

Из истории изучения Луны советскими космическими аппаратами

Начало эпохи космических исследований Луны обозначено датой 4 октября 1959 года, когда советская автоматическая межпланетная станция (АМС) "Луна-3" сфотографировала обратную сторону Луны и передала по телевизионному каналу на Землю полученные изображения.

Этому событию предшествовали новаторские разработки коллективов Особого конструкторского бюро (ОКБ-1), возглавляемого С.П.Королевым, Всесоюзного научно-исследовательского института телевидения под руководством И.А.Роселевича, ряда других научно-исследовательских, конструкторских и производственных предприятий, а также научных коллективов специалистов в области астрономии, планетологии, селенодезии и картографии. Среди последних лидирующее положение занимал руководимый Юрием Наумовичем Липским коллектив ученых Отдела Луны и планет ГАИШ.

Юрий Наумович Липский обладал качествами руководителя, необходимыми для того, чтобы собрать вокруг себя энтузиастов-единомышленников и направлять их на путь плодотворной научной деятельности. Он был импозантен, доброжелателен, но требователен и имел собственный творческий научный потенциал, обеспечивающий ему авторитет. Он был коммуникабелен и умел строить отношения с другими научными коллективами, избегая ненужного соперничества и трений. Ю.Н.Липский сумел обеспечить себе и ГАИШ твердые позиции в вопросах приоритета по обработке и научной интерпретации первых в истории изображений обратной стороны Луны.

Главной задачей того времени было развитие представлений о Луне как небесном теле в целом. Научный коллектив, руководимый Ю.Н.Липским, сосредоточился на проблеме глобального картографирования Луны с привлечением всей информации о ней, получаемой из наземных и космических наблюдений. В результате был создан полный картографический образ планеты, и одно за другим стали появляться уникальные картографические произведения - глобусы, карты, атласы, составленные по данным съемок с советских АМС: "Луна-3", "Зонд-3, 6, 8", - и американских: "Лунар-Орбитер - 1, 2, 3, 4, 5". Для картографической интерпретации таких съемок под руководством Ю.Н.Липского были разработаны необходимые методики и приборы, благодаря которым изображения космических снимков преобразовывались в проекцию глобуса и карты.

Важной чертой Ю.Н.Липского было то, что он доводил научные разработки до практической реализации, результатом которой были тиражи карт и глобусов, поступавших в продажу. Здесь многое решали инициативность и энергия Ю.Н.Липского, его коммуникабельность. В картографических и издательских работах участвовали организации Военно-топографической службы и Главного управления геодезии и картографии и требовалась значительная организаторская деятельность. Личные черты Ю.Н.Липского, сложившиеся в немалой мере в результате его жизненного опыта, как боевого артиллериста в годы Великой Отечественной войны, привлекли к нему талантливую молодежь, ставшую продолжательницей его трудов и традиций основательности и результативности в науке. Хотелось бы отметить, что в теперешнем составе Отдела Луны и планет трудятся в основном его ученики, а руководитель отдела В.В.Шевченко унаследовал от своего учителя его лучшие черты и традиции.

Юрий Наумович Липский в своей деятельности был связан с рядом научных коллективов других организаций, в частности с кафедрой аэросъемки МИИГАиК, а затем Отделом иконоки и космометрии ИКИ АН СССР, руководителем которых в те поры был автор этих строк.

Работы кафедры аэросъемки по лунной тематике начаты в 1966 году. Их инициатором был ассистент Б.В.Непоклонов, который познакомившись с разработчиками телевизионной системы АМС "Луна-9", совершившей мягкую посадку на Луне 3 февраля 1966г., загорелся идеей принять участие в обработке переданных этой станцией панорам лунной поверхности. Телевизионное устройство, установленное на этой станции, было разработано и создано в Научно-исследовательском институте космического приборостроения (ныне ИКП) под руководством Ю.К.Ходарева и А.С.Селиванова, ведущими разработки были В.М.Говоров, М.Н.Нараева и В.В.Засецкий, устройство принадлежало к типу систем механического телевидения, в котором местность обозревается единичным лучом, сканирующим пространство с использованием электромеханического привода.

