. 63. P. 28–38.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.63.28-38>

Введение

Ранее была опубликована статья (Shor, 2021), посвященная истории создания и развития эфемеридной астрономии в 20 веке в ИТА АН СССР (до 1988 г.), в которой отражен значительный вклад Георгия Альбертовича Красинского в российскую астрономию. Целью данной работы является последовательное описание жизненного пути Г. А. Красинского, среды, в которой он сформировался как ученый, результатов всех его исследований и научного наследия.

Естественно, что такие ученые, как Г. А. Красинский, хорошо известны не только в России, но и во всех астрономических организациях мира, занимающихся эфемеридной астрономией. На протяжении своей жизни он избирался президентом, вице-президентом и членом отдельных комиссий Международного астрономического союза (МАС). Ученые из различных стран общались с ним регулярно. Особенно хотелось бы отметить дружеские и рабочие контакты с М. Стэндишем, Д. Уильямсом (США), Ж. Ковальским и А. Фиенгой (Франция).

Мы, действующие сотрудники Лаборатории эфемеридной астрономии ИПА РАН, созданной Г. А. Красинским, имели счастье трудиться вместе с ним и общаться в неформальной обстановке. Идет время, многое забывается, и, чтобы хоть как-то замедлить этот процесс, мы хотели бы здесь отдать дань памяти и глубокого уважения ученому, учителю, очень сильному и разностороннему человеку, под руководством которого было чрезвычайно интересно работать и которого нам очень не хватает.

Биография

Георгий Альбертович Красинский родился 19 февраля 1939 г. в Ленинграде. Во время войны был в эвакуации на Урале вместе с мамой и бабушкой. Отец и родной дядя были на фронте, дедушка погиб во время Блокады. После окончания войны семья вернулась обратно в Ленинград. Отец, который был хирургом и прошёл всю войну, не вернулся в семью. Контакты с сыном потом были, но немногочисленные, и близости между сыном и отцом не возникло. Георгий рос со своей

мамой и частично парализованной бабушкой. Но в семье были и мужчины, которые принимали участие в жизни и воспитании мальчика — мамин родной брат — Израиль Яковлевич Красинский, бывший из того поколения, которое закончило учебу в вузах накануне войны. Он был сразу призван, отправлен на переобучение, воевал на «Катюшах», дошёл до Берлина и расписался на Рейхстаге. После войны он стал видным инженером, будучи всю жизнь очень близким Георгию Альбертовичу человеком. Двоюродный дед, известный полярник Георгий Давидович Красинский, потерявший на войне сына, даже хотел его усыновить. До 16 лет Георгий носил фамилию своего отца, но при получении паспорта взял себе девичью фамилию своей мамы и тоже стал зваться Красинским. И это не удивительно, т. к. с мамой, Эдди Яковлевной Красинской, была всегда необыкновенная душевная близость, взаимопонимание и уважение.

Он рос обычным послевоенным мальчишкой: носил брюки с «очками»-заплатами, был вратарём в дворовой футбольной команде — и читал. Читал всегда, всю жизнь и очень много. У него развились хороший литературный вкус и язык. Любил историю. На одном из городских конкурсов занял второе место за орнаменты, относящиеся к временам Яна Гуса. Мама всячески поддерживала интересы сына, покупала для него абонементы в театр и филармонию. При этом главной страстью Георгия Альбертовича в школьные годы стали рисунок и живопись акварелью: много лет он занимался в городском Дворце Пионеров, принимая участие в выставках. Все детские интересы и увлечения сохранились навсегда. Театр, музыка, выставки, книги, встречи с деятелями культуры и искусства были неотъемлемой частью его зрелой жизни. Будучи уже взрослым, иногда брал в руки карандаш и делал очень точные наброски или небольшие портреты членов семьи. Любил природу, небольшие пешие походы в лес, байдарку. В своей собственной семье очень много времени посвящал дочерям — Александре и Анне.

В 1956 г. с серебряной медалью окончил школу. Очень хотелось поступить в Академию Художеств, но мысль о том, что хлеб художника ненадёжен

и он не сможет поддерживать семью, повлияла на окончательное решение. В 1956 г. он поступил в Ленинградский Государственный Университет имени А. А. Жданова на математико-механический факультет.

С выбором он не ошибся — наука захватила его с головой, притом навсегда. Учился на отлично: единственная четвёрка за время учёбы — по Истории КПСС, и единственная тройка — на гос. экзамене по тому же предмету. Когда в государственной комиссии увидели его остальные оценки, предложили прийти ещё раз и пересдать — отказался. В семье много позже объяснил: «А зачем?» — всё интересное уже закончилось, так что к этому последнему экзамену и готовиться не стал. Единственное, о чём пожалел, что не сообразил дополнительно ходить на лекции по физике, когда учился в Университете. Физику потом добирал сам. Вообще он интересовался наукой в широком смысле, следил за разными её областями, читал об истории науки.

