

Приложение  
в Вх. № 35с  
число 24/VI-57г

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА, ИОНОСФЕРЫ  
И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

СЕКРЕТНО

Экз. № 30

# МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СССР

Том 1

ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ОПИСАНИЕ РАБОТ  
ПО ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКЕ СССР



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ

ЛЕНИНГРАД • 1957

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА, ИОНОСФЕРЫ  
И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

СЕКРЕТНО

Инв. № 30

# МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СССР

Том 1

ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ОПИСАНИЕ РАБОТ  
ПО ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКЕ СССР

Составили:

М. М. ИВАНОВ, Н. Е. МАЛИНИНА,  
М. С. ПЕНКЕВИЧ и В. И. ПОЧТАРЕВ

Под редакцией  
М. С. ПЕНКЕВИЧ



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1957



5454

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	5
<i>Глава I. Исторический обзор Геомагнитных съемок на территории России с 1556 по 1917 г.</i> . . . . .	10
Период с 1556 по 1870 г. . . . .	10
Период с 1870 г. до Великой Октябрьской социалистической революции	14
Работа магнитной комиссии Академии наук . . . . .	16
Обзор изученности России к 1917 г. . . . .	20
<i>Глава II. Организация Генеральной магнитной съемки СССР и предшествовавшие ей работы</i> . . . . .	23
Съемочные работы за период после Великой Октябрьской социалистической революции до начала Генеральной магнитной съемки . . . . .	23
Работа особой комиссией по исследованию Курских магнитных аномалий (ОККМА) . . . . .	25
Подготовительные работы Геомагнитного отделения по организации и проведению Генеральной магнитной съемки СССР . . . . .	27
Постановление Совета Народных Комиссаров о проведении Генеральной магнитной съемки и первая сессия Геомагнитной комиссии в 1930 г. . . . .	32
Организация и проведение съемки, ее характер и обеспечение данными магнитных вариаций . . . . .	35
<i>Глава III. Приборы, служившие для измерения магнитных элементов при полевых работах по Генеральной магнитной съемке</i> . . . . .	47
Принципы астрономических и магнитных измерений, положенные в основу работ по Генеральной магнитной съемке . . . . .	49
Приборостроение . . . . .	50
<i>Глава IV. Методы полевых измерений</i> . . . . .	53
Астрономические определения широты места наблюдений . . . . .	53
Определение времени и азимута земного предмета (миры) . . . . .	54
Точность астрономических наблюдений . . . . .	59
Методы магнитных полевых измерений склонения . . . . .	62
Методы определения горизонтальной силы . . . . .	63
Погрешность определения горизонтальной силы . . . . .	66
Полевые измерения наклоения . . . . .	69
Внедрение других методов измерений наклоения . . . . .	70
Погрешности определения наклоения различными методами . . . . .	74
<i>Глава V. Организация партий и проведение полевых работ</i> . . . . .	82
Планирование полевых работ . . . . .	86
Контроль полевых измерений . . . . .	89
Проверка приборов до полевых работ . . . . .	89
<i>Глава VI. Обработка результатов наблюдений</i> . . . . .	94
Вычисление наблюдений с вертикальными весами . . . . .	112
Контроль наблюдений по существу . . . . .	114

	Стр.
<i>Глава VII.</i> Приведение магнитных наблюдений к середине года . . . . .	116
Приведение результатов наблюдений к середине года наблюдений . . . . .	116
<i>Глава VIII.</i> Приведение наблюдений разных лет к одной общей эпохе . . . . .	136
Практическая точность наблюдений, приведенных к одной эпохе . . . . .	145
<i>Глава IX.</i> Результаты Генеральной магнитной съемки . . . . .	155
Каталог Генеральной магнитной съемки . . . . .	155
Магнитные карты Союза ССР . . . . .	156
Краткий обзор работ по магнитной картографии за период 1931—1941 гг. . . . .	168
Заключение . . . . .	172
Литература . . . . .	180
Приложения . . . . .	183

## ВВЕДЕНИЕ

Магнитное поле на территории СССР является частью магнитного поля Земли, играющего в практической деятельности человека значительную роль.

Важное значение имеет земное магнитное поле для некоторых народнохозяйственных целей, для морской и воздушной навигации, для нужд геологии, для целей обороны.

Поэтому во всех странах земного шара проводилась и проводится магнитная съемка с целью изучения общего и детального географического распределения земного магнитного поля.

В Советском Союзе, где исследования научного и практического характера получили всесторонние возможности для своего развития, — в 1930 г., 21 августа, было вынесено специальное постановление Правительства о проведении на территории СССР Генеральной магнитной съемки (ГМС) со средней густотой сети — один абсолютный магнитный пункт на 400 км<sup>2</sup>.

В течение 1931—1942 гг. в результате огромной организационной, научной и практической работы большого коллектива работников Генеральной магнитной съемки была в основном выполнена.

По материалам ГМС были составлены каталоги и карты общего распределения магнитных элементов земного магнитного поля на территории СССР, карты нормального магнитного поля, получены ценные сведения о вековых изменениях магнитного поля. Эти материалы послужили также для выполнения ряда крупных теоретических работ, направленных на познание причин земного магнетизма и его особенностей.

Основные результаты ГМС изложены в многотомном труде «Магнитное поле СССР».

Том 1 издания «Магнитное поле СССР» содержит историю организации Генеральной магнитной съемки, события, предшествовавшие ей, и, наконец, описание выполнения работ по съемке от ее возникновения (1931 г.) и по 1942 г. Дальнейшие результаты работ по съемке будут изложены в последующих томах. Численный и картографический материал, представляющий результаты работ по магнитной съемке СССР и содержащийся в нескольких томах, опубликован раньше настоящего; однако все издание выходит в свет с большим запозданием. Главной причиной запоздания послужили события, связанные с Великой Отечественной войной.

Во время войны одна часть сотрудников, участвовавших в ГМС, сражалась в рядах Советской Армии, другая обеспечивала нужды армии и тыла разнообразными магнитными данными. Большое количество карт различных районов театра военных действий было выполнено за годы войны. Карты региональных магнитных аномалий составлялись для геологоразведочных организаций, работавших на поисках новых место-

рождений полезных ископаемых; производились специальные магнитные съемки по заданиям Министерства обороны.

Только после победоносного окончания Великой отечественной войны оказалось возможным вернуться к работам по завершению Генеральной магнитной съемки.

В первую очередь внимание НИИЗМ было обращено на оформление фактического цифрового и картографического материала и на его опубликование, чтобы дать возможность пользоваться им широкому кругу заинтересованных в этих данных организаций и учреждений. К настоящему времени цифровой и картографический материал полностью обработан и почти полностью опубликован. Числовые и картографические результаты магнитной съемки содержатся в томах 2, 3, 4 и 5 этого же издания.

Том 2, часть I содержит сводный систематический каталог магнитных определений Генеральной магнитной съемки СССР за 1931—1942 гг. [1].

Том 2, часть II содержит каталог магнитных определений в магнитных обсерваториях и на магнитных пунктах векового хода СССР [2].

Том 2, часть III включает алфавитный указатель к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки СССР [3].

В том 3 включены дополнения к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки СССР — наблюдения в некоторых районах СССР за 1900—1942 гг. [4].

Том 4 содержит атлас магнитных карт СССР для эпохи 1940 г. [5].

В томе 5 даны карты региональных аномалий.

В 1956 г. вышел из печати том 6, содержащий историю и результаты ГМС за период с 1943 по 1952 г.

У тех, кто пользуется сейчас и кто будет пользоваться в будущем результатами работ по Генеральной магнитной съемке, не было бы ясного представления о большом труде, вложенном в такое огромное и трудоемкое предприятие, как Генеральная магнитная съемка, без описания как ее готовили и как проводили.

Настоящий том содержит именно такой материал.

Большая задержка в опубликовании его отрицательно отразилось на нем, так как за период с 1943 по 1955 г. почти не освещенный в томе 1 в области развития ГМС произошли значительные достижения и изменения. Этот период освещен в томе 6 «Магнитного поля СССР».

Изучение магнитного поля России, начавшееся со случайных одиночных определений в середине XVI столетия, в дальнейшем не носило систематического характера. Примерно до половины XIX столетия магнитные наблюдения являлись одним из разделов работ различного рода экспедиций, проводившихся учреждениями и учеными обществами. Пункты наблюдений были расположены по преимуществу вдоль рек, по главным путям сообщения и по побережьям морей и океанов.

Несмотря на то, что русские ученые ясно представляли себе необходимость изучения магнитного поля России, они не встречали поддержки ни со стороны общественности, ни со стороны царского правительства. Часто наблюдения производили одиночки-энтузиасты, вкладывавшие в это дело не только свой труд, но и заработок.

Некоторое оживление в работе по магнитным наблюдениям произошло в 1909 и в последующие годы. М. А. Рыкачев, бывший в то время директором Главной физической обсерватории (ныне Главной геофизической обсерватории, ГГО), сумел добиться через Академию наук организации Междуведомственной магнитной комиссии и постановления царского правительства о проведении магнитной съемки России.

Однако специальных ассигнований правительством не было отпущено и съемка производилась на средства Академии наук, которая ежегодно расходовала на магнитные определения 10 000 руб. Много ли на это можно было сделать! В результате работ за время с 1910 по 1917 г. были произведены наблюдения на 1178 пунктах. К тому времени на всей территории России насчитывалось всего около 4000 пунктов наблюдений, расположенных весьма неравномерно. Это было все, на основании чего можно было строить магнитные карты. Ясности в представлении магнитного поля России на основании этих крайне недостаточных данных нельзя было получить.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции работы по изучению магнитного поля СССР приобрели должное направление и масштаб, достойные великой страны социализма.