Удалось получить задание на эту работу, но при ее выполнении встретились трудности, так как геометрия подобной панорамной съемки была ранее не известна, неизвестен был и метод использования панорам для построения топографических планов заснятой местности. Хотелось бы отметить добрую поддержку корифеев фотограмметрии Г.В.Романовского, В.И.Кораблева, Н.И.Соколова, отчески благословивших молодой коллектив кафедры аэросъемки на эту новую, необычную работу. Юрий Наумович Липский также благожелательно отнесся к нашим начинаниям, но высказал весьма важное предупреждение о лежащей на нас большой ответственности. Вспомним, что передача телевизионных сигналов со станции "Луна-9" была перехвачена английскими астрономами Б.Ловеллом и Д.Девисом, которые догадались воспроизвести их на фототелеграфном аппарате и получили панорамы лунной поверхности, тотчас же опубликовали их, и они стали известны всему миру.

Здесь уместно вспомнить и о произошедшем курьезе. Б.Ловелл и Д.Девис не учли, что английский стандарт фототелеграфа равен 2 гц, а советский - 4 гц. При воспроизведении телевизионных панорам масштаб по горизонтальному направлению оказался у них вдвое меньше, чем по вертикальному. Из-за этого кратеры получились не круглыми, а овальными, что дало пищу некоторым горячим головам выдвигать гипотезы об особом генезисе мелких кратеров на лунной поверхности. Недоразумение разъяснилось в результате наших работ.

Теория и практические приемы фотограмметрической обработки панорам, были разработаны автором этих строк, и они позволили создать первые в истории топографические планы лунной поверхности в масштабе 1:20 и 1:40. Результаты работ опубликованы в монографии [1]. На рис.1 помещен буклет, в верхней части которого расположена панорама как ее передала АМС "Луна-9", в середине - топографический план, справа фотографическая развертка фрагмента панорамы в план. Под панорамой видны автографы разработчиков системы, в нижней части - автографы составителей плана.

Был применен метод графических засечек по углам, определенным по координатам, снятым с панорамы. Вычисления делались на ЭВМ под руководством А.П.Тищенко при участии Ю.Л.Бирюкова и И.В.Исавниной. Засечки строили Ю.И.Фивенский и А.И.Томилова с помощью простого устройства, предложенного Я.Л.Зиманом. Ю.М.Чесников и Б.С.Дунаев выполнили фоторазвертку фрагмента панорамы. Элементы топографической ситуации - кратеры, камни и пр. изящно вычертил А.М.Лосяков. Б.В.Непоклонов пытался решить задачу построения плана аналитическим путем, однако попытка окончилась неудачей ввиду недостаточности обусловленности уравнений засечки. Аспирантом кафедры В.В.Киселевым была разработана и реализована методика обработки сканерных панорам на универсальном оптико-механическом фотограмметрическом приборе "Стереопланиграф". К этим работам были привлечены также специалисты Фотограмметрической лаборатории института Гидропроект, руководимой А.Г.Прохоровым.

Научные разработки и накопленный опыт впоследствии были использованы для иконографической интерпретации панорам, переданных АМС "Луна-13" и Луноходами 1 и 2.

