

**К ТРИДЦАТИЛЕТИЮ ЭКСПЕДИЦИИ АСТРОНОМОВ
ГЛАВНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР
НА ОСТРОВ ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН**

Проблема создания инерциальной небесной системы координат, в которой можно было бы изучать пространственно-временные свойства Галактики и видимой части Вселенной, особенности движения тел Солнечной системы и искусственных небесных тел, а также решать много задач из области геодинамики, геодезии и других наук, всегда относилась к числу главных проблем астрономии.

Во второй половине 20-го столетия международная небесная система координат фиксировалась на небесной сфере положениями и собственными движениями звезд из Четвертого фундаментального каталога (FK4), опубликованного в 1963 году немецкими астрономами в Гейдельберге. В то время FK4 был наилучшим.

К сожалению, этот наилучший каталог имел ряд недостатков. Наиболее существенным из них была невысокая точность собственных движений звезд каталога. По данным [1] средние квадратичные ошибки прямых восхождений звезд северного полушария в 1975 году уже в три раза превышали аналогичные ошибки в момент средней эпохи создания каталога в 1935 г., а южных звезд даже в 4 раза и достигали значений $\pm 0,^s012$, что для фундаментального каталога недопустимо много.

Сложившееся положение с фундаментальным каталогом можно было улучшить только привлечением новых более точных определений положений звезд и в первую очередь положений звезд, наблюдаемых абсолютными методами.

В то время метод определений положений небесных радиоисточников из радиоинтерферометрических наблюдений со сверхдлинными базами находился еще в стадии доработки, а о наблюдениях в космосе только мечтали. Поэтому новые высокоточные определения положений звезд могли быть получены абсолютными методами преимущественно на меридианных инструментах. При этом, как это делалось и всегда раньше, очень большое внимание следовало уделить проблеме освобождения наблюдений от ошибок и прежде всего от ошибок систематического характера.

При определении абсолютных прямых восхождений небесных светил наибольшие опасения вызывает метод получения абсолютного азимута меридианного инструмента и методика выравнивания прямых восхождений “часовых звезд”.

Азимут вычисляется из наблюдений одной и той же звезды в двух кульминациях – верхней и нижней. Эти кульминации отстоят друг от друга на 12 часов, и в большинстве случаев одно наблюдение производится в ночное время, а другое днем, т.е. в условиях различных температур воздуха и потоков солнечных лучей. Поскольку же строгий учет влияния изменяющихся метеорологических факторов на сам инструмент является для нас задачей пока ещё непосильной, то можно ожидать, что абсолютный азимут инструмента искажается систематической ошибкой, изменяющейся в течение года по какому-то неизвестному нам закону.

То же самое, правда, не столь явно выражено, имеет место и при выравнивании прямых восхождений “часовых звезд” из исходного каталога. В этом случае приходится решать систему уравнений вида:

$$\Delta\alpha_i - \Delta\alpha_{i-1} = L_{i, i-1},$$

где $\Delta\alpha_i$ - поправка прямого восхождения i -ой звезды, а $\Delta\alpha_{i-1}$ - ($i-1$) звезды, $L_{i, i-1}$ – величина, вычисления из наблюдений этих двух звезд. При этом $i-1$ звезда, наблюдается всегда примерно через 1-2 часа после i -й, т.е., строго говоря, опять-таки в условиях неодинаковых. Поэтому ясно, что и в этом случае не удастся полностью

нейтрализовать вредное влияние суточных изменений метеорологических характеристик в течение года.

Перечисленные трудности сильно ослабятся или даже будут вовсе сняты, если организовать определения абсолютных прямых восхождений во время полярной ночи на географических широтах около $\pm 80^\circ$. На такой широте солнце не показывается над горизонтом около 4-х месяцев подряд и метеорологические характеристики уже не изменяются с 24 часовым периодом. Поэтому в течение 24 часов звезды всего неба наблюдаются в практически одинаковых метеоусловиях, что для нас очень важно.

В 1972 году на 19-й астрономической конференции СССР в Москве Г.М. Петров предложил организовать абсолютные определения положений звезд в полярные ночи на архипелаге Шпицберген и на станции Мак-Мёрдо в Антарктиде [2]. Предложение Г.М. Петрова получило поддержку конференции, и неожиданно для самого автора в план работы научных экспедиций Академии наук СССР на 1973 год была включена и экспедиция Пулковской обсерватории для определений абсолютных прямых восхождений звезд на Шпицбергене.

Дирекция Пулковской обсерватории предложила выполнить эту экспедицию своему Николаевскому отделению, и Г.М. Петров, как автор инициативы, был назначен начальником экспедиции на остров Западный Шпицберген, где в то время работали два советских рудника: один в Баренцбурге, а другой в Пирамиде.

