

Проф. Г. М. Франк

## ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТ ЭЛЬБРУССКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

В 1938 г. в июле и августе продолжала свои работы пятая по счету Эльбрусская комплексная научная экспедиция Академии Наук СССР. Как и в прошлые годы, в задачу экспедиции входило дальнейшее развитие исследований из области физики, геофизики, физиологии и медицины, требующих постановки экспериментов на высоте 3—4—5 тысяч метров над уровнем моря.

При утверждении плана экспедиции на 1938 г. было предложено сконцентрировать свое внимание прежде всего на развитии следующих четырех областей: а) изучении космической радиации, б) вопросах атмосферной оптики, в) вопросах аэрологии и электрических явлений в атмосфере, г) вопросах высотной физиологии.

Все эти вопросы в той или иной мере непосредственно связаны с изучением стратосферы и освоением высоты человеком.

Изучение космических лучей чрезвычайно эффективно проводить на высоте, в горах. Связано это не только с тем, что на уровне 4—5 тысяч метров многократно возрастает общая интенсивность космических лучей, но и возможно исследование явлений, вообще не наблюдающихся на уровне моря.

На этих же высотах открываются широкие возможности для постановки работ по атмосферной оптике. Выходя за пределы нижних — наиболее запыленных и задымленных слоев атмосферы, — мы получаем совершенно иные условия для изучения особенно сильно поглощаемой ультрафиолетовой радиации солнца (прямой и рассеянной), для изучения структуры высших слоев атмосферы оптическими методами.

Целый ряд весьма существенных вопросов геофизики, в частности аэрологии и атмосферного электричества, может быть с успехом разрешаем в условиях высокогорной научной экспедиции.

Наконец, физиологические исследования, направленные не только на изучение тех глубоких изменений, которые наступают в организме человека на высоте при кислородном голодании, но и на активную борьбу с явлениями горновысотной болезни, на создание условий, максимально благоприятствующих работоспособности человека при длительном пребывании на высоте, имеют первостепенное значение.

Вся эта обширная программа выполнялась в комплексной — совместной работе ряда научных учреждений, объединяемых в Эльбрусской экспедиции, состоявшей до последнего времени при Комиссии по изучению стратосферы Академии Наук и работавшей под общим руководством акад. С. И. Вавилова. В экспедиции 1938 г. вопросами космических лучей занималась группа Физического института Академии Наук под руководством В. И. Векслера, а вопросами атмосферной оптики — группа под руковод-

ством С. Ф. Родионова, сформированная Комиссией по изучению стратосферы.

Геофизические исследования проводились Главной геофизической обсерваторией, начальник группы Гордов, и кафедрой геофизики Ленинградского университета, начальник группы Краев.

Физиологические и медицинские работы в основном были представлены двумя большими группами Всесоюзного института экспериментальной медицины: одна, физиологическая, под руководством Жукова, и другая, с биохимическим уклоном, под руководством проф. Владимирова.

Помимо этого, в экспедиции участвовал также и ряд работников Военно-медицинской академии и Третьего медицинского института (Ленинград) также под руководством проф. Владимирова.

Всего научный состав экспедиции составлял 50 человек. Кроме того, вспомогательный состав —> организационный аппарат, служба связи, транспорт, работники питания и т. д. — 27 человек.

Как и в прошлые годы, первая основная база экспедиции была развита в Терсколе на высоте 2 200 м, у конца автомобильной дороги Налчик — Эльбрус. Сюда прибывал весь состав экспедиции, проходил здесь необходимый первый период акклиматизации, производилась сборка и опробование аппаратуры, подготавливались все необходимые мероприятия для разворачивания работы на больших высотах. Как и в прошлые годы, база в Терсколе состояла из палаточного лагеря для проживания личного состава, временного типа построек — кухни, столовой, радиостанции, лабораторных фанерных домиков и т. д. Существенной особенностью экспедиции 1938 г. было то, что все основные работы проводились на высоте 4 250 м. Поэтому Терскол, бывший до сих пор одной из основных научных точек, в 1938 г. играл роль лишь подсобной организационно-научной базы. Здесь в течение всей экспедиции существовала лишь экспедиционная метеостанция и аэрологический пункт, а также биохимическая лаборатория, материал в которую доставлялся сверху, из основных научных точек экспедиции ----- Приют девяти (4 250 м) и Седловины Эльбруса (5 300 м). ;