Познакомившись с работами по созданию топографических планов места посадки АМС "Луна-9" и зная о наших разработках в области аэрокосмического аэрофотоаппаратостроения, сотрудники ОКБ-1 О.Н.Лебедев и А.Л.Пещерский обратились к нам с предложением проработать вопрос о возможности фотографирования Луны с аппаратов Л-1, предназначенных для облета Луны с возвращением на Землю. Габаритно-весовые и энергетические допуски на фотосъемочную аппаратуру нам указал заместитель главного конструктора ОКБ-1 П.В.Цыбин. Выяснилось, что имеющиеся серийные топографические аэрофотоаппараты, которые могли бы послужить прототипами для космического фотоаппарата, по своим габаритно-весовым характеристикам не укладываются в допуски. Заведующий отделом К.П.Феоктистов, курировавший научные эксперименты на космических объектах, высказал ряд рекомендаций по режиму работ аппарата и телеметрическому сопровождению съемки. В результате предпринятых нами инженерно-конструкторских изысканий было найдено техническое решение об использовании серийного разведывательного аэрофотоаппарата БАФ-40 и его доработке применительно к условиям съемки с "Л-1". Доработка заключалась в том, что были сконструированы и изготовлены дополнительные устройства и узлы, обеспечивающие телеметрирование работы частей фотоаппарата и повышение его изобразительных и фотограмметрических свойств. Новинкой того времени был разработанный и встроены в командный прибор портативный магнитофон, на котором фиксировалось бортовое время, моменты срабатывания и режим работы фотозатвора. Указанные доработки выполнены замечательными инженерами - умельцами кафедры В.П.Дубенским, А.Ф.Михайловским, конструктором А.С.Дорофеевым и оптико-механиками экспериментально-производственных мастерских МИИГАиК А.А.Ковригиным и М.П.Кондратьевым.

С помощью наших фотоаппаратов, получивших название БАФ-40КМ (космический, МИИГАиК) по программе, предложенной автором этих строк, была выполнена съемка с АМС "Зонд-6" (14 ноября 1968г.) и "Зонд-8" (24 октября 1970г.). Согласно программе в обоих полетах состоялись два сеанса съемки.

В первом сеансе на последнем этапе подлета к Луне со стороны ее западного полушария на высоте около 11 000км над лунной поверхностью станции ориентировались так, что фотоаппарат был направлен на центр планеты. Задачей этого сеанса было фотографирование полного освещенного диска Луны так, что в поле зрения попадали видимая с Земли и невидимая части западного полушария планеты. Это позволило получить изображение лимбов (горизонта) в сечениях, перпендикулярных сечениям, наблюдаемым с Земли. Во втором сеансе фотоаппарат ориентировался на Землю, которая была сфотографирована в процессе ее захода за горизонт Луны. Съемка продолжалась до середины обратной стороны планеты и была прекращена после прохождения через ее терминатор.

К сожалению, съемка с "Зонд-6" не дала ожидаемого результата в той мере, которая предусмотрена программой, так как по оплошности технического персонала на фотоаппарат не был надет светонепроницаемый чехол, и при "жесткой" посадке на Землю кассета была повреждена, и часть пленки оказалась засвеченной. "Зонд-8" принес обширную фотоинформацию, которая интерпретирована многими научными коллективами у нас и за рубежом, в частности Отделом Луны и планет под руководством Ю.Н.Липского, о чем упоминалось выше.

Научный коллектив, разработавший и осуществивший проект съемки с упомянутых объектов "Л-1", по ряду причин был вынужден в 1970 году перейти в Институт космических исследований АН СССР. Уже будучи в составе ИКИ, мы провели с помощью указанных снимков исследования, которые нашли отражение в публикациях [2],[3]. Наиболее важным результатом были открытие автором на обратной стороне обширной низменности, названной нами Юго-Западная, а также оценка геометрической фигуры планеты в сечении, перпендикулярном к видимому с Земли, открытие вблизи Южного полюса высочайших на Луне образований рельефа, распространение на невидимую часть западного полушария селенодической системы координат. Оригинальные негативы хранятся в Государственном университете геодезии и картографии (бывший МИИГАиК), первые копии имеются у автора и Государственном астрономическом институте им. Штернберга, часть экземпляров передана в Казанский государственный университет и доктору М.Девису (Rand Sijroation). Имеются публикации исследований ряда научных коллективов, основные результаты изложены в III-м томе Атласа обратной стороны Луны, подготовленного под руководством Ю.Н.Липского [3].