Вся первая половина 1973 года ушла на подготовку проектно-сметной документации для сооружения астрономических павильонов, изыскание необходимых материально-технических и транспортных средств экспедиции и поиски подрядчика, готового выполнить строительство на Шпицбергене. Это была очень трудная работа, потому что планы работ на 1973 год для всех учреждений были утверждены еще в 1972 году, и наша экспедиция для всех уже была внеплановой работой.

С большим трудом удалось уговорить работников Министерства угольной промышленности СССР, которому принадлежали рудники в Баренцбурге и Пирамиде, взять на себя эту внеплановую работу.

Для выбора места под строительство жилья и астрономических павильонов в августе 1973 года в Баренцбург прибыли два сотрудника Николаевского отделения ГАО: старший научный сотрудник Г.М. Петров и старший лаборант А.П. Гресь. Здесь они узнали, что трест “Арктикуголь” сможет выполнить строительство только в окрестностях Баренцбурга.

Баренцбург представлял собой неплохо обжитый поселок советских шахтеров, в котором проживало около 1 200 человек. Здесь же находилось и консульство СССР на Шпицбергене. В поселке был кинотеатр, бассейн для плавания, спортивные залы, вечерняя школа, бар и, естественно, очень хорошая баня. Все полярники получали двойные оклады и бесплатное питание. Поселок был хорошо обжит, и работать в нем было приятно.

Место для экспедиции было выбрано в 4-х километрах к северу от Баренцбурга на сравнительно горизонтальной площадке с координатами $\varphi = +78^\circ 06'$ и $\lambda = -14^\circ 14'$ на высоте 100 м над уровнем моря. Активный слой почвы в этом месте составляет 1-1,5 м. Глубже этого слоя лежит вечная мерзлота, состоящая из замерзших слоев рваного гранита, в связи с чем было решено заложить фундаменты мир и пассажного инструмента на глубине 2,5 м.

Из наблюдений Солнца Г.М. Петров зафиксировал положение меридиана и указал места строительства астрономического павильона и его мир.

К счастью, начальником рудника “Баренцбург” был Иван Иванович Назаренко – близкий земляк Г.М. Петрова, и как земляк земляку оказывал нам большую помощь. Он выделил четырех рабочих и мощный компрессор, с помощью которого мы, работая

отбойными молотками, пробили в вечной мерзлоте три котлована для астрономического павильона и его мир. В октябре Г.М. Петров попросил капитана корабля “Шура Кобер” (названного так в честь расстрелянного немцами 15-летнего николаевского мальчика) перевезти его в Мурманск. Капитан согласился, но попросил прочитать команде популярную лекцию об успехах астрономии.

10 октября “Шура Кобер” взял на борт 10 тысяч тонн угля и вышел в штормовое море. Волны переклестывали через нос корабля. На следующий день помощник капитана пришел в каюту и пригласил Г.М. Петрова в кают-компанию для чтения лекции. Полуживой от непрерывной качки Г.М. Петров пошел с ним и по дороге его сильно стошнило. Морьяк рассмеялся, сказал: “Какая здесь может быть лекция?” и ушел. Однако уже через несколько секунд Г.М. Петров ощутил большое облегчение и бросился вдогонку. Догнал помощника в кают-компании, когда он говорил: “Этого астронома рвет из всех отверстий”. Отстранив его в сторону, Г.М. Петров сказал: “Так оно и есть, но лекцию я все же прочитаю”. Было много вопросов, и теплый разговор продолжался более двух часов.

Конец 1973 года и вся первая половина 1974 года ушли на работу по оснащению экспедиции всем необходимым. Очень большую работу выполнили николаевские инженеры В.М. Ивакин и М.И. Илькив по подготовке фотоэлектрического пассажного инструмента АПМ-10 (D=100 мм, F=1000 мм), хронографа, двух астрономических электронных часов и двух радиоприемников для регистрации сигналов международной службы времени. Эту часть работы они выполнили более чем на “отлично”. Перечисленный комплекс работал безукоризненно.

Также очень большая работа была проделана заместителем заведующего Николаевским отделением ГАО В.Н. Яни. Он достал через знакомых 4-колесный вагон, в который можно было погрузить всё имущество экспедиции, два снегохода “Буран” в г. Рыбинске и доставил автомобиль УАЗ-469 в г. Мурманск. В июле 1974 года все имущество экспедиции было погружено в вагон и отправлено в Мурманск. Туда же выехали и члены экспедиции: начальник Г.М. Петров, его заместитель В.М. Ивакин, старший научный сотрудник экспедиции Н.С. Калихевич и старший техник А.А. Аристархов.