На пятом курсе написал статью, наградой за которую стали «книжные деньги», которые на книги и потратил. Тема дипломной работы — «Замкнутые траекторные соударения в плоской краевой ограниченной задаче трёх тел», защита тоже прошла с отличием.



Рис. 1. Г. А. Красинский в годы обучения в аспирантуре

В 1961 г. окончил Университет по специальности «механика». Поступил в аспирантуру Института Теоретической астрономии Академии наук СССР (ИТА АН СССР). В период 1961–1964 гг. — младший научный сотрудник ИТА АН СССР. В 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию «Оптимальные переходы между близкими Кеплеровскими орбитами». В 1967–1987 гг. — старший научный сотрудник ИТА АН СССР, начиная с 1988 г. — ведущий научный сотрудник ИПА РАН. Карьеру он не строил, но она как-то сама сложилась классически.

Труд Георгия Альбертовича отмечен правительственными наградами: 1981 г. — орденом «Знак Почета», в 1981 г. — Государственной премией СССР за цикл работ по созданию единой релятивистской теории движения внутренних планет Солнечной системы, и орденом Почета — в 2002 г.

В 1985 г. защитил докторскую диссертацию «Исследование движения больших планет и Луны на интервале 1715–2000 гг. и уточнение некоторых астрономических постоянных».

В 1997 г. его имя (Krasinsky) было присвоено малой планете, зарегистрированной в международном каталоге малых планет под номером 5714 и имевшей ранее предварительное обозначение 1982 PR. В 2000 г. получил звание профессора, а в 2011 г. — Заслуженного деятеля науки Российской Федерации.

В период 2003–2006 гг. Георгий Альбертович был президентом комиссии No. 4 «Эфемериды», членом комиссий МАС No. 7 и No. 20, рабочих групп ILRS (International Laser Ranging Service) и IVS (International VLBI Service).

За 10 лет до смерти врачами был поставлен тяжёлый диагноз и озвучен прогноз: ещё 3 года жизни. Не сказал об этом никому — продолжал получать новые интересные результаты и очень хотел работать дальше. Занятия наукой давали ему силы. Почему-то кажется, что именно они продлили его жизнь. За пару лет до смерти сказал в приватной беседе (пусть здесь и не совсем дословно): «У меня такое чувство, что я стою на вершине горы. Я всё вижу, понимаю, как всё работает. Я так счастлив, что смогу показать это людям».

Последняя книга, которую он, уже очень ослабевший от болезни, держал в руках, — «Искусство рисунка». Кажется, заснул... нет — он внимательно рассматривал, впитывал каждую деталь и тихонечко переворачивал страницы: рисунки одного из его самых любимых художников Валентина Серова.

Г. А. Красинский умер 17 марта 2011 г. и похоронен на кладбище астрономов Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге.

Классическая небесная механика и переход к численным методам

Поступив на работу в ИТА АН СССР, Георгий Альбертович первое время занимался преимущественно теоретическими методами небесной механики. Им была усовершенствована тригонометрическая теория вековых возмущений больших планет, введены новые эффективные методы разложения возмущающей функции в планетной и спутниковой задачах, а также исследована резонансная структура пояса астероидов. Эти результаты он представил в трех главах монографии «Малые планеты» (Красинский, 1973):

1. Основные уравнения планетной теории;
2. Асимптотические методы планетной теории;
3. Квазипериодические и периодические движения.

В работах того времени он показал себя прекрасным небесным механиком (Красинский, 1970; Красинский, Пиус 1972; Krasinsky, 1975), его результаты использовались как теоретиками, так и на практике при обработке наблюдений малых планет. В дальнейшем Г. А. Красинский отказался от аналитических методов в пользу численных. Он пришел к выводу, что численные методы гораздо более точны при обработке наблюдений и требуют значительно меньшего времени для реализации.

