

Доклады Академии Наук СССР

1938. Том XIX, № 8

ГЕОФИЗИКА

Е. К. ФЕДОРОВ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 8 мая 1938)

Полная обработка наших наблюдений будет выполнена через несколько месяцев. Сейчас мы поделимся с вами только основными данными, полученными в результате предварительной обработки, и расскажем, о том, каким образом и какими средствами производились все исследования.

1. Метеорологические наблюдения

Наблюдения над погодой производились нами четыре раза в сутки в 0, 6, 12 и 18 час. по времени третьего пояса. Во время каждого срока измерялись температура воздуха, давление, влажность, скорость и направление ветра, отмечалась видимость по горизонтальному направлению и количество и формы облаков. Для размещения метеоприборов мы имели будку небольшого размера, с которой все вы знакомы по фотографиям. В ней находились 5 термометров, термограф и гигрометр Кузнецова. Два анероида, барограф и запасные метеоприборы находились в специальном ящике в жилой палатке. Термограф и барограф имели суточную запись. Скорость ветра измерялась ручным анемометром. В течение всего времени мы употребляли один комплект метеоприборов. Все приборы были исследованы перед экспедицией в Главной геофизической обсерватории и сейчас вновь проверяются там же. Результаты метеонаблюдений сообщались по радио на материк и таким образом могли быть использованы всеми интересующимися. Приведу здесь средние температуры, наблюдавшиеся в течение каждого месяца (табл. 1).

Таблица 1

Температура по срокам в °С

Месяц	Широта	Долгота	Средняя	Макс.	Миним.
Май (21—31)	89°20'	300°	-10.0	- 2.0	-15.5
Июнь	88°50'	350°	- 2.5	+ 1.0	- 8.0
Июль	88°20'	355°	0.0	+ 2.0	- 2.0
Август	87°30'	000°	- 1.2	+ 0.5	- 8.0
Сентябрь	86°20'	000°	-12.1	- 3.0	-24.0
Октябрь	84°40'	005°	-20.8	-16.5	-35.5
Ноябрь	83°30'	355°	-24.7	-12.5	-35.5
Декабрь	81°30'	353°	-21.7	- 6.0	-35.5
Январь	77°00'	350°	-26.5	-10.0	-44.5
Февраль (1—19)	73°00'	343°	-13.3	- 0.5	-24.3

В июне и июле наблюдалось сильное таяние: стоял весь снег, толщина которого была около 40 см в среднем. Начал таять поверхностный слой льда, распадаясь на отдельные зерна. В августе таяние закончилось, поверхность многочисленных луж и озер, образовавшихся на льдине, покрылась льдом, началось накопление нового снежного покрова. Общий режим погоды в первой части нашего дрейфа в Полярном бассейне и в конце в Гренландском море заметно отличались друг от друга. На севере мы не имели сильных ветров, резких колебаний давления. В Гренландском море сильные штормы были частым явлением, там же мы наблюдали и предельные давления. Почти все время за исключением июля преобладающими направлениями ветра были норд, норд-норд-вест, норд-вест.

2. Магнитные определения

Целью наших магнитных измерений было дать материал для магнитной карты Арктики, иначе говоря, исследовать географическое распределение элементов земного магнетизма. Для измерений мы пользовались магнитным теодолитом фирмы Шасселон, правда, значительно измененным. Так например, к теодолиту были сделаны соответствующие приспособления для определения угла наклона по методу Ламона. Склонение определялось обычным путем, горизонтальная составляющая—по методу отклонений; постоянство магнитных моментов отклоняющих магнитов определялось взаимной сверкой имевшихся в нашем распоряжении четырех магнитов, два из которых были сделаны из сплавов с особо устойчивым магнитным моментом. Известно, что в Арктике магнитное поле весьма непостоянно. Отчасти правильные, нериодические, отчасти неправильные вариации значительно отклоняют величины магнитных элементов от их средних «нормальных» значений. Для того чтобы по возможности учесть искажающее влияние вариаций, мы захватили с собой магнитные вариометры с визуальным отсчетом. С помощью этих приборов можно было следить за колебаниями магнитного поля и, делая одновременные измерения магнитных элементов, исключить из их значений влияние вариаций. Обычно вариометры устанавливались на одни сутки. Отсчеты производились через 2 мин. в течение 30 мин. каждого часа суток. В начале и в конце, а иногда и в середине этой суточной серии отсчетов вариаций выполнялись измерения магнитных элементов теодолитом. Таким образом в результате мы могли получить величины, близкие к средним суточным значениям магнитных элементов.