Погрузив своё имущество на теплоход “Обь”, члены экспедиции по тихому морю прибыли в Баренцбург в 20-х числах июля, где их уже ожидал А.П. Гресь, выехавший туда в июне для контроля над строительством.

По дороге на Шпицберген члены экспедиции познакомились с В.Ф. Самойленко – начальником Геолого-разведывательной экспедиции на Шпицбергене, в распоряжении которого была могучая техника (даже вертолеты). Геологи находились от нашей экспедиции всего лишь на расстоянии 700 метров. Василий Федорович был высоко порядочным человеком и помогал нам, чем только мог. От него мы брали электричество, поддерживали с ними телефонную связь. Его люди привозили нам воду и тому подобное.

Строительство павильонов находилось ещё в начальном состоянии. А два домика уже были готовы. В них, как мы и договаривались, было предусмотрено водяное отопление от электротэнов, что освобождало нас от возни с углем и обеспечивало чистоту в помещениях.

Домики мы притащили из Баренцбурга тракторами. В каждом было по две комнатки. Одна комнатка предназначалась для повара, а три другие занимали остальные члены экспедиции. Домики и вагон со вспомогательным оборудованием мы расположили в виде буквы П, дверьми к середине, а пространство между ними накрыли крышей. В результате между домами образовалась дополнительная комната размером 6х6 метров, которая позволяла членам экспедиции общаться между собой, не выходя

наружу. Эту дополнительную комнату мы выстроили своими силами. Необходимые бревна и доски брали на давно уже покинутой буровой вышке, которая находилась от нас на расстоянии 300 метров, а рубероид и стекловату для утепления крыши и передней стенки бесплатно дал директор рудника “Баренцбург” И.И. Назаренко.



В.М. Ивакин и А.А. Аристархов едут в Баренцбург за продуктами.

В пристроенной комнате мы установили дизель генератор (на случай отключения электроэнергии), 1,5 кубовый бак для питьевой воды (привезли из заброшенного советского рудника “Трумант”), а также А.А. Аристархов выложил камин из кирпича, огонь которого согревал наши души во время многодневных вьюг. В качестве дров для камина мы использовали крепежный лес, выброшенный на угольные терриконы. Члены экспедиции сами построили еще и гараж для автомобиля УАЗ-469, двух снегоходов и два туалета.

С того времени прошло уже много лет, а мы с благодарностью вспоминаем благожелательность всех полярников и их готовность идти на помощь, а также самоотверженность членов экспедиции, которые практически под непрерывным холодным дождем, делая перерыв только на обед и сон, выполняли работу, которая не входила в их обязанности. Ни одного протеста и даже намека на протест не было.

В середине сентября в экспедицию прибыл пулковский астроном А.П. Челомбитко, ранее работавший в Николаеве и хорошо нам знакомый. А через пару дней приехали две лаборантки Николаевского отделения ГАО – Т.Г. Тинькова и Т.Я. Ивакина, жена В.М. Ивакина, а А.П. Гресь возвратился в Николаев.



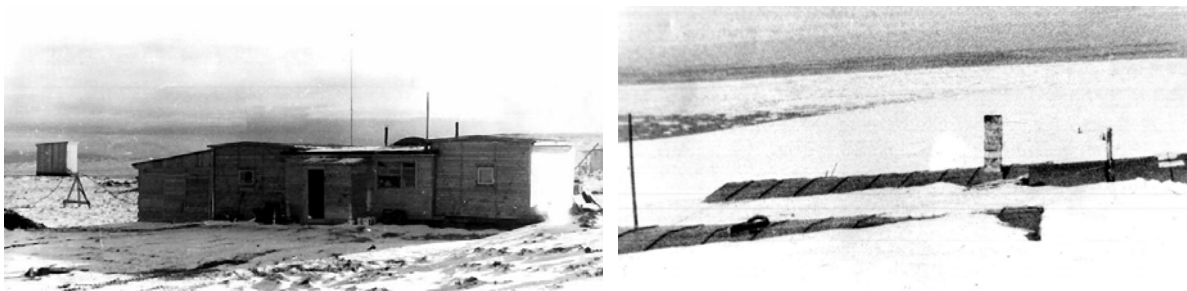
Н.С. Калихевич с другом экспедиции по кличке Буран.



Гость просит соли.

К большому сожалению, в октябре месяце заболел заместитель начальника экспедиции В.М. Ивакин, и в сопровождении его жены пришлось отправить его домой. Это была очень большая потеря, вместо запланированных 7 членов в экспедиции осталось 5. Единственным утешением было то, что все работы по подготовке экспедиции к работе к тому времени уже были завершены.

Наступила полярная ночь, и мы приступили к регулярным наблюдениям.



Жилой корпус экспедиции до пурги и после нее.