В процессе всей своей работы Г. А. Красинский последовательно изучал и использовал новые методы программирования для решения астрономических задач. Первым значимым его результатом в этой области стала система для автоматизации эфемеридных вычислений МАМОНТ-1981 (Красинский и др., 1982). В этой работе он отмечает, что «в настоящее время потребности в эфемеридном обеспечении высокоточных астрометрических и радиотехнических измерений не могут быть удовлетворены традиционным использованием астрометрических ежегодников» и утверждает, что наступило время создавать автоматизированную вычислительную систему для быстрого и удобного получения разнообразных эфемеридных данных высокой точности. И здесь же описывает опыт построения такой системы. Система предназначена для вычисления наблюдаемых величин, а в качестве потребителя выступает либо наблюдатель-астрометрист, либо специалист по динамической астрономии. Каждый запрос к системе формулируется в терминах некоторого специализированного языка с использованием астрометрической терминологии. Система строится таким образом, чтобы было легко организовать ее взаимодействие с банком астрономических данных. Необходимо также, чтобы система могла быть расширена введением новых объектов. Такая система была реализована в мониторной системе ДУБНА машины

БЭСМ-6, написана на смеси языков ФОРТРАН и АЛГОЛ-ГДР, содержала около 5000 строк программного кода. Используемые в системе эфемериды тел Солнечной системы охватывали временной интервал 1945–1985 гг. и были точнее данных астрономических ежегодников.

Постепенно в систему включались математические модели, описывающие динамику всех основных объектов Солнечной системы, был расширен временной интервал на XVIII и XIX вв. и реализована связь с банком астрономических измерений. Эфемериды Солнца, Луны и планет были основаны на численных теориях движения этих объектов (Красинский, 1988). Параметры теорий были уточнены с использованием радиотехнических и лазерных измерений. Для удобства ссылок система была названа МАМОНТ-1981 (МАтематическое МОделирование Небесно-механические Теории, версия 1981). Подробное описание с примерами обработки и инструкцией для пользователя представлено в (Красинский, 1982).

Программная система ЭРА и объектно-ориентированный язык СЛОН

Разработка системы МАМОНТ-81 шла параллельно с развивающимся в то время в ИТА АН СССР под руководством С. С. Лаврова проектом СПОРА (Бабаев, Лавров, 1987). В частности, в рамках этого проекта И. Р. Агамирзяном было создано удобное инструментальное средство разработки языковых процессоров ШАГ (Агамирзян, 1986). Тогда казалось, что использование результатов проекта СПОРА даст возможность создать новую программную систему, лишенную недостатков системы МАМОНТ-81. К недостаткам системы МАМОНТ-81 относили ее недостаточную гибкость, поскольку с помощью системы МАМОНТ-81 нельзя было решить произвольную астрономическую задачу. Система могла решить только те задачи, на которые был рассчитан встроенный планировщик, хотя средства функционального наполнения позволяли делать значительно больше. Кроме того, МАМОНТ-81 не имел достаточно развитых средств работы с большими массивами данных, необходимых в данной предметной области (наблюдения, каталоги и т. д.).

Исходя из опыта использования системы МАМОНТ-81, группа авторов во главе с Г. А. Красинским начала работу над новым программным комплексом для решения задач динамической и эфемеридной астрономии ЭРА (Эфемеридные Расчеты в Астрономии), включающим предметно-ориентированный язык программирования СЛОН (Система Логической Обработки Наблюдений). В декабре 1985 г. этой группой, основу которой составили Красинский Г. А., Новиков Ф. А. и Скрипниченко В. И., был подготовлен первый экспериментальный вариант системы ЭРА-1 на ЭВМ

БЭСМ-6 (Новиков, 1990; Агамирзян и др., 1986). В дальнейшем программный код системы был переписан заново с внесением улучшений на основе опыта эксплуатации экспериментальной версии — последняя рабочая версия системы в этой конфигурации — ERA-3 (Ephemeris Research in Astronomy) (Агамирзян и др., 1986) была реализована уже на персональных компьютерах в операционной системе DOS.

К сожалению, для серьезной научной работы система ERA-3 оказалась практически непригодной в силу очень многих причин: большое количество ошибок в программном коде, недостаточное функциональное наполнение, скудные возможности языка СЛОН и т. д. И тогда Г. А. Красинский принял решение о создании в своей недавно образованной Лаборатории эфемеридной астрономии специальной группы, которая в течение нескольких лет занималась бы разработкой такой системы, которая могла бы удовлетворить его требования к программному обеспечению для проведения научных исследований. С новыми версиями системы помимо программистов работала также группа научных сотрудников, занимающихся научными исследованиями и непосредственно принимающих участие в ее тестировании. Полученные в дальнейшем результаты показали, что Георгий Альбертович Красинский, являясь незаурядным исследователем, проявил себя в качестве прекрасного организатора и сумел поставить процесс разработки программной системы в соответствии с самыми строгими стандартами в этой области.