Естественно, что употреблять вариометры мы могли тогда, когда вращение льдины было незначительным—этим приборам необходима постоянная ориентировка или во всяком случае мало меняющаяся. Так и было до начала ноября. С ноября месяца мы обнаружили, что льдина быстро меняет свою ориентировку. Вероятно это стояло в связи с тем, что мы приблизились к берегам Гренландии. Так или иначе, быстрое вращение (6—10° за сутки) препятствовало с этого времени пользоваться магнитными вариометрами. В дальнейшем пришлось возможно чаще делать измерения теодолитом, чтобы, группируя вместе по несколько серий измерений, получать о возможности средние значения элементов. Произведенные нами

отсчеты магнитных вариаций позволят не только уточнить значение элементов, но также дадут возможность уяснить некоторые особенности протекания как периодических, так и не периодических колебаний магнитного поля в центральной Арктике. Нами отмечались колебания склонения от 1—2° в спокойные дни, до 10° в возмущенные дни. Амплитуда горизонтальной составляющей была от 100 гамм в спокойные до 500 гамм в возмущенные дни.

За время дрейфа сделано 55 серий измерений склонения и горизонтальной составляющей и 36 серий измерений наклона. Эти измерения удобно сгруппировать для 27 пунктов, довольно равномерно распределенных по пути дрейфа.

Для характеристики направления горизонтальной составляющей магнитного поля я не даю здесь обычно употребляемой величины магнитного склонения, т. е. угла между географическим и магнитным меридианом, по той причине, что близ Полюса этот угол весьма различен в недалеко отстоящих друг от друга точках при одном и том же направлении магнитного меридиана в обеих. Более наглядно можно представить распределение земного магнитного поля близ географического Полюса посредством угла между магнитными меридианами и некоторым одним и тем же направлением. Здесь дан взамен склонения угол между направлением магнитного меридиана в данной точке и направлением Гринвичского меридиана. Изменения этого угла свидетельствуют о действительной непараллельности магнитных меридианов в сравниваемых точках. Переход от этого «квази-склонения» к обычному склонению совершается очень просто по формуле $D_{Gr} = D - \lambda$.

Вообще говоря, пользоваться для целей навигации в околополюсной области обычными меридианами менее удобно, нежели системой линий, параллельных какому-либо одному меридиану.

Как видно из табл. 2, географическое распределение магнитного поля в обследованном нами районе отличается равномерностью. Если мы сравним наши результаты с картами магнитного поля Арктики, которые составлялись различными авторами, например Фиском и Вейнбергом, то увидим очень хорошую сходимость в действительном и теоретически предположенном распределении горизонтальной составляющей и угла наклона. Что касается направления магнитных меридианов, то оно отли-

Таблица 2.
Таблица значений магнитных элементов

№ пункта	φ	λ	D_{Gr}	H	I
1	89°25'	305°	39.8	0.0314	86°36'
2	88°54'	343°	36.5	0.0335	86°23'
3	88°51'	359°	41.3	0.0357	86°49'
4	88°30'	348°	37.6	0.0355	86°10'
5	88°15'	356°	35.1	0.0393	85°54'
6	87°59'	357°	32.3	0.0389	85°56'
7	87°10'	002°	30.8	0.0430	85°44'
8	86°39'	359°	27.3	0.0452	85°49'
9	85°58'	001°	27.6	0.0474	84°57'
10	85°40'	001°	26.0	0.0499	84°47'
11	85°08'	006°	23.7	0.0516	84°29'
12	84°37'	003°42'	26.1	0.0534	84°20'
13	84°07'	003°00'	24.0	0.0567	83°57'
14	83°47'	357°30'	25.7	0.0641	83°42'
15	82°57'	354°20'	22.9	0.0613	83°48'
16	82°27'	353°10'	19.2	0.0612	83°10'
17	81°51'	352°50'	20.8	0.0643	82°55'
18	81°02'	353°10'	20.2	0.0667	82°26'
19	80°00'	353°05'	20.2	0.0727	81°58'
20	79°36'	352°43'	19.3	0.0732	81°55'
21	78°58'	350°57'	17.6	0.0744	81°45'
22	78°16'	349°40'	16.6	0.0774	81°28'
23	77°46'	347°55'	14.9	0.0783	81°17'
24	77°17'	347°35'	13.1	0.0809	80°46'
25	76°38'	346°25'	10.4	0.0797	81°12'
26	76°29'	346°25'	13.2	0.0800	—
27	71°50'	339°45'	—	0.0968	—

чается от теоретически предположенного на величину $12-15^\circ$ вблизи Полюса. Это различие сводится к небольшой величине—около 85° с. ш., и далее фактически наблюдаемое склонение хорошо сходится с картами. Это свидетельствует об отсутствии значительных аномалий магнитного поля в центральной Арктике.