Сотрудничество Отдела иконоки и космометрии ИКИ с Отделом Луны и планет ГАИШ проходило также при реализации миссии советских передвижных лабораторий "Луноход-1" и "Луноход-2", созданных коллективом ведущих организаций по космической технике во главе с ОКБ имени С.А.Лавочкина, возглавлявшегося Г.Н.Бабакиным. Автору довелось вместе с Ю.Н.Липским участвовать в первых широкоэшелетельных телепередачах о "Луноходе-1" (17 ноября 1970г.) и совместно комментировать поступающие с него изображения. В программе работы Луноходов был раздел: изучение топографии местности по трассе их движения. Головным исполнителем по этому разделу выступал Отдел иконоки и космометрии ИКИ. Исходной информацией служили телевизионные панорамы, передаваемые Луноходами при остановках вблизи примечательных объектов лунной поверхности. В центре управления в г.Симферополе постоянно находился наш сотрудник Б.В.Непоклонов, который консультировал водителей К.К.Давидковского и В.Г.Самалю.

На Луноходе имелись устройства механического телевидения, аналогичные использовавшимся на станциях "Луна-9" и "Луна-13". Новшеством были разработанные автором совместно с А.А.Стуловым шариковые уровни. По их изображениям определяли местную вертикаль, необходимую для построения панорам планов методом, упомянутым выше. Для обзора местности при вождении самоходного аппарата предназначались курсовые камеры малокадрового телевидения. Передаваемые ими изображения позволяли водителям видеть препятствия, выбирать направления движения и делать повороты в нужные стороны, а также выбирать объекты для панорамирования. Автором была предложена методика оперативного использования этих изображений для построения топографических схем лунной поверхности по трассе движения Лунохода (Рис.2). Результаты исследований топографии Луны по маршрутам Луноходов описаны в публикациях [5], [6].

Эпоха картографирования и изучения Луны с помощью космических аппаратов типа "Луна", "Зонд", "Аполлон" ушла в историю. За прошедшие десятилетия достигнуты новые успехи в части съемок лунной поверхности, альтиметрического измерения рельефа, изучения гравитационного поля планеты и морфологии лунных образований. Примечательно, что новые данные не опровергают результаты наблюдений и открытий, а дополняют их и углубляют толкование селенологических проблем. К наиболее значимым из них относится проблема создания модели гравитационного поля Луны, в которой важное место занимает изучения связи зон концентрации масс вещества в теле планеты (масконов) с ее внешним обликом, выражающимся в характере образований на ее поверхности и рельефом. Здесь может быть интересна любая информация, освещающая проблему с какой-либо своеобразной стороны, не нашей предшественников в прежних публикациях.

На рис.3 изображен фрагмент схематической контурной карты региона Юго-Западной низменности, составленной по поручению автора сотрудниками МГУ им. М.В.Ломоносова в 1976 г..

Мы нанесли на эту карту некоторые линейные данные обработки снимков, полученных "Зондами-6,8", что позволило сделать ряд оценок геометрического и площадного характера.

На рис. 4 показаны фрагменты опубликованных в [2] и [3] профилей лунного рельефа, отображающие вид лунного горизонта, запечатленного на фотоснимках, полученных с высоты 10 000 км. Они построены как проекции точек горизонта (лимба) на картинную плоскость, каковой является плоскость кадрового окна фотоаппарата. Лимб аппроксимирован дугой окружности, принимаемой за начало отсчета высот видимого рельефа. Значения высот в отдельных точках горизонта откладывались от аппроксимирующей окружности в радиальных направлениях с 20-ти кратным увеличением. На поверхности Луны аппроксимирующая окружность является дугой малого круга радиусом 1715 км, лежащей в секущей плоскости, параллельной картинной плоскости фотоаппарата.

На карте (рис.3) проведены мнимые следы сечений дуг малого круга, аппроксимирующих лимбы, наблюдавшиеся с "Зондов-6 и 8".

Относительно этих следов на карте нанесены положенные на бок профили, взятые из [2], [3]. Этим достигается некоторая наглядность представления о связи высот по профилю с отдельными образованиями лунной поверхности. Точки профилей соответствуют точкам местности, лежащим непосредственно на следах лимбов. Сопоставление нанесенных таким образом профилей и лимбов с картой позволяет сделать привязку определяемых по профилю высот отдельных элементов рельефа, к образованиям лунной поверхности.