В программу наблюдений на Шпицбергене была включена 531 звезда фундаментального каталога FK4 в зоне склонений от $+10^\circ$ до $+80^\circ$ со звездными величинами не слабее $6^m.6$, что составляет 87% звезд FK4 в этой зоне. Все они содержались в трех рабочих списках, в каждом из которых звезды можно было наблюдать одну за другой без пропусков. Все три списка имели одни и те же группы "часовых звезд" в среднем по три звезды в каждом часе прямого восхождения.

Для определения абсолютного элемента ориентировки пассажного инструмента "п" в каждом часе прямого восхождения имелось по одной звезде в каждой десятиградусной зоне склонений, начиная от $+30^\circ$ через полюс мира до $+30^\circ$ в нижней кульминации. Все эти звезды наблюдались через 12 часов в противоположных кульминациях, что обеспечивало каждому часу наблюдений 10 абсолютных значений "п". Для сравнения с наблюдениями в Пулкове напомним, что одно абсолютное значение элемента ориентировки "п" получали в Пулкове за 24 часа.

Определение прямых восхождений производилось с помощью фотоэлектрического пассажного инструмента АПМ-10 ($D=100\text{мм}$, $F=1000\text{мм}$), оснащенного неподвижной визирной решеткой. Этот инструмент хорошо

зарекомендовал себя в работе Николаевской службы времени, которая на протяжении многих лет считалась лучшей в составе службы времени СССР.

Для исключения коллимационной ошибки горизонтальная ось инструмента переключалась на лагерах в средний момент прохождения звезды через центр визирной решетки. Наклонность горизонтальной оси инструмента определялась из отсчетов подвесного ампульного уровня в момент наблюдения каждой звезды. Азимут инструмента относительно мир определялся ежечасно из отсчетов северной и южной миры, которые отстояли от пассажного инструмента на расстоянии 64 м.



Начальник экспедиции Г.М. Петров отвозит в Баренцбург олени рога – сувенирный подарок друзьям.

План наблюдений был рассчитан на три полярные ночи. В первую полярную в наблюдениях принимали участие три астронома: Н.С. Калихевич, Г.М. Петров и А.П. Челомбитко. Подменяя друг друга через каждые 8 часов, они старались получать непрерывные ряды наблюдений звезд максимальной возможной продолжительности.

Контрольная обработка показала, что наблюдения имеют высокую точность. Ещё перед первыми снегопадами мы обложили жилой корпус ящиками и досками и уже первая метель замела наше жильё по самую крышу. Под снегом было тепло. Температура воздуха поддерживалась близкой к 20°, пищи было вдоволь, и все мы были удовлетворены результатом своей работы. План наблюдений удалось выполнить на 150%.

В конце февраля над горизонтом появилось Солнце. Наблюдения звезд прекратились и члены экспедиции приступили к консервации аппаратуры. Свое дело мы сделали неплохо, оправдались все надежды, и никому в голову не приходило, что нас подстерегает страшное несчастье. А оно таки случилось.

В ночь с 8 на 9 марта 1975 года А.А. Аристархов и Н.С. Калихевич на снегоходе “Буран” подъехали к берегу фиорда и свалились на лед с высоты 8 метров. Н.С. Калихевич погиб сразу, а А.А. Аристархов умер в больнице 9 марта. Мы их похоронили на кладбище баренцбургского рудника, а позже первым теплоходом перевезли в Николаев.

Нет слов, которыми можно передать наше отчаяние и сожаления. О, Боже! За что Ты так нас покарал?

В конце мая Г.М. Петров и Т.Г. Тинькова приехали в Николаев, а А.П. Челомбитко остался в Баренцбурге для передачи дел составу экспедиции следующей полярной ночи.

Через два дня после приезда в Николаев Г.М. Петрова забрала скорая медицинская помощь с острым приступом холецистита. Хирургическая операция по удалению желчного пузыря была не очень удачной. Нормально он себя почувствовал

только в конце 1976 г. и по этой причине не смог участвовать в наблюдениях второй и третьей полярной ночи.

Экспедиция для наблюдения в полярную ночь 1975-1976 гг. сразу же попала в очень трудное положение. Из запланированных 7 участников экспедиции поехали в Баренцбург только четыре. Трех участников туда не пропустила Комиссия областного комитета Коммунистической партии по выездам советских граждан за границу. Почему комиссия так сделала, она сказать не пожелала. А среди этих троих два человека были астрономами-наблюдателями.

Спасла дело самоотверженность николаевского астронома В.Н. Пышненко и астронома ленинградского госуниверситета В.И. Кияева, которые вынуждены были наблюдать звезды непрерывно на протяжении 24 часов подряд. Это была крайне изнурительная работа, в которой им ассистировали инженеры Л.Н. Плешивцев и Э.М. Тильк – начальник этого состава экспедиции.