В результате работы этой группы была создана система ERA-5 (Васильев, Красинский, 1997), которая являлась интегрированной средой программирования для решения задач эфемеридной астрономии и включала в себя:

1. Описание конфигурации системы, содержащее список поддерживаемых астрономических объектов, типов наблюдений, систем координат, шкал времени; набор действий и функций для обработки наблюдений, вычисления эфемерид и т. д. Описание конфигурации могло изменяться и дополняться с помощью специального языка JACS.

2. Интегрированную среду разработки, включающую в себя редакторы текстов программ на языке СЛОН с развернутым описанием и системой подсказок, а также редактор таблиц системы ERA.

3. Процессор высокоуровневого проблемно-ориентированного языка СЛОН, который позволял решать практически все традиционные задачи эфемеридной астрономии на современном уровне точности.

4. Библиотеку программ для вычислений модельных значений измеряемых величин и их производных практически для всех типов астрономических наблюдений.

5. Библиотеку программ для построения высокоточных динамических теорий орбитально-вращательного движения практически для всех естественных и искусственных тел Солнечной системы.

6. Графическую систему для построения научных графиков, видимых обстоятельств затмений, покрытий и т. д.

7. Процессор языка LSM (Least Square Method), который позволял описывать и решать методом наименьших квадратов задачи оценивания параметров моделей, используемых в эфемеридной астрономии, космической геодезии и т. д.

Когда появилась первая версия системы ERA-5, Г. А. Красинский сказал нам, сотрудникам его лаборатории, примерно следующее: «Наконец мы получили тот инструмент, который нам нужен. Наступило время заниматься наукой». Действительно, в течение следующих лет им самим, его учениками и последователями был выполнен целый ряд научных и диссертационных работ в области эфемеридной астрономии и космической геодезии. С помощью программ на высокоуровневых языках СЛОН и LSM были обработаны наблюдения планет, их спутников, малых тел Солнечной системы, Луны, искусственных спутников Земли, космических аппаратов, а также РСДБ-наблюдения квазаров, пульсарного тайминга и т. д. На основании обработки наблюдений построены высокоточные численные теории планет Солнечной системы, Солнца и Луны, теории движения спутников планет, малых планет и комет, численные эфемериды навигационных спутников и ряды ПВЗ. Многие из этих работ были пионерскими не только в России, но и одними из первых в мире.

Кроме того, на основе системы ERA был реализован Астрономический Ежегодник на персональном компьютере (PersAY), предназначенный для использования как профессиональными астрономами, так и любителями. На базе системы ERA подготавливаются многие эфемеридные издания ИПА РАН: «Астрономический ежегодник», «Морской астрономический ежегодник» и «Морской астрономический альманах». С 1990 г. система ERA применяется для эфемеридных расчетов в центре управления и обработки данных сети «Квазар-КВО» (Финкельштейн и др., 2004). Программный комплекс ERA не утратил своего значения до настоящего времени и продолжает интенсивно применяться для решения фундаментальных и прикладных задач.



Рис. 2. Выступление Г. А. Красинского на Ученом совете ИПА РАН

Научные интересы и работы Г. А. Красинского

Несомненно система ERA была самым любимым детищем Г. А. Красинского, созданию и развитию которого он посвящал значительную часть своего времени. При этом возможности системы также позволяли быстро и на высоком уровне проводить исследования в области эфемеридной астрономии и космической геодезии. Все, кто знали Г. А. Красинского, отмечали широкий круг его интересов и научный диапазон решаемых им задач. Выполненные Красинским в последние годы жизни работы можно разделить на несколько групп:

1. Обработка классических наземных наблюдений для уточнений эфемериды Юпитера, определения взаимной ориентации каталога HIPPARCOS и эфемериды DE, уточнения селенодезической системы координат;

2. Построение высокоточной релятивистской теории движения планет и теории орбитально-вращательного движения Луны на основе обработки всех доступных наблюдений;

3. Определение масс малых тел Солнечной системы;

4. Построение теории вращения Земли и определение геодинимических параметров из анализа лазерных и РСДБ-измерений;

5. Организация и обработка одних из первых в мире РСДБ-наблюдений ИСЗ — геостационаров и навигационных спутников;

6. Коллективные работы в рамках комиссий МАС по созданию системы фундаментальных астрономических постоянных, определению параметров вращения планет, их спутников, малых планет, а также по построению теорий движения планет и теорий орбитально-вращательного движения Луны ([Luzum et al., 2009](#); [Archinal et al., 2011](#); [Luzum et al., 2011](#); [Fukushima et al., 2010](#)).