3. Полярные сияния

С наступлением темноты в первых числах октября месяца и до конца дрейфа мы вели регулярные визуальные наблюдения за полярными сияниями. Каждый час дежурный метеоролог заносил в журнал расположение, форму и интенсивность сияния, отмечая при этом условия видимости и облачность. В декабре и январе мы имели частые сияния, достигавшие значительной силы.

4. Наблюдения над атмосферным электричеством

Последней темой в электромагнитном комплексе были измерения градиента потенциала атмосферного электричества. Они производились с помощью двунитного электрометра и радиевых коллекторов. Всего было сделано 5 суточных серий измерений в наиболее спокойные с электрометеорологической точки зрения, т. е. в безветренные и безоблачные, дни. Оказалось, что среднее значение градиента равнялось 120 В/м, наметился суточный ход океанического типа с амплитудой около 90 В/м.

Все наблюдения над атмосферным электричеством произведены во второй половине лета между 88 и 86° с. ш.

5. Гравитационные измерения

Измерять силу тяжести на дрейфующем льду посредством маятников казалось мне наиболее трудной проблемой из всего того, что мы хотели сделать. Известно, что эти наблюдения требуют большой устойчивости прибора и постоянства всех условий при наблюдениях. Однако оказалось, что движение льда происходит обычно настолько равномерно, что почти не мешает наблюдениям. Я говорю почти, ибо мы иногда наблюдали толчки, проходящие по льду; незаметные для ощущения, они искажали качание маятников. В последнее время дрейфа наблюдались колебания льда, которые также мешали наблюдениям. Однако все эти помехи не служили серьезным препятствием к наблюдениям.

Наш маятниковый прибор был сделан в Ленинградском астрономическом институте. В приборе одновременно наблюдались качания четырех минимальных маятников. Измерения периодов производились с помощью электромагнитного счетчика. Хронометр, замыкающий цепь счетчика, помещался в жилой палатке в термически изолированном ящике. От него шли провода к месту наблюдений. Наблюдения выполнялись летом в палатке, с сентября месяца—в ледяном домике. Прибор оказался удачным—конструкция счетчика и всех деталей позволяла работать без особых затруднений при низких температурах.

Обычно наблюдения велись в течение трех суток подряд по 7 измерений периода каждого маятника за 8-часовой интервал в день. В летнее время, когда лед таял, требовалось заново устанавливать прибор и счетчик перед каждым интервалом. Начиная с сентября, можно было до конца дрейфа пользоваться одной и той же установкой прибора и счетчика (табл. 3).

Перед экспедицией эта аппаратура была исследована в Астрономическом институте. Исходное значение периода каждого маятника было определено в Пулкове. Сейчас вновь сделаны измерения в Пулкове. Оказалось, что все маятники немного увеличили свой период (на 14, 32, 6 и 28 единиц седьмого знака), что не выходит за пределы изменений, обычно имеющих место в гравиметрических экспериментах. Сейчас сделаны предварительные подсчеты измеренных величин силы тяжести. Если мы возьмем для сравнения величины, которые дает Международная формула, предложенная Кассини в 1930 г., то увидим, что фактическое распределение силы тяжести почти везде по пути нашего дрейфа дает положительную аномалию, достигающую наибольшей величины 100 миллигал вслед за резким подъемом дна к берегам Гренландии. Так как в произведенных вычислениях не приняты во внимание некоторые поправки, как например поправка на сокачание штатива, поправки падающих часов радиостанций и некоторые другие, то естественно, что результаты окончательных вычислений будут несколько отличаться от данных, приведенных в таблицах.