В намного лучших условиях работали члены экспедиции в полярную ночь 1976-1977 гг. Под руководством Г.И. Пинигина в наблюдениях принимали участие астроном из Пулковской обсерватории А.С. Павлов и николаевский астроном В.Н. Пышненко. Их работу поддерживали николаевские инженеры Ф.И. Бушуев, Л.Н. Плешивцев и Н.С. Орешенко. Этот состав экспедиции получил и уникальный по длительности непрерывный ряд наблюдений звезд – 155 часов (6 суток и 11 часов).



Наблюдения производит Г.И. Пинигин.

Распределение наблюдений по полярным ночам и наблюдателям приведено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение наблюдений по ночам и наблюдателям.

Первая полярная ночь	Н.С. Калихевич	2078	5086
	Г.М. Петров	1464	
	А.П. Челомбитько	1544	
Вторая полярная ночь	В.И. Кияев	1888	3825
	В.Н. Пышненко	1937	
Третья полярная ночь	А.С. Павлов	1596	4580
	Г.И. Пинигин	1517	
	В.Н. Пышненко	1467	
Всего			13461



Состав третьей полярной экспедиции перед ее завершением.
Слева направо: В.Н. Пышненко, Ф.И. Бушуев, Г.И. Пинигин, А.С. Павлов,
Л.Н. Плешивцев, Н.С. Орешенко

Прозрачность воздуха на Шпицбергене была хорошей. Примерно 25% наблюдательного времени была практически идеальная прозрачность, когда яркие звезды видны у самого горизонта.

Определенные трудности в работе создавала повышенная влажность воздуха, из-за чего инструмент иногда покрывался ледяной коркой, которую приходилось растворять спиртом и просушивать феном.

Средняя температура воздуха во время наблюдений в первую полярную ночь была минус $15^{\circ},7$, во вторую – минус $21^{\circ},2$, а в третью – минус $15^{\circ},9$, т.е. достигала значений обычных для широты Москвы, Ленинграда и др. [3]

Как и ожидалось, температура воздуха во время наблюдений звезд практически не зависела от часового угла Солнца, и ее среднее значение на интервале 24 часов прямого восхождения колебалось всего лишь с амплитудой $\pm 0,5^{\circ}$.

Отметим, что на астрономических обсерваториях на умеренных географических широтах время наблюдений 24-часового интервала прямых восхождений длилось ровно год и температура воздуха здесь колеблется в пределах от плюс 30° до минус 30°C с колебаниями внутри суток на $10\text{-}15^{\circ}\text{C}$.

К счастью, не подтвердились опасения некоторых коллег, считавших, что вечная мерзлота не обеспечит должную устойчивость инструментальным фундаментам.

Наши фундаменты были выложены в котлованах глубиной в 2.5 м. Фундамент под пассажный инструмент и линзы мир представлял собой блок размером $5.0 \times 3.5 \times 2.4$ метра из крупных бетонных плит. На нем поставлены два столба, каждый высотой 1,6 м для объективов двух мир, и центральный столб высотой 1.1 м для пассажного инструмента. Фундаменты мир из крупных бетонных плит имеют размеры $2.5 \times 2.5 \times 2.4$ м. На них на бетонных столбах высотой по 1.6 м располагались закладные детали мир.

Представление о характере и величине изменений наклонности инструментального столба в направлении первого вертикала можно вычислить по измерениям наклонности горизонтальной оси, полученным во время обычных наблюдений, например, 1 декабря 1976 года.

Таблица 2. Осредненные среднечасовые наклонности горизонтальной оси инструмента в $0^S,001$.

0 ^h	-136	6 ^h	-88	12 ^h	-55	18 ^h	-66
1	-106	7	-89	13	-44	19	-70
2	-108	8	-84	14	-46	20	-69
3	-107	9	-68	15	-52	21	-70
4	-102	10	-70	16	-55	22	-68
5	-93	11	-70	17	-58	23	-75

Средняя квадратическая ошибка значений наклонности в таблице оказалась равной $\pm 0^S,0027$.

Хорошей устойчивостью отличались и миры. По исследованиям Г.И. Пинигина, несмотря на то, что миры на Шпицбергене были сравнительно короткофокусные, угол между мирами от изменений температуры не зависел, а поступательное изменение величины этого угла имело величину $0^S,017$ в месяц. И средняя квадратичная ошибка одного определения азимута инструмента относительно одной миры, выведенная по внутренней сходимости отдельных измерений, изменялась в пределах $\pm 0^S,006 \div \pm 0^S,010$ [4].