Благодаря проведенной до высоты 3 800 м дороге, открытой для движения в 1938 г., организации тракторного транспорта до этой высоты и гужевого до самого места работ, удалось забросить на эту высоту 50 т экспедиционного — научного, хозяйственного и строительного — груза. Помимо обеспечения работ всей необходимой аппаратурой это дало возможность в течение июля построить целый городок — девять маленьких фанерных домиков, — утеплить их и создать возможность вести в них как научные работы, так и создать условия для жизни научных работников экспедиции, несравнимые по сравнению с условиями жизни в палатках, имевших место в прошлые годы. Это становится понятным, если принять во внимание, что Приют девяти находится на высоте 4 250 м, в зоне вечного снега; температура воздуха днем около 0° и ночью доходит до —10 —15° при постоянных сильных ветрах. Имеющееся здесь маленькое здание метеостанции ни в коей мере не могло обеспечить нужд экспедиции, и потому постройка фанерного городка явилась решающим моментом, обеспечившим всю высотную часть работ экспедиции. Большое внимание было уделено и организации питания на высоте 4 250 м.

Благодаря этим мероприятиям, более половины научного состава экспедиции работало на этой высоте более 30 дней.

В 1938 г. удалось значительно расширить также и работу на Седловине Эльбруса, на высоте 5 300 м. Как и в прежние годы, базой для работ служила туристская хижина, которую в этот сезон, однако, удалось значительно переоборудовать. Вся хижина была утеплена войлоком, было

проделано специальное окно, организовано отопление керосиновой печкой и т. д. Мы отмечаем эти, казалось бы, столь мелкие подробности, которые, однако, стоили немалого труда, ибо транспорт на высоту 5 300 м с «Приюта девяти» можно организовать только при помощи носильщиков, да и то далеко не во всякую погоду. Основная опасность при сообщении с Седловиной Эльбруса — это потерять дорогу во время столь частых здесь снежных буранов. Для целей организации бесперебойного движения, снабжения работающих наверху научных работников, их своевременной смены и т. д. пришлось весь путь (около 3,5 км) от «Приюта девяти» до Седловины отметить рейками с флажками, забитыми в снег каждые 10—15 м пути. Эти отметки пути и переоборудование хижины, проделанные в очень трудных условиях под руководством начальника альпийской части экспедиции Маркелова, обеспечили по сравнению с прошлыми годами значительно больший масштаб работы на высоте 5 300 м. В частности, впервые на этой высоте были проведены большие работы с космическими лучами. Отдельные участники экспедиции проработали здесь до 11 дней.

Помимо базы в Терсколе, основной научной точки на Приюте девяти, и высотной лаборатории на Седловине Эльбруса, ряд научных работ, правда незначительное время, проводился на так называемом Кругозоре — высота 3 000 м — точке, промежуточной между Терсколом и Приютом. Здесь для лабораторных работ было использовано помещение гостиницы Интуриста.

Как и в прошлые годы, все научные лагеря и базы экспедиции были связаны радиосетью и были снабжены электроэнергией от специально заброшенных бензино-электрических агрегатов.

В рамках настоящей статьи мы не имеем возможности исчерпывающим образом изложить результаты работ Эльбрусской экспедиции по всем разделам, поэтому ограничимся только упоминанием о работах, особенно заслуживающих внимания. Прежде всего следует остановиться на исследованиях космического излучения.

В экспедиции 1937 г. Векслер и Исаев впервые применили разработанный ими новый метод исследования космических лучей, так называемые пропорциональные счетчики или пропорциональные усилители. Этот метод отличается от обычного метода счетчиков Гейгер-Мюллера тем, что позволяет не только считать число частиц, но и определять их ионизирующую способность. Больше того, установка с пропорциональным счетчиком может быть «настроена» таким образом, что избирательно регистрирует частицы, обладающие ионизирующей способностью не менее определенной заданной величины. Именно благодаря этому совершенно новому и до сих пор нигде не применявшемуся методу, в экспедиции 1937 г. были впервые обнаружены в составе космического излучения сильно ионизирующие частицы, обладающие сравнительно большой массой. Возможность существования такого рода частиц до того времени предполагалась лишь на основании косвенных соображений и единичных фотографий следов в камере Вильсона. Одновременно с этим американские авторы (Андерсон и Неддермайер) указали на наличие тяжелых электронов с массой, превышающей во много раз массу обычного электрона. Дальнейшее исследование обнаруженных на Эльбрусе частиц выяснило, что последние обладают массой в 50—300 раз большей, чем электроны, и следовательно, соответствуют частицам, существование которых в значительной мере по косвенным соображениям было показано американскими физиками. Если до сих пор в мировой литературе существует самое большое 7—8 фотографий следов тяжелых частиц, — и благодаря методике пропорциональных усилителей, «избирательно выделяющих» тяжелые частицы, их удалось зарегистрировать более десяти тысяч. Это обстоятельство и дало возможность широко поставить ра-