Рис. 3. Г. А. Красинский и Майлз Стэндиш обсуждают актуальные проблемы эфемеридной астрономии на 26 Генеральной Ассамблее МАС в Праге

Под руководством и при самом активном участии Г. А. Красинского была создана высокоточная численная теория движения планет Солнечной системы и орбитально-вращательного движения Луны ЕРМ (Эфемериды планет и Луны), которая стоит в одном ряду с эфемеридами серии DE Лаборатории реактивного движения (США) и INPOP Института небесной механики и расчета эфемерид (Франция). В настоящее время эфемериды ЕРМ используются для эфемеридного сопровождения наблюдений спутников ГЛОНАСС и для подготовки Астрономического Ежегодника в ИПА РАН. И, конечно же, построение этих эфемерид целиком и полностью основывается на программном комплексе ERA.

Последние годы жизни Г. А. Красинского в основном связаны с его научными интересами в области радиоастрометрии. Он внес большой вклад в теоретическое обоснование и практическую реализацию отечественной радиоинтерферометрической системы «Квазар-КВО». На первом этапе строительства РСДБ-комплекса большое внимание было уделено тестовым наблюдениям ИСЗ в радиоинтерферометрическом режиме с использованием мобильных станций, оснащенных малыми быстроповоротными антеннами. После проведенных РСДБ-наблюдений навигационных спутников систем GPS и ГЛОНАСС оказалось, что имеющиеся средства корреляционной обработки не обеспечивают точность измерения интерферометрической

задержки, сравнимую с точностью измерений существовавших тогда ГНСС-приемников. Г. А. Красинский в самые короткие сроки решил проблему, разработав первый в истории ИПА РАН программный коррелятор. Кроме высокоточных измерений задержки коррелятор позволял обрабатывать наблюдения в режиме одиночного телескопа и получать псевдодалномерные измерения, а также измерения фазы. Коррелятор Красинского был впоследствии доработан в части пользовательского интерфейса, переведен на язык «С» и стал штатным инструментом для обработки интерферометрических наблюдений ИСЗ.

Можно долго перечислять его работы с использованием РСДБ- и других методов космической геодезии. Даже когда было трудно представить себе, что можно в этой области сделать что-то совсем новое, Г. А. Красинский находил идею и доводил ее до интересных результатов. Например, в работе (Красинский, 1999), были уточнены амплитуда и фазы восьми гармоник вариаций Всемирного времени, обусловленных океаническими приливами. Исследована переменность этих параметров от года к году. В дальнейшем прогресс в технике РСДБ-наблюдений позволил ему получить высокоточные ряды поправок к теоретическому положению небесного полюса и шкалы всемирного времени на интервале 1984–2005 гг. В работе приведены взвешенные среднеквадратические ошибки невязок в угле нутации и в угле прецессии, равные 0.136 mas и 0.129 mas соответственно. Эти ошибки были заметно меньше аналогичных ошибок (0.172 mas и 0.165 mas) в стандартной теории IAU 2000.

Наряду с самыми современными методами космической геодезии Г. А. Красинский использовал и данные классической наземной астрометрии. Так, в работе (Васильев и др., 2000) по Николаевским наблюдениям Галилеевых спутников 1962–1997 гг. была уточнена эфемериды Юпитера. Кроме уточнения эфемериды определены некоторые углы взаимной ориентации каталога HIPPARCOS и эфемериды DE.

В другой работе, где были использованы CCD-наблюдения взаимного положения Галилеевых спутников Юпитера и звезды 104297 Hipparcos 12–14 ноября 1997 г., на основании 439 измерений разностей экваториальных координат выведены нормальные места для положений четырех Галилеевых спутников. Построено нормальное место для положения Юпитера на среднюю дату наблюдений (Casas et al., 1998).

Еще одной оригинальной работой Г. А. Красинского, выполненной совместно с группой сотрудников ИПА РАН, стало уточнение параметров селенодезической системы координат из обработки крупномасштабных снимков Луны. Дело в том, что в свое время использование точных позиционных

наблюдений Луны представляло собой сложную астрометрическую задачу, так как значительный видимый диаметр и нерегулярности лимба затрудняли редукцию измерений к лунному центру. Других наблюдений, кроме оптических, тогда не было, и для решения поставленной задачи были использованы наблюдения 1970–1975 гг. Ордубадской обсерватории. Из анализа фотографических наблюдений лунных кратеров на фоне звезд были получены поправки, характеризующие ориентацию используемых тогда эфемерид DE200/LE200. Найдены поправки к координатам кратеров для уточнения селенодезической системы координат. Все это было сделано на основании идей, предложенных Г. А. Красинским (Алешкина и др., 1998).