Напомним еще раз, что на умеренных географических широтах при определениях прямых восхождений на меридианных инструментах наклонность горизонтальной оси определяют 3-4 раза для ряда наблюдений длительностью в 10 часов. А значение абсолютного азимута мир – один раз, в лучшем случае, за 12 часов. Для наших же наблюдений на Шпицбергене каждый час получалось примерно 20 измерений наклонности и 10 значений величины “n” (аналог азимута). При этом, что крайне ценно, и наклонность, и элемент “n” мы получали при установках трубы инструмента на различные склонения, что при том обилии, которое было в нашем распоряжении, дало возможность получить данные о выкатывании на лагерах горизонтальной оси инструмента и учесть его при обработке.

Таблица 3. Отклонение горизонтальной оси инструмента от ее среднего значения в $0^S,001$.

δ	Первая ночь			Вторая ночь		Третья ночь		
	Ка	Пе	Ч	Ки	Пы	Па	Пи	Пы
15°	-6	-5	-8	-15	-2	-2	+1	+2
25	-4	-4	-8	-11	-1	-2	+1	+2
35	-4	-3	-6	-1	-1	-1	+2	+3
45	-3	-4	-5	-7	-2	-1	+2	+2
55	-2	-4	-3	-6	+1	0	+3	+3
65	-1	-1	-1	-3	-1	-3	+1	+3
75	-1	0	0	-3	-2	-6	-4	-2
75sp	+1	+4	+5	+5	-3	+1	-1	-3
65sp	+1	+1	+1	+6	-1	+2	0	-1
55sp	+2	+2	+2	+5	-1	+1	0	-2
45sp	+2	+2	+4	+4	0	+2	0	-2
35sp	+5	+2	+3	+4	+2	+4	-1	0

Здесь: δ - склонение звезды, Ка – Калихевич Н.С., Пе – Петров Г.М., Ч - Челомбитко А.П., Ки – Кияев В.И., Пы – Пышненко В.Н., Па – Павлов А.С., Пи-Пинигин Г.И.

Из таблицы 3 видно, что смещения горизонтальной оси в вертикальной плоскости в первую полярную ночь у всех троих наблюдателей были практически одинаковыми. Во вторую ночь эти смещения у В.И. Кияева были примерно в 2 раза больше, чем в первую ночь, а у В.Н. Пышненко они практически себя не проявляли. В третью ночь смещения оси у всех троих наблюдателей были небольшими и у А.С. Павлова имели противоположный знак.

Полученный результат свидетельствует о том, что положение горизонтальной оси инструмента на лагерах зависело от того, насколько наблюдатель обращался с инструментом должным образом.

Отметим, что в наблюдениях на Шпицбергене, особенно это относится к наблюдениям первых четырех астрономов, смещения горизонтальной оси в вертикальной плоскости происходили так, что поправки в момент прохождения через меридиан для всех звезд имели один и тот же знак и примерно одинаковую величину. Поэтому учет их или неучет не может повлиять на абсолютное значение элемента ориентировки “n”.

Как уже говорилось, значения элемента ориентировки пассажного инструмента, “n” определялось для каждой десятиградусной зоны отдельно. В таблице 4 приведены изменения “n” в зависимости от склонений. (Нуль-пункт в зоне от +40° до +80°). Средние квадратичные ошибки табличных значений Δ “n” равны $\pm 0^S,0015$.

Таблица 4. Изменения “n” в зависимости от склонений в $0^S,001$.

	23°-30°	30°-40°	40°-50°	50°-60°	60°-70°	70°-80°
	Δ ”n” N	Δ ”n” N	Δ ”n” N	Δ ”n” N	Δ ”n” N	Δ ”n” N
Первая ночь		+2 168	+6 178	-3 158	-2 186	-3 179
Вторая ночь		+10 141	+1 199	0 130	-1 130	0 92
Третья ночь	+8 193	+3 184	+2 194	0 153	+1 173	-2 167

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что в первую и вторую ночи наблюдения сопровождались малыми, но все же заметными выкатываниями горизонтальной оси инструмента на лагерах, величина которых была не одинаковой для разных склонений.

Подчеркнем, что на умеренных географических широтах обнаружить и учесть такие выкатывания было бы невозможно, и результаты определений прямых восхождений были бы отягощены систематическими ошибками $\Delta\alpha_\delta$.

Наши же наблюдения на Шпицбергене свободны и от систематических ошибок вида $\Delta\alpha_\alpha$. Об этом свидетельствует исследование “n” в зависимости от прямого восхождения. Оказалось, что на интервале 24 часов прямого восхождения среднее значение “n” претерпевает колебания всего лишь на величину $\pm 0^S,001$.