Полная поддержка и всемерная помощь, оказываемые со стороны Партии и Правительства, грандиозные масштабы съемочных работ в СССР и проведение их по единому плану — все это принципиально отличает магнитную съемку СССР от съемок капиталистических стран.

Необычайно быстрые темпы съемочных работ, проводившихся в СССР после 1931 г., выдвинули ряд специфических особенностей, которые были успешно учтены в процессе работ.

Преодолевая встречавшиеся на пути трудности, учась на своих ошибках и исправляя их, советские магнитологи при поддержке Правительства и Партии выполнили возложенную на них задачу — Генеральную магнитную съемку СССР.

Одним из наиболее трудных был вопрос об обеспечении съемки кадрами специалистов. К началу ГМС по всему СССР имелось некоторое количество специалистов магнитологов, которые были привлечены к работам, на которые не могли полностью обеспечить всего объема съемочных работ. Специально организованное Бюро Генеральной магнитной съемки (БГМС) сумело вырастить необходимые для первых лет съемки дополнительные кадры. В 1932 г. и последующие годы кадры магнитологов пополнились квалифицированными специалистами из числа окончивших главным образом Ленинградский, а также Казанский и Московский университеты, где были организованы ранее геофизические специальности и из Ленинградского горного института. В общем в течение двенадцати лет съемки непосредственное участие в проведении полевых работ приняло около 330 человек, из которых 151 человек работал в качестве начальников партии (см. приложение 1). Около 20% этого состава были женщины, выполнившие до 15% всех полевых работ и основную массу камеральной обработки.

Также была разрешена не менее важная проблема съемки — обеспечение приборами. К началу магнитной съемки пришлось учесть все наличие магнитных приборов в СССР различных типов и фирм. Но уже в 1934 г. частично поступил на вооружение советский магнитный теодолит «Комбайн», который с 1935 г. — года наибольшего развертывания полевых работ — заменил устаревшие и изношенные приборы зарубежных фирм. С этого года теодолит «Комбайн», удобный и простой в обращении, прочный и приспособленный к неблагоприятным перевозкам, удовлетворял в основном потребность Советского Союза в походных магнитных приборах.

К отличительным чертам ГМС надо отнести следующие:

а) Масштабы и темпы съемочных работ. За двенадцать лет съемки произведены определения магнитных элементов более чем в 22 000 пунктах, что составляет среднюю густоту сети 1 пункт на 1000 км<sup>2</sup>. Разумеется, эта густота не всегда одинакова, достигая в населенных районах плотности в 1 пункт на 400 км<sup>2</sup>, в то время как север и большая часть

Азиатской части СССР покрыта лишь отдельными редкими маршрутами. Поразительна и быстрота, с которой проводилась съемка: в среднем в каждый год наблюдения выполнялись почти на 2000 пунктах. Магнитные съемки за рубежом проводились со значительно более низкими темпами: например, съемка Франции продолжалась 10 лет, со средним годовым количеством в 60 пунктов, причем наблюдателем был только один Муру, съемка Британской Индии продолжалась 10 лет, со средним годовым количеством в 110 пунктов. Быстрые темпы съемки СССР облегчили приведение всех наблюдений к одной эпохе с удовлетворительной для построения магнитных карт точностью.

б) Вся работа по съемке произведена по единому плану и единой методике, с одинаковыми по своей точности приборами и под руководством одного методического центра. Это обеспечило однородность материалов по качеству и точности и поэтому упростило их обобщение. На рис. 15а, б, в, г, д, е, ж (стр. 176—179) помещены снимки приборов, которыми была произведена Генеральная магнитная съемка.

в) Массовое применение при съемке вертикальных весов наивыгоднейшим образом отличают нашу съемку от зарубежных. Не имея в предыдущем прецедентов подобного рода, руководство ГМС успешно разрешило ряд вопросов методического характера, связанных с применением весов при маршрутных наблюдениях. Также были найдены методы обработки этих наблюдений и их картографического представления.

г) При проведении ГМС одним из важных вопросов было исключение суточных вариаций и приведение наблюдений к одной эпохе для построения карт. Своевременное (1924 г.) установление сети пунктов векового хода и производство наблюдений на ней обеспечили однородный материал для построения карт изопор. Разработанная в БГМС методика исключения вариаций, несмотря на ограниченное по сравнению с площадью количество действовавших магнитных обсерваторий, обеспечила удовлетворительное приведение наблюденных значений к середине года.

Положив в основу методы и принципы, которые были приняты при съемке, проводившейся до революции Академией наук, руководство ГМС в процессе ее выполнения сумело проложить новые пути для ускорения работ и улучшения их качества. Требующий большого труда и времени классический метод Гаусса — Ламона определения горизонтальной силы был заменен методом отклонений магнитами или кольцами с электрическим током. Для изготовления магнитов были применены стали новых марок, обладающие большой коэрцитивной силой. Несовершенный метод измерения наклона стрелочным инклинометром был заменен наблюдением углов отклонения методом индукции в мягком железе. Этот метод, помимо сокращения времени на производство наблюдений, в совокупности с определением  $\Delta Z$  вертикальными весами, повысил точность определения наклона по крайней мере в два раза по сравнению с определениями стрелочным инклинометром.

Разработка и применение новых методов массовой обработки и контроля вычислений, разнообразные методы контроля полевых наблюдений обеспечили высокое качество полученного материала.

Взятое по примеру съемки Академии наук среднее расстояние между пунктами наблюдений в 20 км, в общем не оправдало себя для цели, поставленной Генеральной магнитной съемкой — изучения общего распределения элементов земного магнетизма на территории СССР. Для этого сеть в 1 пункт на 400 км<sup>2</sup> слишком густа. Для изучения же степени аномальности магнитного поля эта сеть редка. В процессе работы этот недостаток съемки также исправлялся. Некоторые районы покрывались более густой сетью пунктов (например, Карельская АССР, Рязанская и Саратовская обл.), по другим (например, Средняя Азия) густота сети

была меньше (1 пункт на 1600 км<sup>2</sup>). Введение наблюдений  $\Delta Z$  между абсолютными пунктами по пути следования партии позволили значительно детальнее изучить картину магнитного поля, а также охарактеризовать величину и направление простирания аномалий.

Большим достижением ГМС является средоточие всего архивного материала по съемке в одном месте. Этот обширный материал является богатейшим источником для дальнейших научных исследований и обобщений в области земного магнетизма.

Социалистические методы труда, широко развернутое социалистическое соревнование, живейшее и активнейшее участие партийных органов и общественности в организации труда и проведении работ по съемке по многим содействовали Генеральной магнитной съемке, критика и самокритика привели к наилучшему и быстрейшему развертыванию и проведению съемочных работ.

Одновременно с ростом и развитием работ, связанных непосредственно со съемкой, развивались и другие направления исследований земного магнитного поля. Крепла и расширялась сеть магнитных обсерваторий СССР, усовершенствовались методы картографического представления результатов ГМС.

В процессе работ по съемке БГМС было объединено с другими отделами ГГО, работавшими в области земного магнетизма, и пополнено группами, занимающимися разработкой теоретических вопросов, связанных с интерпретацией магнитных аномалий, а также вопросами магнитного картографирования. К 1939 г. отделы ГГО, занимавшиеся вопросами земного магнетизма, представляли в целом совершенно сформировавшееся научное учреждение, занявшее ведущую роль в СССР по вопросам исследования земного магнитного поля с четко выраженным профилем работы. В целях укрепления и развития научно-исследовательских и оперативных работ в области земного магнетизма СНК СССР вынес постановление от 30 октября 1939 г. о выделении с 1 января 1940 г. из состава ГГО всех отделов, занимающихся земным магнетизмом, вместе с Павловской магнитной обсерваторией в самостоятельный Научно-исследовательский институт земного магнетизма (НИИЗМ), подчиненный непосредственно Главному управлению гидрометеорологической службы СССР. Директором института с начала организации и до настоящего времени является Н. В. Пушков. В 1956 г. НИИЗМ был реорганизован в Научно-исследовательский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (НИЗМИР) и перешел в подчинение Министерства Связи СССР.

Огромный размах, который приняли работы по Генеральной магнитной съемке и вообще в области земного магнетизма, возможен только в великой стране социализма, где Партия и Правительство проявляют повседневную заботу о процветании науки, и где свободно может расти и развиваться творческая научная мысль и инициатива.

Составители настоящего тома «Магнитное поле СССР» счастливы, что им была поручена большая и почетная задача описания работ по ГМС. Они надеются, что в меру своих сил они достаточно полно и объективно изложили весь ход этих работ по съемке.

Авторами настоящего тома являются:

М. С. Пенкевич — ответственный редактор и составитель III, IV, V, VI глав и введения.

М. М. Иванов, составивший VII, VIII главы, заключение и раздел о вековом ходе главы IX.

Н. Е. Малинина, составившая I, II, IX главы.

В. И. Почтарев, принявший участие в составлении введения, главы IX и заключения.

## ГЛАВА I

### ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ГЕОМАГНИТНЫХ СЪЕМОК НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ С 1556 ПО 1917 г.

ПЕРИОД С 1556 ПО 1870 г.

Работы отечественных и иностранных исследователей с 1556 по 1825 г.

Первое магнитное определение в России, дошедшее до нас, было произведено С. Барроу 17 июля 1556 г. вблизи устья р. Печоры во время его плавания, имевшего целью открытие северо-восточного прохода. В этом же году С. Барроу наблюдал склонение на Новой Земле и на о. Вайгаче, а в 1557 г. определил склонение в Холмогорах, у Собачьего Носа и Трех Островов.