Из анализа лазерных наблюдений спутников ЛАГЕОС-1 и ЛАГЕОС-2 в работе (Красинский, 2012) были исследованы вековые и сезонные вариации коэффициента потенциала. Установлено, что кроме хорошо известных годичных вариаций существуют также значительные полугодовые вариации сравнимой амплитуды. Было уточнено теоретическое значение динамического числа Лава — скалирующего фактора близзучных вариаций, индуцированных жидким ядром Земли в коэффициентах геопотенциала.

Несколько работ Г. А. Красинского связано с определением масс малых тел Солнечной системы. Он первым предложил учитывать при построении эфемерид планет Солнечной системы не только массы отдельных астероидов, но и усредненную массу поясов астероидов в виде кольца, расположенного в плоскости эклиптики, с равномерным распределением в нем вещества. В работе (Krasinsky et al., 2001) выполнено сравнение оценок масс астероидов, полученных динамическим и астрофизическим методами. По выведенным массам 300 крупнейших астероидов и на основании теории фрагментации найдены параметры теоретического распределения астероидов в предположении, что в этом наборе отсутствует эффект наблюдательной селекции. Данное распределение экстраполировано на астероиды с малыми массами и получена оценка для общей массы пояса астероидов, хорошо согласующаяся с динамической оценкой. Эти результаты позволили вывести выражение для оценки общего числа малых планет в любом единичном интервале абсолютных звездных величин. Сравнение с наблюдаемым распределением показало, что в то время было открыто около 10 % астероидов с абсолютной звездной величиной менее 14 (согласно выведенному распределению, таких астероидов должно существовать более 100000).

В следующей работе (Krasinsky et al., 2002) общая масса пояса астероидов оценивалась из анализа движения больших планет в процессе обработки высокоточных радиотехнических измере-

ний расстояний до посадочных аппаратов Viking-1, Viking-2 и Pathfinder (1976–1997). Моделирование возмущающих ускорений больших планет учитывало индивидуальные вклады 300 избранных малых планет. Общий вклад всех остальных малых астероидов моделировался как возмущающее ускорение в движении планет, вызванное твердым кольцом в плоскости эклиптики. Масса кольца и его радиус являлись уточняемыми параметрами. Массы 300 возмущающих астероидов были выведены из их опубликованных радиусов и присвоенных астероидам таксономических классов. Поправки средней плотности для каждого класса оценивались в процессе обработки наблюдений. Таким путем были получены оценки общей массы главного пояса астероидов (включая упомянутые 300 астероидов) и скрытая масса в поясе астероидов, оцененная из динамического влияния пояса астероидов на движение планет. Полученные в работе результаты еще раз показали, что можно предсказывать количество малых планет в любом единичном интервале абсолютной звездной величины.

В свое время Г. А. Красинский сделал сугубо теоретическую работу по построению теорий вращательного движения Земли и Луны ([Красинский, 1998](#); [Красинский, 1999](#)). В ней приведен подробный вывод уравнений вращательного движения упругопластического тела, в которых учтены приливные эффекты; уравнения пригодны как для численного интегрирования, так и для аналитического исследования. Во второй части этой работы Г. А. Красинский рассматривает совместную эволюцию вращения Земли и орбитального движения Луны под влиянием диссипации, обусловленной действием лунной приливной силы на неупругую Землю. Методом численного интегрирования на интервале 2 млрд лет прослежены изменения большой полуоси, эксцентриситета и наклона лунной орбиты, а также наклона экватора к эклиптике и угловой скорости вращения Земли. Характерной особенностью эволюции является резкое изменение ее характера в некоторую критическую дату — около 1.46 млрд лет назад, когда продолжительность суток уменьшилась до 16 ч, лунная полуось — до 69000 км, а продолжительность месяца — до 0.8 текущих суток.

Среди теоретических работ Г. А. Красинского следует также отметить работу ([Krasinsky, Brumberg, 2004](#)), в которой был получен значимый вековой тренд изменения величины астрономической единицы. В этой работе авторами делается попытка объяснить такое расхождение различными предположениями. Анализ этих предположений приводит к выводу, что в рамках современных моделей Вселенной абсолютно точных объяснений данного эффекта не существует.



Рис. 4. Г. А. Красинский в последние годы жизни

Заключение

Г. А. Красинский был ученым широчайшей эрудиции, обладал огромными знаниями не только в своей области, но и в науке вообще. Кроме того, он был неиссякаемым генератором идей, глубину которых мы, сотрудники его лаборатории, его научные коллеги и оппоненты, начинаем осознавать только сейчас.