Видим, что лимб "Зонда-8" сечет кольцевое образование, называемое Аполлон, по линии, проходящей через центр кольца. Это сечение отражено на профиле (рис. 4) точками 1,2,3,4,5. В [3] дана соответствующая интерпретация, из которой следует, что точка 1 лежит на 4,0 км выше аппроксимирующей сферы, а точка 4 на 7,1 км ниже, то есть перепад высот между ними равен 11,1км. Видим также, что линия лимба, наблюдаемого с "Зонд-6", проходит по периферии образования Аполлон, и профиль его сечения не отражает его внутренний рельеф.

Оба сечения показывают, что в широтном направлении Юго-Западная низменность имеет протяженность более 1000 км.

На карту мы наложили также профиль, построенный по данным альтиметрирования с американского космического корабля "Аполлон-15" [7]. Имеется качественное согласие между профилями, построенными по лимбам, наблюдавшимся с "Зондов-6 и 8" и построенным по данным альтиметрирования с "Аполлон-15".

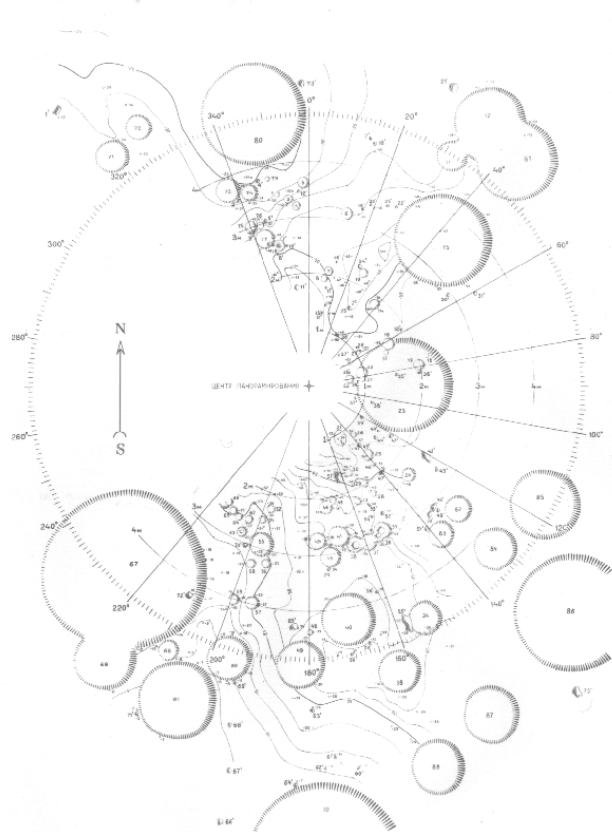
Изложенные факты истории изучения Луны свидетельствуют о том, сколь плодотворно было сотрудничество упомянутых научных коллективов и сколь значительна была в этом роль Юрия Наумовича Липского. Автор пользуется случаем выразить коллегам, участвовавшим в этих работах, свою глубокую признательность и пожелать коллективу Отдела Луны и планет ГАИШ во главе с В.В.Шевченко новых творческих успехов.

Литература

1. Первые панорамы лунной поверхности, ч. I и II, "Наука", М. 1966, 1969.
2. Новые данные о фигуре и рельефе Луны по результатам обработки фотографий, доставленных "Зондом-6". Б.Н.Родионов, И.В.Исавнина, Ю.Ф.Авдеев и др., "Космические исследования", т. IX, вып. 3, 1971, с. 450-458.
3. Изучение рельефа обратной стороны Луны по фотографиям КА "Зонд-8", Б.Н.Родионов, А.А.Нефедьев, М.И.Шпекин и др., "Космические исследования", т. XIV, вып. 4, 1976, с. 624-629.
4. Атлас обратной стороны Луны, ч. III. "Наука", М. 1975, с. 221.
5. Передвижная лаборатория на Луне "Луноход-1", ч. I, II, "Наука", М. 1971, 1978.
6. Топографические съемки на лунной поверхности с советских автоматических космических аппаратов. Б.Н.Родионов, Б.В.Непоклонов, В.В.Киселев и др. "Геодезия и картография", №10, 1973, с. 29-41.
7. W. R. Wollenhaupt, W. L. Sjorgen, The Moon 4, 3/4, 1972.