На протяжении второй половины XVI века и за весь XVII век в России в общей сложности было сделано всего лишь около шестидесяти определений, преимущественно склонения; наклонение наблюдали только на некоторых пунктах. Все это были лишь единичные, случайные определения лиц, проезжавших через Россию.

В XVIII веке количество магнитных определений возрастает. Наблюдения уже начинают принимать характер до некоторой степени систематических исследований географического распределения магнитных элементов. Делаются первые попытки повторных определений с целью выявления величины векового хода, правда, в весьма ограниченных масштабах.

Руководящим центром этих исследований становится Российская Академия наук, учрежденная в 1725 г., в которой наряду с другими дисциплинами начали заниматься изучением земного магнетизма и проводить магнитные наблюдения во время путешествий и экспедиций.

С учреждением Академии наук были начаты наблюдения склонения и наклонения в Петербурге, где на протяжении XVIII века — с 1726 по 1784 г. — произведено свыше десяти отдельных определений.

Петербург явился первым магнитным пунктом в России, где был накоплен длинный ряд наблюдений и для которого можно было получить величину векового хода за рассматриваемый период времени.

Начиная с XVIII века в производстве магнитных наблюдений принимают большое участие русские мореплаватели и гидрографы.

Беринг, возглавлявший «Первое морское путешествие Россиян, предпринятое для решения географической задачи: соединяется ли Азия с Америкой, и совершенное в 1727, 28 и 29 годах», произвел определения склонения в ряде пунктов на море и на Камчатке. Им же были сделаны первые наблюдения склонения в нескольких пунктах на Аляске.

Первые магнитные наблюдения в Сибири относятся к 1731 г., когда были произведены наблюдения склонения в Красноярске, Нижнеудинске, Нерчинске, Нерчинском заводе и Кяхте.

В 1765 г. в России было начато генеральное межевание земель. В инструкцию к производству межевания входило требование точного опреде-

ления склонения; в действительности при межевании склонения не определяли, однако, вслед за началом генерального межевания возрос интерес к магнитным определениям. Хотя по сравнению с предыдущим веком количество магнитных определений по всей России значительно возросло, все же к концу XVIII века определений склонения и наклонения было еще очень немного (порядка 400), и точность их была невысока.

К 1769 г. относятся многочисленные определения магнитных элементов, главным образом в Европейской России, связанные с путешествиями астрономов для наблюдения прохождения Венеры через диск солнца во время солнечного затмения (Исленев, Пикте, Румовский, Эйлер).

В 1770—1780 гг. число пунктов значительно возрастает благодаря главным образом работам Иноходцева, который попутно с астрономическими определениями наблюдал склонение во многих городах Европейской России.

В 1786—1792 гг. имеем определения Сарычева в северо-восточной части Сибири, Ледовитом море и Восточном океане, произведенные им во время Гидрографической и Астрономической экспедиции 1785—1793 гг.

На рис. 1 показаны пункты преимущественно склонения, заснятые в России к 1800 г. Из рисунка видно, как мало было пунктов на громадной территории России и как неравномерно они распределялись.

До конца XVIII века измеряли только склонение и наклонение. Относительный способ измерения горизонтальной силы земного магнитного поля был введен только после открытия Кулоном в 1785 г. закона взаимодействия магнитных масс.

Этот относительный метод довольно широко применяли в морских и сухопутных экспедициях конца XVIII и начала XIX века.

В первой четверти XIX века значительное количество магнитных определений в России, особенно на ее северных окраинах, и в чужих странах произвели знаменитые русские мореплаватели: Анжу, Врангель, Коцебу, Крузенштерн и Литке.

### Организация магнитных обсерваторий на территории России

Начиная со второй четверти XIX века исследование земного магнетизма в России значительно расширяется и углубляется. Начинается систематическое изучение магнитных вариаций, создается сеть магнитных обсерваторий и продолжается изучение географического распределения магнитных элементов.

В 1823 г. молодой русский ученый Купфер, только что назначенный профессором физики и химии Казанского университета, начал проводить систематические наблюдения над положением магнитной стрелки склонения в Казани.

В результате параллельных наблюдений склонения Купфера — в Казани и Араго — в Париже была установлена одновременность начала магнитных бурь в этих двух пунктах.

В 1828 г. Купфер начал постройку магнитной обсерватории при Казанском университете, магнитный павильон которой был закончен в 1829 г. В этом же году Купфер был избран академиком и переехал в Петербург.

В 1829 г. Российская Академия наук поручила Купферу организацию магнитных обсерваторий в России. В 1829 г. была построена магнитная обсерватория в Николаеве. 1 октября 1829 г. были произведены первые ежечасные наблюдения склонения в Казани, Николаеве и в Петербурге. В Петербурге эти первые наблюдения были сделаны Купфером в физическом кабинете Академии наук.

Магнитный павильон в Петербурге был построен несколько позже, в 1830 г., близ Петропавловской крепости.

В результате одновременных наблюдений в Николаеве (наблюдал Ленц) и Петербурге Купфер установил изменение (увеличение) амплитуды суточного хода склонения с широтой места наблюдения.

### Магнитные наблюдения с 1826 по 1880 г.

В 1829 г. Купфер совместно с Ленцем и другими исследователями совершил экспедицию на Кавказ и поднятие на Эльбрус для производства магнитных определений, в результате которых пришел к заключению, что сила земного магнетизма с высотой ослабевает.

В 1830 г. Академия наук командировала астронома Г. Фусса в Пекин и поручила ему провести по пути следования астрономические и магнитные наблюдения и установить в Пекине магнитную обсерваторию.

На многих пунктах своего пути Фусс определил три элемента земного магнетизма. Магнитный павильон был построен Фуссом на участке русской миссии в Пекине и Пекинская обсерватория вошла в русскую сеть магнитных обсерваторий.

В результате этих и некоторых других экспедиций 1828—1830 г., т. е. в течение только трех лет Сибирь и Восток Европейской России были покрыты рядом маршрутов, количество магнитных пунктов на которых достигало 500. Можно считать, что за эти три года была произведена по существу как бы первая рекогносцировочная съемка России. Определения 1828—1830 гг. позволили построить весьма приближенные карты по трем элементам для всей территории России [6].

Многие пункты определений 1828—1830 гг. совпадали с пунктами ранних наблюдений Анжу, Врангеля и др. В дальнейшем эти повторные пункты были использованы для вывода векового хода магнитных элементов и некоторые из них вошли в сеть пунктов векового хода, основанную геомагнитным отделением Главной геофизической обсерватории в 1924 г.

На рис. 2 представлены все пункты магнитных определений, главным образом склонения с 1800 по 1830 г. и пункты Фусса по 1832 г., всего в количестве более 900 пунктов. Повторные пункты отмечены особо.

В 1830—1840 гг. основное внимание Купфера было направлено на создание сети магнитных и метеорологических обсерваторий в России. К организации этой сети Академия наук привлекла и Горное ведомство.

Начальник штаба Корпуса горных инженеров Чевкин, которому Ученый комитет горных инженеров поручил рассмотрение проекта Купфера об организации обсерваторий, находящихся в ведении Горного департамента, писал относительно этого проекта: «предмет одного хотя и не принадлежит делу горному, но столь важен для наук, что отказать ему в содействии неприлично никакому ученому сословию, а тем паче горному, которое исключительно в целом отдаленном краю Урала и Восточной Сибири имеет возможность оным заниматься». [7].

В 1834 г. проект организации сети магнитных и метеорологических обсерваторий Горного ведомства был утвержден. Наблюдение за исполнением проекта было возложено на Чевкина, который в свою очередь поручил это дело Купферу. Таким образом, Купфер осуществлял общее и научное руководство всеми магнитными обсерваториями России. Результаты наблюдений всех обсерваторий поступали в единый центр — в Российскую Академию наук.

Как уже указывалось выше, все измерения горизонтальной силы до 1833 г. были относительные. В 1832 г. Гаусс опубликовал работу «Напряженность земной магнитной силы, приведенная к абсолютной мере» [8], в которой предложил абсолютную систему физических единиц и изложил метод измерения абсолютной величины горизонтальной силы, применяемый в настоящее время.

Ни в какой стране новый метод Гаусса не отразился с такой силой, как в России, где в это время создавалась сеть магнитных обсерваторий. Все магнитные обсерватории России сразу же были снабжены новейшими приборами системы Гаусса.

В 1839 г. была опубликована вторая, широко известная теоретическая работа Гаусса «Общая теория земного магнетизма» [9], в которой Гаусс показал, что потенциал геомагнитного поля в любой точке поверхности земли можно разложить по шаровым функциям, не делая никаких предположений о законе распределения магнитных масс внутри земного шара.

Упоминая об этой работе Гаусса, нельзя не остановиться на работах его русского современника и отчасти предшественника — профессора Казанского университета И. М. Симонова.

Главная заслуга И. М. Симонова заключается в том, что он впервые в науке о земном магнетизме вывел выражение для напряженности магнитного поля однородно намагниченного земного шара и для производных потенциала, т. е. им был определен первый член разложения магнитного потенциала земли в ряд по шаровым функциям, определенный впоследствии Гауссом.

Работа И. М. Симонова по этому вопросу была опубликована на русском языке в 1835 г. [10]; за границей она была напечатана в 1837 г. [11].

Высокую степень развития работ в области земного магнетизма в России во второй четверти XIX века прекрасно характеризуют следующие слова современников. В записке Чевкина от 31 марта 1834 г. говорится: «Россия одна содержит в себе более пунктов важных для теории земного магнетизма нежели вся Европа». [7].