Г. А. Красинский обладал несомненным организаторским и педагогическим даром. Под его руководством было защищено много кандидатских и докторских диссертаций. Он умел подбирать научные задачи для своих сотрудников так, чтобы они не просто соответствовали уровню конкретного исследователя, но были близки к пределу его возможностей. Это делало нашу работу чрезвычайно интересной и заставляло постоянно повышать свой уровень.

Г. А. Красинский был на голову выше нас, и когда он объяснял задание, чиркая что-то на бумаге ручкой, мы кивали, а затем пытались забрать с собой эти бумажки, чтобы на досуге понять, что от нас требуется. Довольно долго выясняли, читали литературу, спрашивали у коллег, пока не понимали, что эти знаки в его объяснениях — единственный путь решения проблемы. Не обходилось без различных казусов и споров, но идеологически Г. А. Красинский всегда был прав.

Этот человек всегда отличался принципиальностью, неприятием лжи, высокой требовательностью как к себе, так и к своим сотрудникам. Столкнувшись с чем-то, что казалось ему неправильным, непорядочным или ложным, Георгий Альбертович высказывал свое мнение без оглядки на авторитеты или начальство. При этом сам он был очень щедр и справедлив по отношению к коллегам, всегда учитывал даже небольшой вклад в работу любого сотрудника при написании научных статей, докладов или отчетов, добиваясь включения всех принимавших участие в работе в соавторы публикации.

Особенное место в жизни лаборатории занимали обеденные чаепития. К нам частенько заглядывали сотрудники других лабораторий, и чаепитие превращалось в научный диспут, чтение стихов, беседы о живописи, о Российской и мировой науке. Общение с некоторыми коллегами продолжалось и за пределами лаборатории, например во время небольших пеших или байдарочных походов.

Г. А. Красинского очень ценили наши зарубежные коллеги. Один из ведущих специалистов в области эфемеридной астрономии Майлз Стэндиш (JPL, USA) писал: «Для меня было честью знать Джорджа Красинского как профессионала и как личность. Я познакомился с Джорджем, когда он сформировал первоклассную группу коллег, создавших впоследствии лунные и планетные эфемериды в ИПА РАН. Я был очень впечатлен результатом, зная, что подавляющая часть работы по созданию эфемерид была проделана именно им. Я всегда был рад поделиться данными наблюдений с Джорджем, моим другом, которым можно было восхищаться и которому можно было доверять».

Он умер очень неожиданно, в какой-то момент казалось, что Георгий Альбертович победит болезнь, как он обычно побеждал сложности, возникающие на его пути в области науки. Болезнь оказалась сильнее, но его богатое наследие продолжает жить, развиваться и активно использоваться в современных научных исследованиях.

Благодарности

Авторы благодарны коллегам, друзьям, семье Г. А. Красинского и особенно его дочери Анне за помощь и поддержку при написании этой статьи.

Литература

Агамирзян И. Р. Система технологической поддержки разработки трансляторов «ШАГ». Подсистема построения анализаторов // Алгоритмы небесной механики. 1986. № 46. 32 стр.

Агамирзян И. Р., Бреслав О. Д., Красинский Г. А. и др. ЭРА — проблемно-ориентированная система, основанная на табличном подходе // Сб. 111 — «Всесоюзная

конференция Автоматизация производства систем программирования». Тезисы докладов. Таллин: 1986. С. 97–99.

Агамирзян И. Р., Красинский Г. А., Новиков Ф. А., Скрипниченко В. И. Автоматизированная система эфемеридных расчетов астрономии // Сборник «Всесоюзная школа — семинар «Динамика механических систем». Тезисы докладов». Томск: 1986.

Алешкина Е. Ю., Красинский Г. А., Рахимов Л. И., Ризванов Н. Г. Уточнение селенодизической системы координат из обработки крупномасштабных снимков Луны // Труды ИПА РАН. 1998. Вып. 3. Астрометрия и геодинамика. С. 88–95.

Бабаев И. О., Лавров С. С. Развитие автоматизированной системы решения задач СПОРА // Сб. Инструментальные системы. Пакеты прикладных программ. М.: Наука, 1987. С. 5–17.

Васильев М. В., Красинский Г. А. Универсальная система программирования для эфемеридной и динамической астрономии // Труды ИПА РАН. 1997. Вып. 1. Астрометрия и геодинамика. С. 228–248.

Васильев М. В., Красинский Г. А., Свешников М. С. и др. Уточнение эфемериды Юпитера по Николаевским наблюдениям галилеевых спутников 1962–1997 // Труды ИПА РАН. 2000. Вып. 5. Радиоастрометрия и эфемеридная астрономия. С. 176–188.

Красинский Г. А. Вариации коэффициента J_2 геопотенциала и динамического числа Лава k_2d из анализа лазерных измерений ЛАГЕОС-1 и ЛАГЕОС-2 // Труды ИПА РАН. 2012. Вып. 25. С. 108–128.