6. Астрономические определения

Координаты нашей непрерывно передвигающейся по океану льдины мы получали из астрономических определений. Как известно, для определения одной линии положения требуется измерить высоту какого-либо светила. За время дрейфа сделано 534 серии измерений высот различных светил—днем Солнца, изредка Луны, ночью звезд—и 370 серий измерений азимутов светил. По этим измерениям можно вычислить координаты 143 точек, служащих основой для прокладки нашего пути на карте. В среднем астрономические определения удавалось выполнять через день, наибольшим промежутком времени, в течение которого облака мешали увидеть небо, было 5—6 суток. Все измерения сделаны теодолитом Вильда модели 1937 г. Он оказался достаточно хорошим и удобным в работе. Точность измерения координат в среднем будет порядка 0',2 дуги—будет

Таблица 3

Предварительные результаты гравиметрических наблюдений станции Северный полюс

№ пункта	φ	λ	g	$g-g_{1930}$
2	88°58'	331°	983.232	+ 8
3	88°49'	335°	983.217	- 6
4	88°03'	355°	983.205	- 15
5	87°10'	2°	983.218	+ 5
6	86°44'	359°	983.222	+ 13
7	86°02'	1°	983.226	+ 25
8	85°32'	2°	983.207	+ 13
9	84°58'	6°	983.199	+ 13
10	84°21'	3°	983.206	+ 31
11	83°58'	1°	983.213	+ 45
12	83°36'	357°	983.182	+ 21
13	82°52'	355°	983.134	- 12
14	82°08'	352.2°	983.161	+ 33
15	81°20'	353.2°	983.146	+ 39
16	80°20'	352.8°	983.142	+ 63
17	79°30'	353.0°	983.156	+103
18	78°30'	350.0°	983.038	+ 19
19	77°55'	348.2°	983.011	+ 13
20	77°00'	347.5°	983.067	+ 94
21	76°15'	346.3°	983.007	+ 75

потому, что на месте мы не вычисляли координат с полной точностью, которую дают наблюдения. Это заняло бы слишком много времени. Мы озаботились тем, чтобы по возможности упростить астрономические подсчеты. Так, для нас были вычислены под руководством профессора Жонголовича астрографики, позволявшие быстро и просто определять широту и местное звездное время по высотам двух звезд. Профессором Каврайским были разработаны для нас удобные формулы и номограммы, позволявшие быстро рассчитывать высоту и азимуты светил в околополюсной области. Они были основаны на том, что близ Полюса и высоту и азимут светила можно представить в виде рядов, первым членом которых будут служить соответственно склонение или часовой угол, а для дальнейших малых членов—функций широты и местного времени—можно составить удобные номограммы.

Южнее 80° мы вели все вычисления астрономических наблюдений обычным путем.

Итак, астрономические определения показывали нам, что льдина неуклонно движется, в общем придерживаясь направления Гринвичского меридиана. Скорость этого движения не была постоянной; по мере того как мы спускались к югу, средняя скорость дрейфа от 2.6 мили, которые мы имели в начале пути, увеличилась до 12 миль в сутки у 70° . Первоначально казалось, что дрейф льда целиком зависит от ветра. Однако еще в лагере мы произвели некоторые подсчеты, которые показали, что одним ветром, дующим в нашем районе, дрейф льдины объяснить нельзя. Действительно, если вы посмотрите на график ветра и сравните его с кривой нашего дрейфа, то увидите, что между этими линиями нет подобия, какое было бы, если бы на льдину действовал только местный ветер. Например результирующая ветра за июль месяц весьма невелика, в то время как и в июле наша льдина заметно продвинулась на юг. Сравняя действие ветра в различных направлениях, можно было установить, что помимо движения, вызываемого ветром, дрейф имеет независимую от местного ветра составляющую, направленную в общем к югу. Эта составляющая так же увеличилась на юге нашего пути. Между 90 и 85° она имела величину около 1 мили в сутки, а близ 71° достигала 6—7 миль в сутки. На этот постоянный дрейф льда накладывалось действие местного ветра. Ветер гнал льдину со скоростью, которая составляла около $\frac{1}{100}$ скорости ветра по направлению, отклоненному вправо от направления ветра, благодаря известному правилу Кориолиса. Нам кажется, что постоянная слагающая дрейфа льда, во всяком случае в центральной Арктике, вызывается общим распределением ветра в Полярном бассейне, которое создает в океане некоторый генеральный дрейф льда, искажаемый в различных местах действием местного ветра.

Станция
Северный полюс.

Поступило
8 V 1938.