В связи с организацией в России обширной сети магнитных станций от Петербурга до Пекина Гумбольдт в 1839 г. писал: «Нигде в Европе эта полезная отрасль физических наук, тесно связанная с потребностями мореплавания, не была развита в такой высокой степени. Лондонское королевское общество еще только совещается о проведении в действие того, что уже 8 лет исполняется прекрасно подготовленными молодыми людьми, воспитанниками Горного института». [7].

Гумбольдт в 1836 г. предложил Лондонскому королевскому обществу учредить, по примеру России, такую же систему наблюдений в колониях Англии, чтобы по всему земному шару иметь сеть магнитных обсерваторий для одновременных наблюдений. Таким образом, в первой половине XIX века Россия являлась ведущей страной в области изучения магнитного поля земли.

После утверждения в 1834 г. проекта создания магнитных обсерваторий Горного ведомства, конец 1834 и 1835 гг. Купфер употребил на организацию новых магнитных обсерваторий — нормальной при Горном институте в Петербурге, магнитной и метеорологической — в Екатеринбурге (Свердловске), а также на преобразование и пополнение прежних обсерваторий в Нерчинске и Барнауле.

Наблюдения в нормальной обсерватории в Петербурге были начаты в 1835 г., в других обсерваториях — с 1836 г.

В 1837 г. была построена магнитная и метеорологическая обсерватория в Тифлисе.

В отчете Купфера [7] за 1841 г. говорится: «Итак, мы имеем семь станций магнитных наблюдений уже действующих в Петербурге, Гельсингфорсе, Казани, Екатеринбурге, Барнауле, Нерчинске, Ситхе, ведутся постройки обсерваторий в Николаеве и Тифлисе».

Станция в Ситхе (Сев. Америка) была в ведении Российско-Американской компании, общее руководство ее работами осуществляла Российская Академия наук. Магнитная обсерватория в Гельсингфорсе была организована при Университете.

Результаты магнитных наблюдений, произведенных в Петербурге и в других магнитных обсерваториях с 1829 по 1835 г., помещены в специальном издании [13].

После больших трудов Купферу удалось исходатайствовать разрешение на устройство Главной физической обсерватории, которая была построена в 1849 г. Купфер был ее первым директором.

С 1865 г. результаты ежечасных наблюдений магнитных обсерваторий стали печататься в издании: «Летописи Главной физической обсерватории».

Таким образом, в первой половине XIX века в России была создана сеть магнитных обсерваторий, охватившая громадное пространство — от ее западных границ (Петербург, Гельсингфорс) до крайних восточных владений в Америке (Ситха), обеспечившая в дальнейшем изучение вариаций магнитного поля в этих пунктах и его вековых изменений. Привязка маршрутных магнитных определений к ближайшим обсерваториям значительно повысила точность этих определений.

Рост числа магнитных определений, отчетливо наметившийся в первой четверти XIX века и достигший наибольшей величины в 1828—1830 гг., затем резко обрывается. В наблюдениях наступает период затишья, который продолжается почти 40 лет, до 1870 г. На протяжении этого времени имеется лишь небольшое количество магнитных определений.

#### ПЕРИОД С 1870 г. ДО ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

С 1870 г. снова наступает оживление работ по исследованию географического распределения магнитных элементов на территории России.

В работы включаются мореплаватели и гидрографы, военные топографы и геодезисты, Русское географическое общество (основано в 1845 г.), отдельные университеты и Российская Академия наук.

Обзор этого периода начнем с рассмотрения работ И. Н. Смирнова.

#### Экспедиционные работы И. Н. Смирнова 1871—1878 гг.

Планомерная экспедиция, поставившая своей задачей изучение магнитного поля России, была осуществлена трудами доцента Казанского университета И. Н. Смирнова в 1871—1878 гг. В течение восьми лет И. Н. Смирнов впервые произвел наблюдения на специально разработанной им сети пунктов, равномерно распределенных в Европейской части России, Западной Сибири, Финляндии и на Кавказе с тем, чтобы по возможности изучить магнитное поле.

Работы по магнитной съемке И. Н. Смирнов начал летом 1871 г. Материальные средства на съемку у И. Н. Смирнова были очень скудные. В покрытие расходов, кроме Казанского университета, участвовали разные ученые общества, состоящие при университетах, а в последние годы и Географическое общество. Любовь к своему делу у И. Н. Смирнова была так велика, что ввиду отсутствия в Казанском университете достаточно точного магнитного теодолита, он приобрел этот прибор на свои личные средства. По этому поводу в отчете за 1871 и 1872 гг. И. Н. Смирнов пишет: «Инструмент стоил мне с доставкой в Уфу 555 руб. Хотя эта сумма несколько велика для моих средств, но я совершенно забываю о ней во время наблюдений инструментом «Эллиота».

Наблюдения И. Н. Смирновым проведены с большой тщательностью одними и теми же высокоточными приборами. На каждом пункте имелось большое количество серий наблюдений, продолжавшихся в течение 2—4 дней. Даны хорошие описания пунктов.

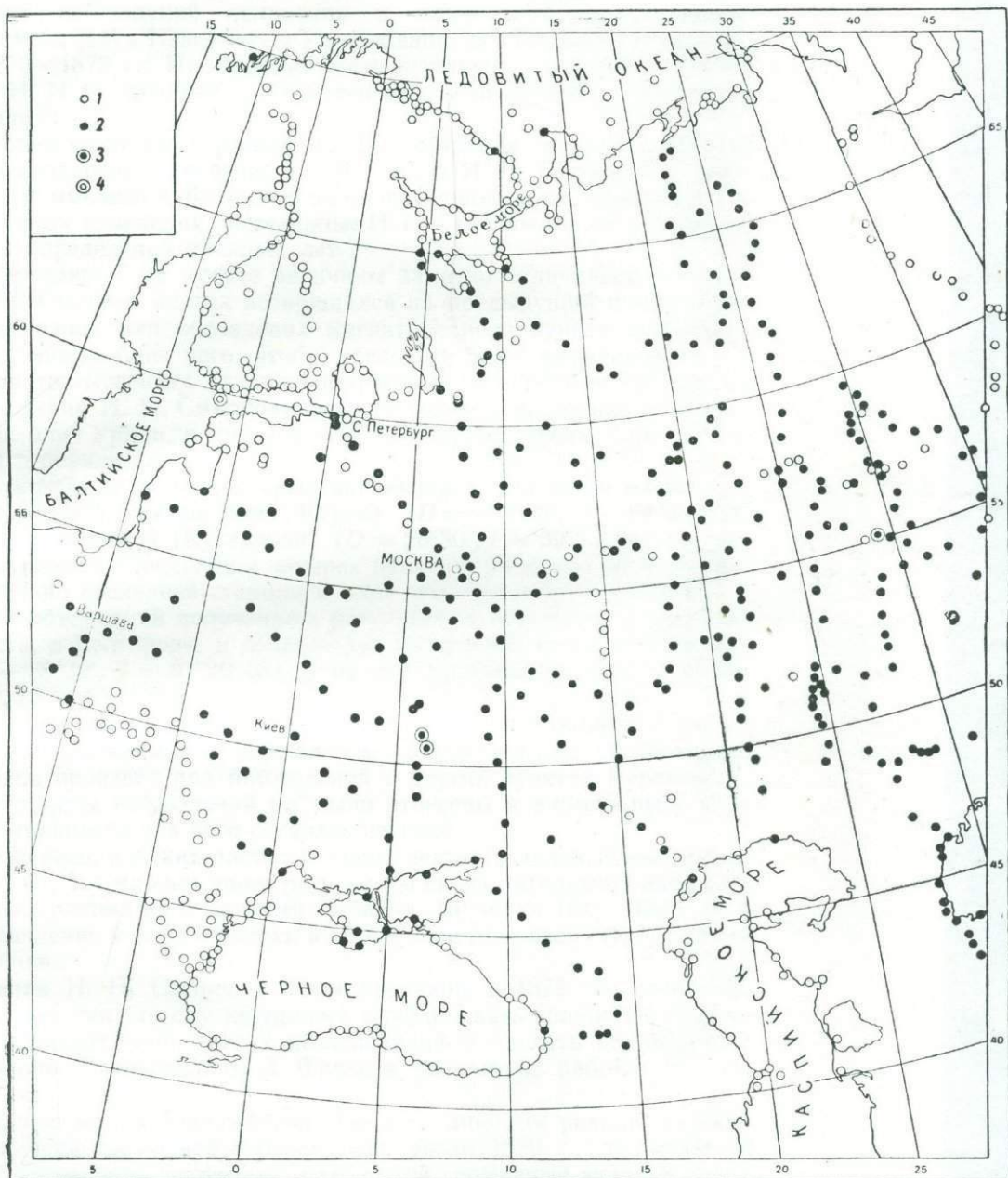


Рис. 3. Схема магнитных пунктов с карты А. Тилло эпохи 1880 г.  
 1 — пункты наблюдений до 1870 г., 2 — пункты наблюдений 1870—1880 г., 3, 4 — аномалии.

И. Н. Смирнова нельзя рассматривать просто как наблюдателя. Это был вдумчивый исследователь, стремившийся выявить картину магнитного поля России, и заложивший надежную сеть пунктов магнитных определений — основу для последующего изучения векового хода.

Результаты наблюдений склонения и наклона опубликованы И. Н. Смирновым [14] в Известиях и Ученых записках Казанского университета за 1873—1879 гг. Наблюдения горизонтальной силы были вычислены самим И. Н. Смирновым, а после его смерти проверены и опубликованы А. Тилло [15].