Как и предполагалось, выравнивание прямых восхождений “часовых звезд” затруднений не встретило. В качестве “часовых” на Шпицбергене использовались 73 звезды из фундаментального каталога FK4, подобранные так, чтоб в каждом часе прямого восхождения было 3 звезды, среднее склонение которых было бы близким к +30°.

Выравнивание прямых восхождений этих звезд было выполнено двумя методами:

- 1) методом, которым до нас никто еще не имел возможности пользоваться (т.к. непрерывные ряды наблюдений продолжительностью 24 часа можно получать только в условиях полярной ночи). Таких рядов у нас было 23 и поправка прямого восхождения каждой отдельной звезды получалась из разности поправки часов по всем 73 звездам и каждой отдельно взятой;

2) классическим пулковским методом по разностям поправок часов двух соседних часовых групп. В этом случае использовался весь наблюдательный материал, в том числе и ряды наблюдений продолжительностью меньше 24 часов. Таких часовых разностей оказалось в среднем около 35.

Полученные результаты этими двумя методами практически совпадали, и в качестве окончательных значений поправок прямых восхождений часовых групп мы взяли простое среднее.

Систематические разности между полученными прямыми восхождениями “часовых звезд” и их значениями в каталоге FK4 приведены в таблице 5. Средние квадратические ошибки этих разностей достигали значения $\pm 0^s,002$.

Таблица 5. Разности прямых восхождений часовых групп $\Delta\alpha$ в $0^s,001$.

α	$\Delta\alpha$	α	$\Delta\alpha$	α	$\Delta\alpha$	α	$\Delta\alpha$	α	$\Delta\alpha$	α	$\Delta\alpha$
0 ^h	+1	4 ^h	-3	8 ^h	-2	12 ^h	+2	16 ^h	+2	20 ^h	0
1	0	5	-2	9 ^h	-2	13	+2	17	+1	21	-1
2	-2	6	-1	10	-2	14	+3	18	+1	22	-1
3	-5	7	-1	11	0	15	+2	19	+1	23	+1

Эти поправки были прибавлены к значениям прямых восхождений “часовых звезд” FK4 и с их помощью получены прямые восхождения всех 531 звезды.

В дальнейшем были исследованы систематические разности прямых восхождений, зависящие от порядка перекладки горизонтальной оси на лагерах - “West-East” или “East-West”. Они были невелики и, учитывая, что число наблюдений в порядке “West-East” отличалось от числа в порядке “East-West” всего лишь на 0,2%, мы решили пренебречь этой систематичностью, будучи уверенными, что на окончательных результатах это не скажется, а оценка точности наблюдений ухудшится незначительно.

Систематических разностей, зависящих от кульминаций, в наблюдениях на Шпицбергене быть не должно, так как метод определения и учета элемента ориентировки инструмента “n” устранял эти разности полностью. Тем не менее, в порядке контроля правильности обработки наблюдений, соответствующие разности были вычислены для каждого наблюдателя отдельно. Как и ожидалось, эти разности достигали значения равного одной миллисекунды только в двух случаях, а во всех остальных они были равны нулю.

Обычно считают, что фотоэлектрический способ регистрации прохождений звезд через меридиан сильно ослабляет влияние наблюдателя на результаты наблюдений, и личные ошибки наблюдателей становятся настолько малыми, что повлиять на результат они уже не смогут. Будучи не совсем уверенными в правильности второй части этого предложения мы решили определить эти ошибки. Оказалось, что и в нашем случае вторая часть указанного предложения также была верна.

Итак, в наблюдениях на Шпицбергене систематические разности вышеперечисленных видов практически не присутствовали. Поэтому окончательные значения поправок прямых восхождений 531 звезды FK4 были получены нами путем осреднения всех отдельных значений без каких-либо исправлений. После этого, по внутренней сходимости были получены средние квадратические ошибки прямых восхождений отдельно для каждого наблюдателя и в среднем для всех наблюдателей. Средняя квадратическая погрешность ϵ определения прямого восхождения звезды из одного наблюдения хорошо представлялась формулой:

$$\epsilon = \pm 0^s,0151 \text{ Sec} \delta \text{ Sec} Z,$$

где δ – склонение звезды, а Z – зенитное расстояние в меридиане. Средняя квадратическая погрешность коэффициента $0^S,0151$ оказалась равной $\pm 0^S,0004$.

И поскольку каждая звезда наблюдалась на Шпицбергене в среднем по 25 раз, то средняя квадратическая ошибка каталожного места была равна $\pm 0^S,003 \text{ See} \delta \text{ See} Z$.

Полученный нами на Шпицбергене каталог абсолютных прямых восхождений 531 звезды, названный нами Nik (Spiz) 75 (Николаев – Шпицберген), был сравнен с фундаментальным каталогом FK4, а после появления фундаментального каталога FK5 еще и с этим каталогом.