боты по изучению свойств тяжелых электронов и механизма их возникновения и получить в экспедиции 1938 г. впервые данные в этом направлении первостепенной важности. Так, было промерено возрастание числа тяжелых частиц с высотой до уровня 5 300 м. Было показано, что тяжелые частицы, являясь, как правило, одиночными частицами, связаны с проникающей компонентной космической радиации, т. е. вторично (или третично) создаются этой проникающей компонентной. Однако предположение об образовании тяжелых частиц непосредственно самой проникающей компонентной встречает непреодолимые трудности, т. е. противоречит имеющимся экспериментальным данным. Поэтому пришлось высказать предположение о наличии гипотетической промежуточной неионизирующей частицы, до сих пор не обнаруженной. Эта гипотеза открывает широкие перспективы для дальнейшей работы.

Помимо изучения тяжелых частиц, в экспедиции 1938 г. проводилось исследование и так называемых «обратных ливней» — явления, механизм возникновения которого до сих пор совершенно непонятен. Данные, полученные также при помощи методики пропорциональных усилителей, в свою очередь приводят к совершенно новым гипотетическим построениям.

В области оптических исследований в экспедиции 1938 г. был, прежде всего, продолжен цикл прежних работ, связанных с проблемой атмосферного озона. Прежние годы проводилось изучение распределения энергии в ультрафиолетовой области спектра солнца и рассеянного солнечного света при разных угловых положениях солнца. Измерения подобного рода дают сведения о вертикальном распределении озона в атмосфере, а существенно новым в методике, применявшейся в Эльбрусских экспедициях, было использование для этих целей спектрофотометрических установок со «счетчиками света», разработанными С. Ф. Родионовым. Необычайная чувствительность счетчиков света позволила проводить исследования в наиболее коротковолновой части спектра солнца и при наиболее низком положении солнца, т. е. в условиях, практически недоступных обычному методу спектрофотографии. При этом был найден новый эффект аномального хода интенсивности с изменением углового положения солнца. В 1938 г. была поставлена задача определения спектральных границ этого аномального эффекта, т. е. расширение проделанных исследований в сторону больших длин волн. С этой целью впервые для спектрофотометрии малых интенсивностей был применен каскадный фотоэлемент со вторичной эмиссией (системы Ку-бецкого). В результате оказалось, что аномалия имеет место лишь в обла-

сти длин волн короче 3 200 Å, т. е. в пределах полосы поглощения Гартлея, а следовательно причина аномалий связана со слоем озона в атмосфере.

Одновременно с изучением распределения озона (по вертикали, построение полной теории образования озона под действием ультрафиолетовых лучей требует разрешения чрезвычайно важного вопроса о содержании в атмосфере молекулярного и атомарного кислорода на разных высотах. Поэтому в 1938 г. была поставлена задача абсорбционного анализа в коротковолновой области спектра на разных высотах как метод подхода к этому вопросу. Мощная кадмиевая искра с металлическим рефлектором фотографировалась на различных расстояниях кварцевым спектрографом. Сотни спектрограмм, снятых в этих опытах, не прошли еще в настоящий момент окончательной обработки. Однако на основании проделанных параллельно с фотографированием измерений спектра при помощи установки со счетчиками света можно притти к некоторым немаловажным выводам. Оказалось, что убывание поглощения атмосферы с высотой до 3 000 м над уровнем моря идет согласно барометрической формуле. Высота 4 250 м

дает некоторые отклонения, невидимому, связанные с относительным увеличением содержания атомарного кислорода. Никаких следов гипотетической четырехатомной молекулы до высоты 4 250 м обнаружено не было.

Мы не имеем возможности подробно остановиться на всей области геофизических исследований в экспедиции 1938 г.