Полное представление о работе И. Н. Смирнова можно получить, только ознакомившись с его отчетами. В отчетах И. Н. Смирнова в каждом пункте, где имелись наблюдения за более ранние годы, приводятся и величины годовых изменений, выведенные И. Н. Смирновым на основании его данных и определений прежних лет.

Если наблюдаемые на пункте величины заметно отличались от ожидаемых, И. Н. Смирнов иногда возвращался на предыдущий пункт и повторял наблюдения, или обследовал магнитное поле пункта, наблюдая в нескольких точках близ него, чтобы убедиться в его аномальности.

Благодаря тщательному анализу полученных результатов тут же на пункте наблюдений И. Н. Смирнову удалось выявить несколько аномальных районов: близ Урала, в Вятской губ., Самарских степях, близ г. Риги и в Курской губернии.

Получив в 1874 г. несколько «выскакивающие» значения магнитных элементов в Ямской слободе близ Курска ( $D = +4^{\circ}28'$ ,  $I = 64^{\circ}39',43$ ), затем на ст. Крюковской (Кустарной) ( $D = 26^{\circ}30'$ ,  $I = 59^{\circ}53',24$ ) он сделал еще не полные наблюдения в четырех пунктах, различно расположенных относительно последней станции и тоже получил иные значения.

Не находя объяснений полученным результатам, остановился недалеко от этого места, в Белгороде, и отнаблюдал на юго-восточной стороне города ( $D = -28^{\circ}30'$ ,  $I = 61^{\circ}26',08$ ) и на его противоположной окраине ( $D = 27^{\circ}12'$ ,  $I = 64^{\circ}41',31$ ).

Получив значения магнитных элементов, не согласующиеся с имеющимися представлениями о нормальном распределении магнетизма, И. Н. Смирнов произвел ряд наблюдений в других пунктах Курской губернии. Все пункты наблюдений им были отнесены к аномальным, хотя причина аномальности для него осталась неясной.

Чтобы выяснить, в каких частях России следует в дальнейшем проводить съемку, И. Н. Смирнов нанес результаты своих пятилетних наблюдений на карты, сравнил их с картами Сэбайна [16] эпохи 1840—1845 гг. и рассчитал смещение изогон от эпохи к эпохе, отметив различную скорость их перемещения.

Наблюдения И. Н. Смирнова были прерваны в 1878 его болезнью, а затем смертью, так что ему не удалось опубликовать полностью результаты своих упорных многолетних исследований и сделать обобщающие выводы. Выводы были сделаны А. Тилло в нескольких работах [17, 15, 22].

Рассмотрение карты Европейской России с линиями равного склонения и наклона магнитной стрелки для эпохи 1880 г., составленной А. Тилло [17], отчетливо показывает нам, какой громадный вклад в науку о земном магнетизме сделал И. Н. Смирнов. Приводим выкопировку схемы магнитных пунктов с этой карты (рис. 3).

Сплошными кружками показаны пункты в количестве 350, сделанные после 1870 г., из них 291 пункт И. Н. Смирнова, а остальные 59 пунктов, в основном заснятые в Арало-Каспийской низменности.

Все пункты наблюдений за предыдущие годы (до 1870 г.), отмеченные на схеме небольшими окружностями, расположены вдоль побережий

морей, если не считать небольшого количества вне береговой полосы. Размещение пунктов И. Н. Смирнова на данной карте совершенно очевидно показывает, что без этих пунктов карта эпохи 1880 г. почти для всей территории Европейской России являлась бы весьма приближенной, мало чем отличающейся от карты Сэбайна.

А. Тилло выводит точность наблюдаемых значений склонения и наклона из определений И. Н. Смирнова, равную  $\pm 1' - 2'$  по склонению и  $\pm 1'$  по наклону и в заключении пишет: «Заканчивая мое сообщение, позволю себе высказать полное мое удивление перед замечательным трудом г. Смирнова, который по всей справедливости может быть назван магнитной съемкой России».

Условия, в которых протекала работа замечательного ученого-энтузиаста И. Н. Смирнова, так много сделавшего для своей страны, наглядно свидетельствует о полном равнодушии царского правительства к судьбе русской науки.

### Экспедиционные работы разных ведомств

Вскоре после присоединения к России Туркестана, в Ташкенте был организован военно-топографический отдел, одной из задач которого являлось производство магнитных определений, попутно с астрономическими и топографическими работами в Туркестане.

В начале 70-х годов параллельно с такого рода работами в Арало-Каспийской низменности Тилло, Оводовым, Шарнгорстом и Дорантом были сделаны магнитные определения в 57 пунктах.

Из наблюдателей 70-х годов следует указать Миллера, который в 1873—1874 гг. во время экспедиции в Восточную Сибирь произвел магнитные определения в 60 пунктах, и Говгарда, сделавшего ряд определений вдоль северного побережья Сибири во время шведской экспедиции 1878—1880 гг. на судне «Вега».

Из гидрографов, работавших в 70-х годах, укажем Белавенца и Майделя. Белавенц в 1870 г. провел магнитные определения во время плавания речным путем из Петербурга в Архангельск, а также в Белом море и Северном Ледовитом океане. Майдель наблюдал в 1870 г. вдоль Мурманского побережья и в 1876 г. по побережью Восточного океана.

В период 1867 по 1894 г. большое количество магнитных определений в Азии и Европе (509 пунктов) были сделаны директором русской обсерватории в Пекине Фритше.

За период с 1880 г. до Великой Октябрьской социалистической революции большое количество магнитных определений было выполнено русскими гидрографами на море и на суше попутно с гидрографическими работами. Все данные этих определений опубликованы в каталоге, изданном ГГО, под редакцией Б. П. Вейнберга [19, 46, 47].

### РАБОТА МАГНИТНОЙ КОМИССИИ АКАДЕМИИ НАУК Организационные мероприятия

Магнитная съемка Европейской России, произведенная И. Н. Смирновым в 1871—1878 гг., хотя и по редкой сети, по существу явилась началом систематических съемок всего земного шара, начатых во второй половине XIX века.

В 80—90-х годах были проведены сплошные съемки различной густоты (с расстоянием между пунктами от 10 км в Голландии до 40 км в Англии) Франции и Алжира, Британских островов, Голландии, Австрии, Италии, Дании и частично Швеции. Таким образом, к концу прошлого столетия магнитной съемкой уже была покрыта часть Западной Европы.

Академия наук, сознавая необходимость производства сплошной магнитной съемки России, еще в 1893 г. выработала проект этой съемки, предусматривающий наблюдения через 40 верст. Только полное отсутствие необходимых средств не позволило Академии наук осуществить в то время этот проект.

Широкие мероприятия, проводимые в области изучения земного магнитного поля за границей в начале XX столетия, не могли не волновать Академию наук и побудили ее вторично поднять вопрос о необходимости магнитной съемки России.

М. А. Рыкачев (директор Главной физической обсерватории и председатель Международной Магнитной комиссии) в докладе «О магнитных съемках за границей и о продолжении магнитной съемки в России», прочитанном им на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей в 1909 г. в Москве, говорил: «Потребность в этом (в съемке. *Ред.*) так велика, что если мы этого не сделаем, то за нее примутся американцы. Но удобно ли, чтобы Российская Империя наравне с необитаемыми и дикими странами была исследуема на средства Магнитного департамента Карнеги» и дальше «Я надеюсь, я уверен, что такого позора не будет».

В 1908 г. Академия наук назначила Магнитную комиссию с целью выработки плана магнитной съемки России, организации этих работ и изыскания необходимых средств.

В Комиссию вошли представители Академии наук, Главной физической и подведомственных ей магнитных и метеорологических обсерваторий, различные университеты и научные общества. Комиссия начала свои работы с 1909 г.

В результате работ комиссии уже в начале 1910 г. ею был заслушан и обсужден «Предварительный проект магнитной съемки России», составленный Д. А. Смирновым. Принятый с некоторыми изменениями план съемки затем был представлен на рассмотрение Академии наук, которая в том же году одобрила его и постановила отпускать ежегодно в течение 10 лет по 10 000 рублей на магнитную съемку России.

Так как эта сумма была совершенно недостаточной, то было решено испросить у правительства особые кредиты на съемку и утвердить Магнитную комиссию для проведения работ по магнитной съемке России.

В марте 1911 г. Академия наук просила об учреждении при Академии наук комиссии для производства магнитной съемки России и об отпуске комиссии средств на работы по съемке и на приобретение необходимых для съемки приборов.

В 1912 г. при Академии наук была утверждена Междуведомственная Магнитная комиссия для производства магнитной съемки России из представителей различных министерств, Главной физической обсерватории и университетов.

На первом заседании этой комиссии, состоявшемся в сентябре 1913 г., был окончательно принят план [20] магнитной съемки России, предусматривавший три вида съемочных работ: 1) сплошную съемку в Европейской части, исключая северные и юго-восточные районы, 2) маршрутную съемку в Азиатской части и в районах Европейской части, где сплошная съемка исключалась и 3) наблюдения на сети основных пунктов с целью вывода векового хода элементов земного магнетизма.

Расстояние между пунктами сплошной съемки было принято в 20 верст (один пункт на 400 кв. верст) с возможными отклонениями не более 5 верст, что в общей сложности составляло 7000 пунктов. В это число не входили пункты Финляндии и Кавказа, съемка которых должна была осуществляться Центральной обсерваторией финляндского Ученого общества и Тифлисской обсерваторией.

Наблюденные величины магнитных элементов должны были удовле-



творять следующей точности: склонение и наклонение  $\pm 2'$  и горизонтальная сила  $\pm 10\gamma$

Для съемки не был предусмотрен единый тип приборов. Съемку рассчитывали провести в течение 10—15 лет.