Красинский Г. А. Влияние океанических приливов на всемирное время по РСДБ-наблюдениям 1984–1988 гг. // Труды ИПА РАН. 1999. Вып. 4. Астрометрия, геодинамика и небесная механика. С. 12–21.

Красинский Г. А. Вычисление полиномов Ньюкома на быстродействующих вычислительных машинах // Бюл. ИТА. 1970. Т. 2, № 6 (139). С. 474–476.

Красинский Г. А. Исследование движения больших планет и Луны на интервале 1715–2000 гг. и уточнение некоторых астрономических параметров: Автореф. дис. д-ра физ.-мат. наук. ГАО НАНУ. Киев. 1988. С. 1–29.

Красинский Г. А. Малые планеты / под ред. Н. С. Самойловой-Яхонтовой. 1973. Гл. 5–7. С. 81–203.

Красинский Г. А. Приливные эффекты во вращательном движении Земли и Луны. Часть 1. Математическая модель // Труды ИПА РАН. 1998. Вып. 3. Астрометрия и небесная механика, С. 96–124.

Красинский Г. А. Приливные эффекты во вращательном движении Земли и Луны. Часть 2. Эволюция вращательного движения Земли и орбиты Луны // Труды ИПА РАН. 1999. Вып. 4. Астрометрия, геодинамика и небесная механика. С. 174–198.

Красинский Г. А. Система для автоматизации эфемеридных вычислений МАМОНТ-81 // Алгоритмы небесной механики (материалы математического обеспечения ЭВМ). 1982. № 39, С. 3–33.

Красинский Г. А., Питьева Е. В., Свешникова М. Л., Свешникова Е. С. Уточнение эфемерид внутренних планет и Луны по радиолокационным, лазерным измерениям 1961–1980 гг. // Бюллетень ИТА АН СССР. 1982. Т. 15, №3 (166). С. 145–175.

Красинский Г. А., Пиус Л. Ю. Вековые возмущения больших планет // Набл. ИСЗ. 1972. № 62. С. 93–112.

Новиков Ф. А. Архитектура системы ЭРА – Табличный подход к обработке данных // Препринт ИПА РАН 1990. N 16. С. 1–31.

Финкельштейн А. М., Ипатов А. В., Смоленцев С. Г. Радионтерферометрическая сеть «Квазар» — научные задачи, техника и будущее // Земля и Вселенная. 2004. N 4. С. 12–27.

Archinal B. A., A'Hearn M. F., Bowell E., et al. Report of the IAU working group on cartographic coordinates and rotational elements: 2009 // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2011. no. 109(2). P. 101–135.

Casas R., Krasinsky G. A., Yagudina E. I. CCD observations of relative positions of Galileean satellites of Jupiter and stars 104297 Hipparcos (1997 November 12–14) // Communications of IAA. 1998. no. 117. P. 1–18.

Fukushima T., Kaplan G. H., Krasinsky G. A., et al. Commission 4: Ephemerides // Proceedings of the International Astronomical Union. 2010. Vol. 6, Issue T27B (Transactions). P. 116–119.

Krasinsky G. A. On constructing the inertial system of high accuracy by VLBI methods // On Reference coordinate system for Earth dynamics / IAU Coll. 1975. no. 26. P. 381–390.

Krasinsky G. A., Brumberg V. A. Secular Increase of Astronomical Unit from analysis of the major Planets, and its interpretation // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2004. no. 90(3). P. 267–288.

Krasinsky G. A., Pitjeva E. V., Vasilyev M. V., Yagudina E. I. Estimating masses of asteroids // Труды ИПА РАН. 2001. Вып. 6. Астрометрия и небесная механика. P. 114–147.

Krasinsky G. A., Pitjeva E. V., Vasilyev M. V., Yagudina E. I. Hidden mass in the asteroid belt // Icarus 158. 2002. P. 98–105.

Luzum B. J., Capitaine N., Fienga A., et al. Numerical standards of fundamental astronomy // Proceedings of the International Astronomical Union. 2009. Vol. 4, Issue T27A (Transaction). P. 60–62.

Luzum B., Capitaine N., Fienga A., et al. The IAU 2009 system of astronomical constants: the report of the IAU working group on numerical standards for Fundamental Astronomy // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2011. no. 110. P. 293–304.

Shor V. A. Twentieth-century milestones in the history of the Russian ephemeris service: Marking 100 years of the Calculation Institute and astronomical yearbook // ЖНА. 2021. Vol. 52(3). P. 325–351.