Handwritten notes in Cyrillic script, possibly describing the location or mission details.



Handwritten notes and signatures in Cyrillic script, including the name 'Рогов' and other illegible text.

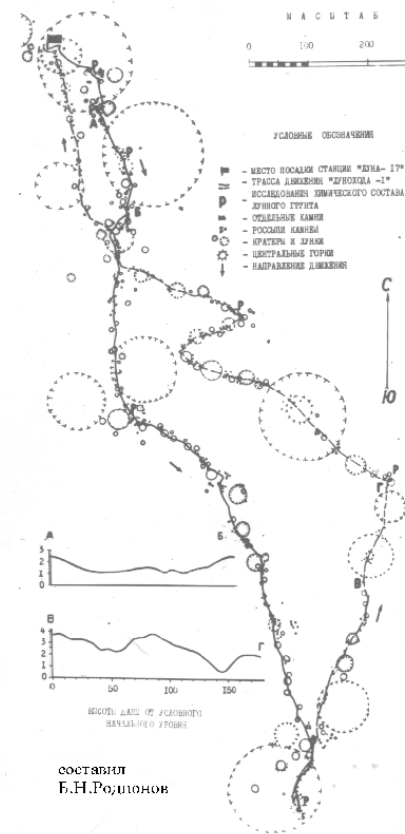


ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА
МАРШРУТА
"ЛУНОХОДА-1"



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- - МЕСТО ПОСАДКИ СТАНЦИИ "ЛУНА-17"
- - ТРАССА ДВИЖЕНИЯ "ЛУНОХОДА-1"
- - КОМПОНЕНТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОСТАВА
- - ЛУНОГО ГРУНТА
- - СЛЕДЫ КАМНЕЙ
- - ГОРНЫЕ КАМНИ
- - КРАТЕРЫ И ЛУНЫ
- - ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ГОРЫ
- - НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ

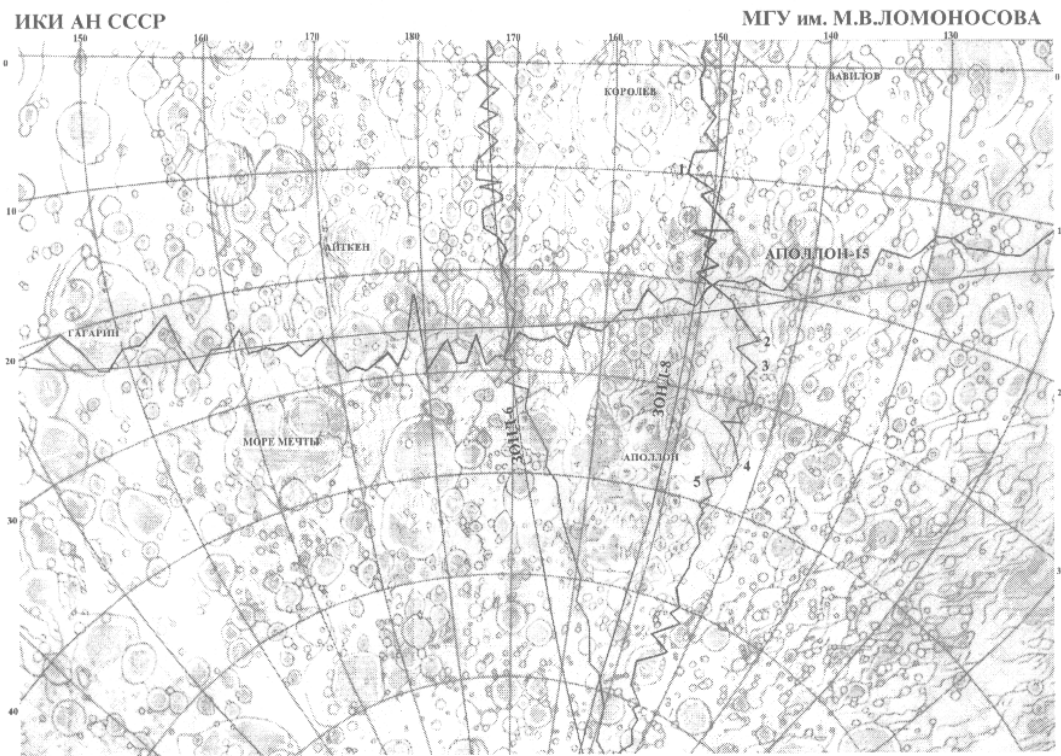


составил
Б.Н.Родионов

Рис.1. Буклет. Топографический план места посадки автоматической лунной станции "Луна-9".