Кроме существующих магнитных обсерваторий (Павловск, Саданкюля, Екатеринбург, Тифлис, Иркутск), было намечено создать обсерватории около Варшавы, Москвы, Казани, Одессы, Харькова и Никольск-Уссурийска. Считая радиус действия обсерваторий от 400 до 600 верст в средней и южной полосе, предполагалось на время съемки установить в удаленных от обсерватории районах две временные вариационные станции.

Печатной инструкции для полевых работ не было. Минимальная программа работ на каждом пункте допускала делать по одной серии определений каждого элемента.

Маршрутная съемка в северных и юго-восточных окраинах Европейской России, в Сибири и Средней Азии предусматривала магнитные наблюдения вдоль нескольких главнейших маршрутов, намеченных (вдоль дорог, рек, выючных троп) с таким расчетом, чтобы исследуемая площадь была покрыта возможно равномернее сетью пунктов, где это допустимо, через 100 верст.

В пунктах, где имелись старые наблюдения, требовались более многочисленные определения для того, чтобы в дальнейшем эти пункты можно было включить в сеть основных пунктов Азиатской части России.

Наблюдения на сети основных пунктов в Европейской России должны были производиться для изучения векового хода. Намечалось 75 основных пунктов со средним расстоянием между ними порядка 200 верст.

Была принята смета расходов, выразившаяся окончательно в сумме 115 160 руб., отпускаемых ежегодно, и 87 000 руб., испрашиваемых единовременно на приобретение необходимых приборов и оборудования.

В дальнейшем эти кредиты на магнитную съемку России так и не были отпущены царским правительством и те работы, которые Магнитной комиссии удалось осуществить в период с 1910 по 1917 г., проводились на средства Академии наук, отдельных учреждений и даже частных лиц.

Работа по съемке, руководимая Магнитной комиссией, проводилась вплоть до конца 1917 г. Затем Магнитная комиссия прекратила свое существование и ее материалы, переданные Главной физической обсерватории, поступили в геомагнитное отделение последней, организованное в 1923 г.

### Экспедиционные работы

Как указано выше, царское правительство так и не отпустило специальных кредитов на магнитную съемку России.

Съемка частично была проведена в 1910—1917 гг. на средства, отпущенные для этой цели Академией наук заинтересованными в съемке ведомствами и даже частными лицами. В силу этого и очередность съемочных работ определялась не каким-либо единым государственным планом, а диктовалась финансируемыми организациями. Поэтому и районы детальной съемки, заснятые Академией наук, оказались разобщенными.

Для иллюстрации как пример приводится съемка Вельского удельного округа и Подольской губ.

По принятому плану Вельский удельный округ Вологодской губ. должен был покрываться маршрутной съемкой. Но Главное управление уделов выразило пожелание (весьма целесообразное), чтобы вместо проектируемой была произведена сплошная съемка и отпустило для этой цели 15 000 руб. Управление было заинтересовано в скорейшем проведении

съемки именно в этом районе, так как при прокладке по буссоли просек в громадных лесных массивах округа обнаружилось, что просеки были не параллельны, как требовалось, а шли под углом. Проведенная детальная съемка выявила наличие магнитных аномалий, вызвавших непараллельность просек при прокладке их с помощью буссолей.

Съемка именно Подольской, а не какой-либо иной губернии, была проведена в первую очередь только потому, что этого пожелал граф Морков, имение которого находилось в этой губернии и который отпустил средства и на съемку всей Подольской губернии и на покупку магнитографа для временной вариационной станции.

Крайне малые средства, которыми располагала Магнитная комиссия для производства магнитной съемки России, и обусловили имевшие место низкие темпы работ.

В помещенной ниже табл. 1 приведено количество пунктов сплошной и маршрутной съемки по отдельным годам, заснятым в течение всего периода работ.

Таблица 1

Пункты съемки	Годы наблюдений								
	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	Всего
Сплошной . . . . .	73	46	75	124	120	169	41	16	664
Маршрутной . . . . .	215	49	42	49	15	57	69	18	514

Для приведения к эпохе наблюденных значений магнитных элементов пользовались данными ближайших магнитных обсерваторий или специально установленных временных вариационных станций. При этом районы съемки не выходили за пределы принятого радиуса действия обсерватории в 400—600 верст.

На средства Главного гидрографического управления в 1910—1914 гг. производились наблюдения на берегах Балтийского, Черного и Азовского морей, под руководством заведующего Павловской обсерваторией В. Х. Дубинского рядом наблюдателей.

В разные годы параллельно сплошной съемке произведены маршрутные определения по рр. Сосьве и Тавде, по р. Енисею от Красноярска до о. Диксона и на севере Европейской России.

### Издательская деятельность Магнитной комиссии

Обработка результатов магнитной съемки России и подготовка их к печати производилась сразу после окончания полевых работ.

Данные опубликованы в записках Академии наук в виде отдельных выпусков, имеющих название «Магнитная съемка Российской Империи». До прекращения своей деятельности Магнитная комиссия опубликовала только часть результатов наблюдений.

Остальные результаты наблюдений Академией наук не были опубликованы вовсе, а в обработанном виде поступили в архив геомагнитного отделения Главной физической обсерватории и затем уже были напечатаны в «Каталоге магнитных определений» [19].

К началу XIX века количество магнитных определений в Сибири было ничтожно мало (см. рис. 1). В 30-х годах оно значительно увеличивается благодаря главным образом экспедиционным определениям того времени, но продолжает оставаться совершенно недостаточным. Из рис. 2 видно, что за период 1800—1830 гг. наблюдения произведены лишь по отдельным маршрутам вдоль Сибирской магистрали, по побережью восточных морей и Северного Ледовитого океана (от Берингова пролива до р. Лены) и по рр. Оби, Лене и частично по Енисею.

После 30-х годов и до начала текущего столетия в магнитных наблюдениях наступает период затишья, прерванный в 60-х годах лишь многочисленными маршрутными определениями Фритше.

В начале текущего столетия имеем наблюдения Д. А. Смирнова по Обь-Енисейскому каналу и от Владивостока до Варшавы и определения других лиц в районе оз. Байкал.

С 1910 г. в Сибири начинается производство систематических наблюдений благодаря инициативе, непосредственному руководству и участию члена Междуведомственной Магнитной комиссии Академии наук, профессора Томского технологического института Б. П. Вейнберга.

Почти ежегодно в течение ряда лет с 1910 по 1923 г. включительно Б. П. Вейнбергом и его сотрудниками по Физической лаборатории Томского технологического института, при участии сотрудников Екатеринбургской и Иркутской магнитных обсерваторий производятся многочисленные определения.

Всего за период с 1910 по 1915 г. включительно силами сотрудников Физической лаборатории было заснято 257 пунктов в Монголии, на Алтае, в Средней Азии, по рр. Енисею, Иртышу и Оби.

После двухлетнего перерыва в 1916 и 1917 гг. съемка Сибири, проводимая Б. П. Вейнбергом и его соработниками, снова возобновляется в 1918 г. и продолжается по 1923 г. включительно. О работах этого периода будет сказано в следующем разделе.

#### ОБЗОР ИЗУЧЕННОСТИ РОССИИ К 1917 г.

О степени изученности магнитного поля России к 1917 г. можно судить по рис. 4, на котором нанесены все пункты магнитных определений с 1831 по 1916 г. включительно.

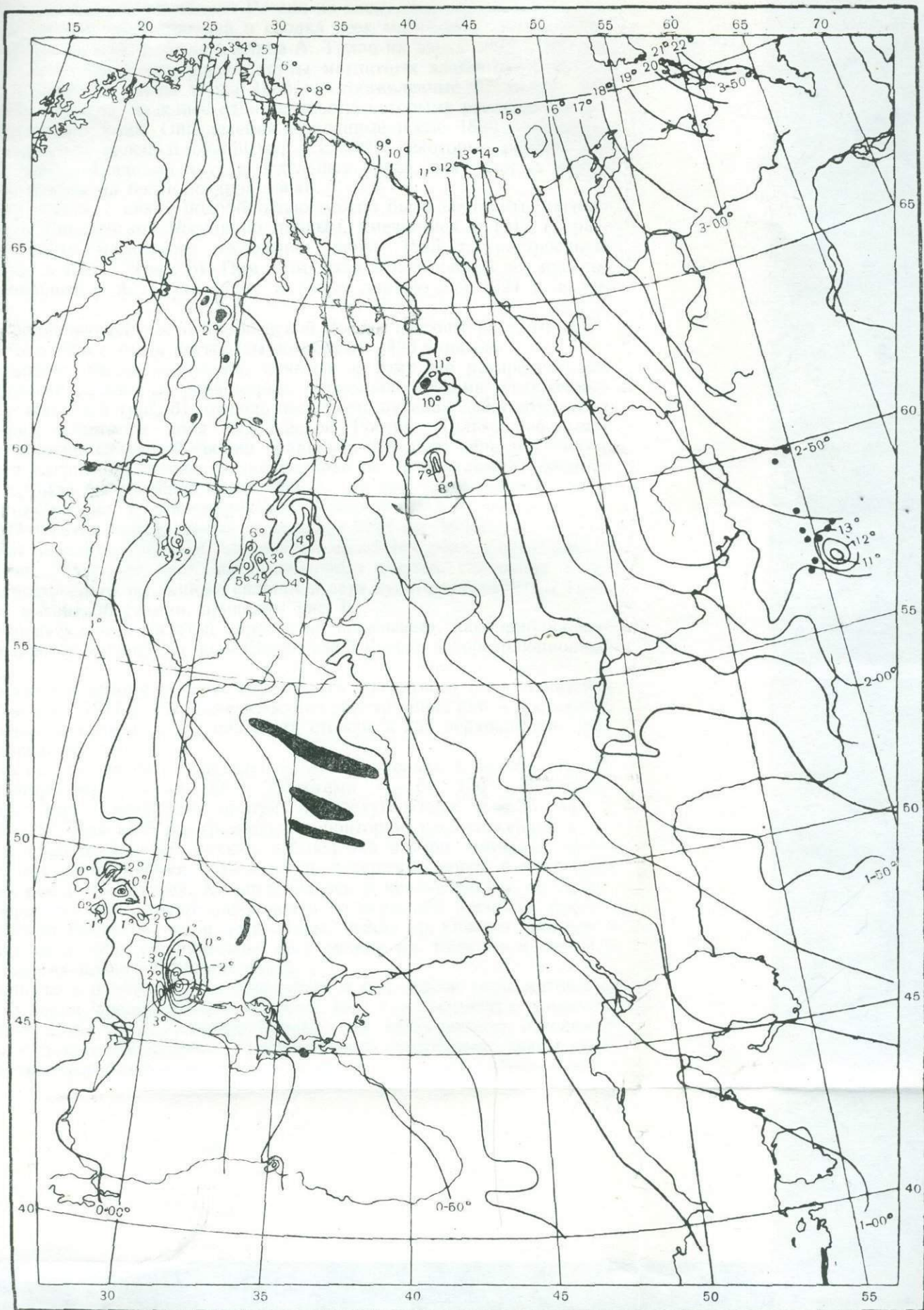
Наблюдения предыдущего периода 1800—1830 г., представленные на рис. 2 при этом обзоре, можно вовсе не принимать во внимание, как перекрытые почти полностью последующими определениями 1831—1916 гг.