Укажем только, что впервые в этом году на Эльбрусе были организованы базисные шаропилотные наблюдения и запуск шаров-зондов. Это дало возможность провести работу по изучению особенностей ветрового режима в горных районах и специально местных периодических ветров, возникающих вследствие теплового воздействия горных склонов на воздушные слои.

Эти исследования имеют не только значение для горного климата, но и являются существенными для построения модели общей циркуляции атмосферы.

Помимо аэрологических работ продолжались исследования электрических явлений в атмосфере. Проведено значительное количество измерений на высоте 4 250 м ионизации воздуха, градиента поля и скорости стечения электрических зарядов с острий.

Новым в области геофизических исследований в 1938 г. явилось также изучение электрических локальных Тюлей в районе Эльбруса.

Были изучены направление, величина, суточный ход потенциалов течения рек, горных токов, а также локальных полей в снеговой области Эльбруса. Взаимосвязь наблюдаемых явлений позволила сделать вывод, что основной причиной, возбуждающей горные токи, являются электрические напряжения течения горных рек. -Горные токи в снежном покрове обусловлены потенциалами фильтрации.

Физиологические исследования в экспедиции 1938 г., как и в прошлых экспедициях, включали широкую систему работ, охватывающую изучение изменений в организме человека при длительном пребывании на высоте. Самым существенным в последней экспедиции было то, что помимо пассивной констатации физиологических сдвигов на высоте была впервые предпринята достаточно развернутая попытка воздействия на организм человека с целью повышения его работоспособности на высоте, с целью повышения его сопротивляемости высотным "факторам". Биохимическое направление работы привело к постановке исследований по выяснению рационального режима питания на высоте, а собственно физиологическое — к изучению механизма и уточнению рецептуры некоторых фармакологических средств, могущих явиться стимуляторами. По первому направлению, в связи с наблюдавшимися изменениями в обмене веществ, основной задачей был поставлен вопрос о соотношении жиров и углеводов в диете. Полученные результаты позволяют наметить как общую калорийность пищи, так и соотношение питательных веществ — белков, жиров, углеводов для лиц, длительно пребывающих на высоте около 4 000 м. По второму направлению на основании выводов из предыдущих экспериментальных работ проводились испытания определенных комбинаций фармакологических веществ. В результате не только лабораторных исследований, но и при достаточно широких испытаниях при восхождении на Эльбрус удалось прийти к выводу, что найдено средство, которое в значительном числе случаев способно предотвратить или по крайней мере ослабить явления горной болезни. Следует отметить два новых метода, применявшихся в физиологических исследованиях экспедиции 1938 г. Первый метод заключался в применении тредбана, своего рода маленького эскалатора для изучения работоспособности человека на высоте. Благодаря этой установке, поставленной в лабораторном домике на высоте 4 250 м, человек мог совершать длительную, точно дозированную, работу, шагая в гору со строго определен-

ной скоростью и в то же время оставаясь на месте. Последнее было необходимо при использовании ряда аппаратуры, установленной в лаборатории для изучения его работоспособности. Вторым методом заслуживает упоминания лишь потому, что он родился в комплексной работе разных специальностей в Эльбрусской экспедиции. Речь идет о применении тех самых пропорциональных усилителей, которые были использованы для изучения космических лучей. В экспедиции 1938 г. они были применены для изучения изменений скорости кругооборота крови в организме при подъеме на большую высоту. Это изменение изучалось при помощи введения в кровь малых количеств эманации радия и измерения скорости ее распространения с током крови, что могло быть уловлено по излучению эманации, измеряемому пропорциональными усилителями.

Эльбрусская экспедиция 1938 г. завершает пятилетний период научных работ на Эльбрусе. За этот период из полкустарной попытки 1934 г. выросла настоящая организация, объединяющая в комплексной работе различные научные учреждения под руководством Академии Наук. Постановление Президиума АН о передаче Эльбрусской экспедиции Институту теоретической геофизики АН является логическим завершением этого первого периода работ. Экспедиция из ежегодной, но все же эпизодически организуемой, превращается в постоянную составную часть Института теоретической геофизики, обеспечивая те работы Института, которые возможно проводить в «горных лабораториях» на высоте до 5 000 м над уровнем моря, одновременно с этим объединяя и другие научные учреждения как в системе Академии Наук, так и других ведомств, и

В работе, проделанной за истекшие пять лет, особенно следует отметить три раздела:

а) Космические лучи — в этой области исторически первая в науке работа с камерой Вильсона в 1934 г. на высоте 4 200 м, а также применение в последующие годы пропорциональных усилителей для изучения свойств сильно ионизирующих частиц и так называемых обратных ливней дали существенный вклад в науку о космических лучах.