В таблицах 6, 7 и 8 приведены значения величин $\Delta\alpha_\alpha \cos\delta$, $\Delta\alpha_\delta \cos\delta$ и $\Delta\alpha_m \cos\delta$, взятые в смысле Nik – FK4 и FK5 – FK4, где N – число звезд, а m – звездная величина звезды.

Таблица 6. Значения величин $\Delta\alpha_\alpha \cos\delta$ в $0^S,001$, полученные осреднением по трехчасовым интервалам прямого восхождения α .

α	Nik-FK4	N	FK5-FK4	α	Nik-FK4	N	FK5-FK4	α	Nik-FK4	N	FK5-FK4
0^h	+3	65	-1	8^h	+1	69	+1	16^h	+2	71	+2
1	+1	71	-1	9	0	67	+1	17	+2	63	+1
2	0	73	-1	10	0	65	+1	18	+1	61	+1
3	-3	72	0	11	-1	58	0	19	-1	60	0
4	-2	70	0	12	0	56	0	20	-1	63	-1
5	-1	63	0	13	+1	65	+1	21	-2	68	-2
6	+1	65	+1	14	+3	72	+1	22	-1	64	-2
7	+2	62	+1	15	+2	74	+1	23	+1	66	-2

Таблица 7. Значения $\Delta\alpha_\delta \cos\delta$ в $0^S,001$.

Зона склонений	Nik-FK4	N	FK5-FK4
$+10^\circ$ $+20^\circ$	-5	93	-4
20 30	-4	103	-4
30 40	+4	86	0
40 50	+2	88	0
50 60	+5	57	0
60 70	+6	56	+2
70 80	+5	48	+1

Таблица 8. Значения величин $\Delta\alpha_m \cos\delta$ в $0^S,001$.

Звездная величина	Nik-FK4	N	FK5-FK4
$0^m - 2^m$	-3	10	-4
2 – 3	-1	30	-2
3 – 4	-3	91	-1
4 – 5	-1	152	0
5 – 6	+1	206	0
6 – 7	+3	42	+1

Из таблиц 6, 7, 8 видно, что разности между каталогами невелики, однако в разностях видна систематичность, свидетельствующая о наличии небольших, но все же заметных ошибок прямых восхождений FK4 по α , δ , и m .

Подводя итоги, можно сказать, что все надежды на наблюдения в полярную ночь на высоких географических широтах оправдались полностью. Нами были получены высокоточные абсолютные прямые восхождения 531 звезды, практически свободные от систематических ошибок. Они были использованы при создании нового международного фундаментального каталога положений звезд FK5.

Работа экспедиции на Шпицбергене была признана Астрономическим советом Академии наук СССР лучшей работой в области астрономии в СССР за 1977 год.

В заключение мы считаем необходимым подчеркнуть следующее:

1. Нет сомнений, что в условиях полярной ночи существует реальная возможность получить наблюдения, свободные от систематических ошибок.
2. Случайные ошибки наблюдений могут быть тоже значительно уменьшены. Дело в том, что мы наблюдали на Шпицбергене на пассажном инструменте АПМ-10, который не обладает достаточной устойчивостью. Если бы на Шпицбергене, а еще лучше на Земле Франца-Иосифа, наблюдения производились на меридианных инструментах горизонтальных конструкций, оснащенных к тому же ПЗС матрицами, то средняя квадратичная ошибка определения положения небесного объекта из одного наблюдения была бы примерно $\pm 0^s,005$, и из 200 наблюдений каждой звезды, как это имело место в миссии HIPPARCOS, можно было бы получить точность, сравнимую с наблюдениями в космосе.

И совсем уже в заключение мы хотим сказать, что Заполярье оставило у нас неизгладимые впечатления. Белое безмолвие, красоту лунной ночи и особенно полярных сияний описать словами невозможно.

Если бы можно было туда поехать, то мы это сделали бы с большой радостью.

Литература

1. *Lederle*. Accuracy of fundamental positions and proper motions – Centre Donnee Stel. Inf. Bull. 1978, № 14, p. 62.
2. *Г.М. Петров*. Об определениях абсолютных прямых восхождений звезд во время полярной ночи. – В книге “Современные проблемы позиционной астрометрии.” – Издательство Московского университета, 1975, с. 100.
3. *Г.М. Петров, Г.И. Пинигин*. Астрономические наблюдения на Шпицбергене. – Вестник Академии наук СССР, 1978, № 10, с. 126.
4. *Г.И. Пинигин*. О поведении азимута пассажного инструмента во время астрономических наблюдений на о. Шпицберген. – Известия ГАО АН СССР, № 197, Ленинград, “Наука”, 1990.