Из рис. 4 видно, что в Европейской России имелись только отдельные, сравнительно небольшие участки, заснятые сплошной съемкой, а остальная территория была покрыта редкой сетью маршрутных определений.

Расстояния между соседними пунктами на маршрутах различны и колеблются от 50 до 300 верст. Местами, например, вдоль побережья Черного, Азовского, Каспийского и частично Баренцова морей пункты значительно сгущаются.

Расстояния между соседними маршрутами тоже неодинаковы и доходят до 600—700 верст в северной и юго-западной части Европейской России. В силу редкой сети пунктов внутри больших территорий, доходящих до 250—350 тысяч квадратных верст, наблюдения совершенно отсутствуют.

Но все же в целом вся Европейская Россия к 1917 г. была покрыта сетью магнитных определений и имела хотя значительное, но далеко не



— 1    ■ 2    • 3

Рис. 5. Карта магнитного склонения Европейской части СССР для эпохи 1925 г.  
 1 — изогоны (восточное склонение + западное —), 2 — районы магнитных аномалий, 3 — аномальные пункты.

достаточное количество повторных пунктов, необходимых для вывода векового хода магнитных элементов.

Магнитных карт Европейской России на эпоху, близкую к 1917 г., не было, так же как отсутствовала и сводка всех магнитных определений. Такая сводка по 1880 г. была сделана А. Тилло на эпоху 1880 г. Им же для этой эпохи были составлены карты магнитных элементов и карты изопор. Магнитные карты эпохи 1880 г., составленные А. Тилло для Европейской России, являлись единственными, которыми располагала дореволюционная Россия. Определения, сделанные после 1880 г., продолжали оставаться неиспользованными, исключая некоторые районы детальной съемки Академии наук и отдельных морей, для которых карты были составлены на более поздние эпохи.

Чтобы судить, с какой подробностью можно было построить магнитные карты Европейской России по данным, имевшимся к 1917 г., рассмотрим карту магнитного склонения эпохи 1925 г., построенную Н. В. Розе в 1925 г. (рис. 5). При этом были использованы все пункты, опубликованные у А. Тилло (719) и новые данные по 1924 г. включительно.

Для подавляющей части Европейской России изогоны на карте склонения эпохи 1925 г. были построены по данным 1433 пунктов.

Это крайне малое количество пунктов, к тому же распределенных географически далеко не равномерно, определило весьма сглаженный характер изолиний (рис. 5), отнюдь несоответствующий действительному характеру магнитного поля Европейской России. Только небольшие участки районов сплошной съемки правильно передают характер изогон.

Карта магнитного склонения, построенная по материалам, имевшимся к 1917 г., была бы подобной карте 1925 г., так как, кроме данных, представленных на рис. 4, для построения последней имелось дополнительно лишь 287 пунктов, определенных за период с 1917 по 1924 г.

Чтобы показать, насколько отличается магнитное поле, данное картой склонения 1925 г., от поля, представленного картой склонения эпохи 1950 г., построенной по данным сплошной сети пунктов через 20 км Генеральной магнитной съемки, приводим рис. 6.

Сравнение изогон на этой карте ясно показывает, как приближенно знали характер магнитного поля Европейской России в дореволюционный период.

Перейдем к обзору степени изученности магнитного поля Азиатской части России к 1917 г. Уже поверхностное рассмотрение рис. 4 достаточно убедительно показывает, как низка эта степень и как неравномерно распределялись пункты.

Довольно густая сеть определений имела только в полосе, ограниченной широтами  $\varphi = 48-60^\circ$  и долготами  $\lambda = 60-130^\circ$  и в участке Средней Азии, лежащем внутри четырехугольника  $\varphi = 36-44^\circ$  и  $\lambda = 66-80^\circ$ . Для всей же громадной территории, расположенной к северу от широты  $\varphi = 60^\circ$ , пункты наблюдений внутри материка почти отсутствуют. Они имеются только вдоль побережья морей и некоторых крупных рек (Обь, Енисей, Хатанга, Оленек и крайне редкие по Лене).

Совершенно отсутствуют наблюдения на огромной площади, простирающейся от Берингова моря до р. Лены, между рр. Обью и Енисеем и к западу от р. Оби. Их ничтожно мало между рр. Енисеем и Леной и в ряде других более мелких площадей.

В записке о необходимости проведения в ближайшие годы магнитной съемки Сибири, представленной в начале 1921 г. в Магнитную комиссию Академии наук, Б. П. Вейнберг писал: «В практическом отношении в связи с диктуемой жгучими хозяйственными интересами страны необходимостью скорейшего выяснения производительных сил Сибири — этого

неисчерпаемого золотого запаса естественных богатств для всей России — магнитные исследования и сопутствующие им астрономические определения (особенно важны даже при меньшей точности ввиду крайней скудности сведений по картографии Сибири) должны быть выдвинуты на первый план среди других геофизических исследований»...

Сводка всех магнитных определений Сибири с 1820 по 1918 г. для площади широтой  $\varphi > 45^\circ$  и долготой  $\lambda > 60^\circ$  была сделана Б. П. Вейнбергом [21].

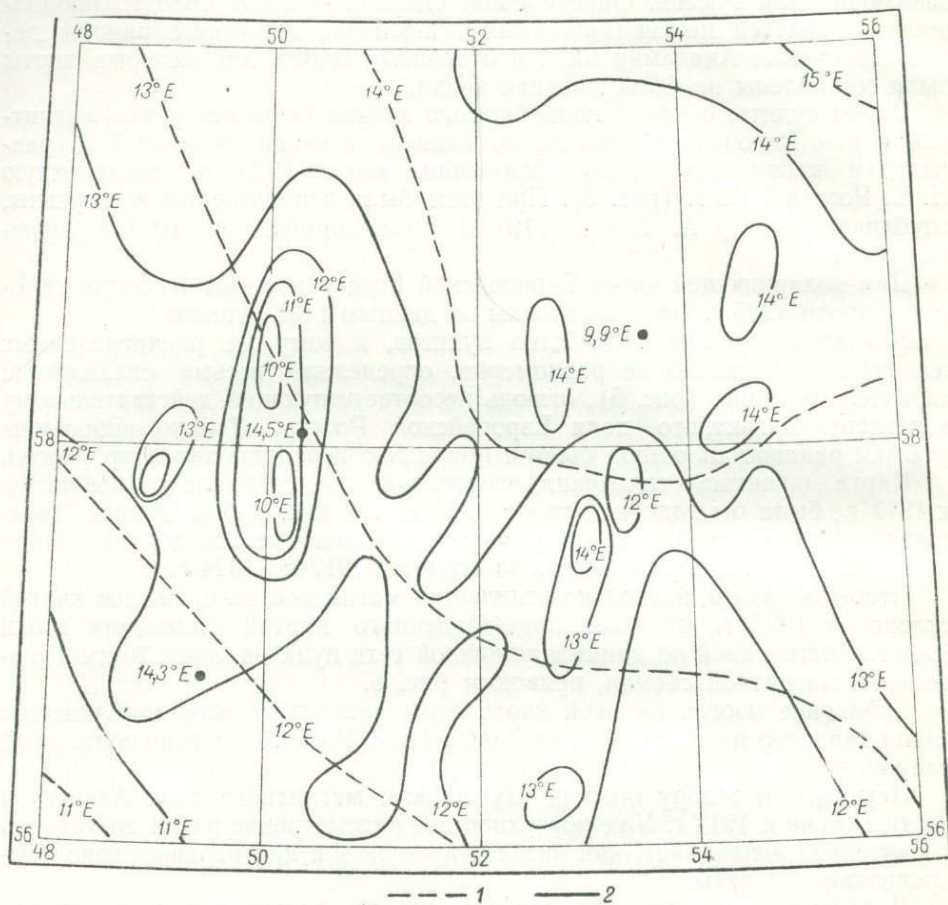


Рис. 6.