б) Атмосферная оптика — в этой области получены новые данные по вопросу о свечении ночного неба, изменения интенсивности этого свечения в течение ночи, абсолютная яркость, доля рассеянного солнечного света в свечении ночного неба и т. д. При помощи анализа сумеречного света показана возможность изучить оптическими методами неоднородность высших слоев атмосферы. Наряду с обычными абсорбционными методами изучения содержания озона на разных высотах был испытан новый, чрезвычайно простой флюоресцентный метод непосредственного определения концентрации озона.

Это непосредственное определение концентрации озона, проведенное на Эльбрусе до высоты 5 300 м, было затем продолжено при полетах на субстратостате до высоты 10 000 м. Подробно исследованы оптические свойства слоев атмосферы между 2\*200 м и 4 200 м в постановке актинометрических измерений как в видимой, так и ультрафиолетовой части спектра. Проведены работы по оптическим свойствам облаков и туманов.

в) Физиологические исследования существенным образом дополнили, а частично и создали наново, картину тех изменений, которые наступают в организме человека при длительном пребывании на большой высоте. Особенно это относится к вопросам промежуточного обмена, изменений в центральной нервной системе и органах чувств. Эти работы в последнее время подвели непосредственно к постановке вопросов, имеющих уже большое и непосредственное практическое значение.

В области физиологических работ специальное внимание уделялось также и действию солнечных лучей на организм человека. При этом было

показано, что радиация солнца принимает немаловажное участие в тех изменениях, которые наблюдаются в организме человека на высоте в горах.

Пятилетняя работа Эльбрусской экспедиции показала, что опыт использования горных массивов для того, чтобы поднять научные лаборатории на высоту 3—4—5 тысяч метров над уровнем моря, вполне себя оправдывает. Экспедиционный характер этих работ связан только с отсутствием постоянной высотной научной базы, с необходимостью сворачивать научные исследования с наступлением холодов и плохой погоды в сентябре. Не говоря уже о зиме, даже в осеннее время никакие временные фанерные домики не могут обеспечить ни научных работ, ни условий для жизни участников экспедиции. Сворачивание экспедиции осенью, ликвидация и транспорт всего оборудования и снова заброска всего этого следующим летом увеличивают стоимость этих работ, приводят к трате времени и сил научных работников вхолостую на ежегодный организационный период.

Единственным правильным решением в этих условиях для дальнейшего продолжения и развития работ на высоте в горах было решение Президиума АН, одновременно с передачей Эльбрусской экспедиции Институту теоретической геофизики, приступить к проектированию и строительству постоянной научной базы на высоте 4 250 м. Эта научная база — будущий высотный филиал Института теоретической геофизики, согласно утвержденным Президиумом АН программным заданиям; предполагается строить как комплексный научный институт с рядом специально оборудованных лабораторий для работ по геофизике, космическим лучам, оптике, физиологии, для ряда технических испытаний и т. д. Помимо научных лабораторий в здании будут находиться комфортабельные каюты для проживания научных работников и персонала, библиотека — «кают-компания», «высокогорный госпиталь», электростанция, радиостанция и своя внутренняя телефонная станция. У подножия Эльбруса в Терсколе предполагается построить нижнюю базу, необходимую как для научных работ на этом уровне (2 400 м), так и для обеспечения всем необходимым высотной научной станции.

Далеко не все актуальные вопросы, которые могут быть поставлены в программу высотной лаборатории, исчерпаны в тематике Эльбрусских экспедиций. В частности, вопросы геофизики по настоящему будут представлены лишь в плане работ на 1939 г., после перехода экспедиции в Институт теоретической геофизики. До сих пор весьма незначительно были представлены имеющие громадное практическое значение вопросы техники и технической физики. Эти недочеты должны быть исправлены в ближайшем будущем, и как следующим экспедициям, так и в особенности постоянной высотной научной станции, после ее сооружения, открывается широкое и плодотворное поле деятельности.