Рис.2.

**СХЕМАТИЧЕСКАЯ КОНТУРНАЯ КАРТА
ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ
РЕГИОНА ЮГО-ЗАПАДНОЙ НИЗМЕННОСТИ**



Масштаб (по меридиану 170 гр. з.д.) 1:20 000 000

Проекция Зольднера-Кассини

Рис.3. Условные профили рельефа по данным "Зонд-6,8" и "Аполлон-15".

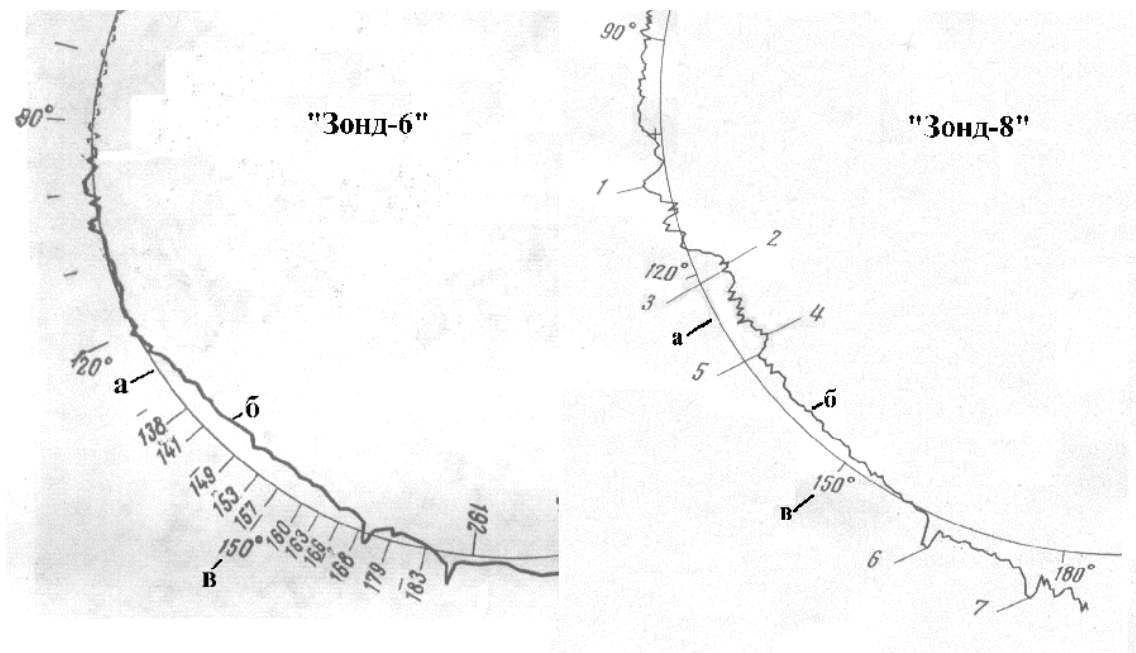


Рис.4. Профили сечений рельефа луны по линиям лимбов, наблюдавшимся с "Зондов-6 и 8": а - след дуги малого круга $r=1715\text{км}$; б - профиль; в- позиционные углы.

Резюме.

Краткий исторический обзор некоторых работ по картографическому изучению Луны, выполненных в Советском Союзе коллективами сотрудников ГАИШ, МИИГАИК, ИКИ по материалам съемок с космических аппаратов типа “Луна”, ”Зонд”, ”Луноход” в 1960-1978 г.г., позволивших получить ранее неизвестные данные о микрорельефе лунной поверхности, геометрической фигуре планеты и мегаобразованиях на её обратной стороне, в том числе о Юго-Западной низменности.