1 — изогоны с карты 1925 г., приведенные к эпохе 1950 г., 2 — изогоны с карты 1950 г.

Несколько позже, в 1925 г., Б. П. Вейнберг совместно с Р. Р. Циммерманом распространил сводку магнитных определений [22] на район Средней Азии, ограниченный широтами  $\varphi = 35^\circ$  и  $\varphi = 45^\circ$  и долготами  $\lambda = 50^\circ$  и  $\lambda = 90^\circ$ .

Кроме сводки магнитных определений, в статье помещены таблицы суммарных изменений склонения, наклонения и горизонтальной силы за промежутки времени от 1860, 1875, 1890, 1900 и 1910 гг. до 1925 г. и сильно сглаженные карты этих элементов.

Из сделанного краткого обзора работ следует, что в 1917 г., ввиду крайне малого количества наблюдений, магнитных карт для всей Сибири не имелось. По отдельным районам карты были составлены уже после Великой Октябрьской социалистической революции, в течение первого

десятилетия, и в основном по имевшимся к 1917 г. данным. В силу бедности данных, карты дают лишь общую, сильно схематизированную картину магнитного поля отдельных районов Сибири почти без его детализации.

При рассмотрении работ, производившихся по изучению магнитного поля в дореволюционной России, резко бросается в глаза совершенное равнодушие к ним царского правительства и вытекающее отсюда отсутствие помощи в этих работах со стороны государства.

Все, что было сделано в этом направлении было обязано инициативе отдельных учреждений (Академия наук, Главная физическая обсерватория, Главное гидрографическое управление, университеты и проч.), научных обществ и отдельных лиц, беззаветных тружеников на поприще науки.

И все же несмотря на трудности работы по изучению магнитного поля России часто опережали границу (работы И. М. Симонова, съемки первой четверти XIX века, организация сети магнитных обсерваторий, съемка И. Н. Смирнова).

В 1925 г. за границей был поднят вопрос о создании на всем земном шаре постоянно действующей сети (довольно редкой) пунктов для изучения векового хода магнитных элементов.

Для СССР это мероприятие явилось запоздалым, так как в СССР была создана значительно более густая сеть таких пунктов, на которых с 1924 г. уже проводились наблюдения.

## ГЛАВА II

### ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ СССР И ПРЕДШЕСТВОВАВШИЕ ЕЙ РАБОТЫ

#### СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ ЗА ПЕРИОД ПОСЛЕ ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ ДО НАЧАЛА ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

В первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции, когда все силы молодой Советской страны были брошены на борьбу с контрреволюцией и интервентами, работы по магнитной съемке хотя и прекращались, но проводились в весьма ограниченном объеме.

В этот период была построена в Маточкином Шаре обсерватория, явившаяся самой северной обсерваторией на всем земном шаре.

В 1921 г. в ГГО была организована небольшая группа сотрудников, которая стала заниматься и вопросами земного магнетизма под руководством Н. В. Розе.

#### Съемка Сибири

После двухлетнего перерыва, с 1918 г. продолжалась магнитная съемка Сибири, осуществлявшаяся по инициативе Б. П. Вейнберга.

За период с 1918 по 1923 г. Б. П. Вейнбергом и его соратниками были произведены магнитные наблюдения в 261 пункте в Азиатской России, а за все время этих работ — в 518 пунктах.

#### Работы Гидрографического управления и арктических экспедиций в 1918—1923 гг.

Главное Гидрографическое управление Народного Комиссариата ВМС продолжало принимать большое участие в производстве магнитных определений. Наблюдения проводились гидрографами отдельных гидрографических отрядов попутно с работами последних.

В течение периода 1918—1923 гг. гидрографические работы проводились главным образом в морях, омывающих СССР с севера и востока, и явились в основном мероприятиями по изучению и хозяйственному освоению Арктики.

В последующие годы в СССР были развернуты обширные исследовательские работы в Арктике, в результате которых значительно уточнилось представление о магнитном поле этой, еще сравнительно мало исследованной, области.

Значительное количество магнитных данных в высоких широтах было получено во время двукратного плавания Норвежской научной экспедиции под начальством Р. Амундсена на судне «Мод» с 1918 по 1924 г.

### Съемки магнитных обсерваторий, Гидрографического управления и различных ведомств с 1924 по 1930 г.

Вопросы организации геомагнитных исследований в СССР в общесоюзном масштабе впервые были поставлены геомагнитным отделением ГГО на Всесоюзном геомагнитном совещании в 1924 г.

Для наблюдения на сети пунктов векового хода и для производства абсолютных магнитных определений в СССР, начиная с 1924 по 1930 г. включительно, были привлечены следующие организации:

- 1) Главная геофизическая обсерватория через геомагнитное отделение со всеми магнитными обсерваториями;
- 2) университеты: Ленинградский, Томский, Казанский, Харьковский;
- 3) учреждения Академии наук, Гидрографическое управление и его гидрографические отряды отдельных морей — ЦУМОР, Главная палата мер и весов, Государственный научно-исследовательский геофизический институт, Главное геодезическое управление, Геологический комитет, Геологоразведочный институт, горный отдел ВСНХ и Среднеазиатский метеорологический институт.

Количество пунктов векового хода, на которых были произведены определения в период 1924—1930 гг., показано по отдельным годам в табл. 2.

Таблица 2

Количество пунктов	Годы наблюдений							Всего
	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	
Пункты векового хода . . . . .	24	21	28	44	34	40	21	212

Следовательно, в течение этих семи лет были сделаны наблюдения на 212 пунктах векового хода. При этом на 55 пунктах в разные годы этого же периода эти наблюдения были уже повторными с промежутками между ними в 2—4 года. Таким образом, к моменту начала Генеральной магнитной съемки была установлена постоянная сеть пунктов векового хода и на большинстве из них в Европейской части СССР проведены магнитные определения. Эти данные с последующими определениями уже в период съемки обеспечили надежное приведение наблюдаемых значений магнитных элементов к единой эпохе.

Кроме наблюдений на пунктах векового хода, в рассматриваемый период были сделаны абсолютные магнитные наблюдения более чем в 500 пунктах.

В этот период ГГО взяла на себя инициативу по организации геомагнитных исследований в СССР и, таким образом, сыграла ведущую роль в деле изучения магнитного поля нашей страны.

## РАБОТА ОСОБОЙ КОМИССИИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КУРСКИХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИИ (ОККМА)

### История вопроса

Величайшие в мире Курские магнитные аномалии были открыты в 1874 г. И. Н. Смирновым, хотя значительно ранее, в XVIII веке П. Иноходцев установил наличие больших отклонений в магнитном склонении в районе бывшей Курской губернии.

В дальнейшем инициативу в исследовании открытой И. Н. Смирновым Белгородской магнитной аномалии взяло на себя Русское географическое общество, направившее с этой целью ряд наблюдателей.

По предложению общества Н. Д. Пильчиков в 1883 и 1884 гг. провел наблюдения в районе Белгородской аномалии, в результате которых обнаружил пределы изменения *D* и *I*.

Затем студент Петербургского университета Д. Д. Сергиевский в 1889 г. продолжил исследование, произведя определения в 155 пунктах. В результате этих наблюдений была открыта новая аномалия в селе Непхаеве более сильная, чем известная ранее.

В 90-х годах, в связи с подготовкой вопроса о магнитной съемке России, при Географическом обществе была образована постоянная магнитная комиссия, которая наряду с другими должна была заниматься и вопросами дальнейшего исследования Белгородской и Непхаевской аномалий.

Для выполнения этой последней задачи в 1893 г. в Курскую губернию был направлен студент Петербургского университета А. Е. Родд, определивший магнитные элементы в 133 пунктах и получивший еще большие отклонения от нормы.

Результаты определений Родда остались неопубликованными ввиду намечавшихся в то время исследований Курских аномалий Лейстом (бывшим в то время профессором Московского университета) и предполагавшихся наблюдений директора Парижской магнитной обсерватории Мура, только что закончившего магнитную съемку Франции. Приглашение последнего было вызвано повышенным интересом иностранных специалистов к обнаруженной аномалии.

Муро произвел наблюдение во всех уездах Курской губернии, произведя наблюдения на 102 пунктах и выявив еще большие изменения магнитных элементов с экстремальными значениями в Кочетовке, что соответствовало и данным, полученным в свое время Роддом. С этого времени аномалию стали называть Курской.

Хотя геологи того времени считали невозможным объяснить Курскую аномалию присутствием железных руд, наличие которых в этой области они не допускали, все же в связи с предполагаемой многими (не геологами) рудоносностью Курской аномалии, этот вопрос привлек к себе большое внимание.

Курское губернское земство, будучи тоже весьма заинтересовано в открытии на его землях железных месторождений, просило Э. Е. Лейста заняться попутно со съемочными работами выяснением вопроса возможной рудоносности. Несмотря на ряд фактических данных (нахождение в разных местах кусков руды, выхода ее на поверхность, наличие железистых вод), причины Курской аномалии продолжали оставаться невыясненными.

Исследование Курской аномалии продолжал Э. Е. Лейст, который

в течение 15 лет, начиная с 1896 по 1909 г. произвел наблюдения примерно на 4500 пунктах. При этом он выявил наличие двух аномальных полос северной и южной, т. е. дал картину, которая в настоящее время считается общеизвестной [23].

Основные результаты многолетней работы Лейста для нас пропали. Летом 1918 г. он уехал в Германию для лечения, где вскоре и умер. Несколько позже выяснилось, что подлинники наблюдений, оставшиеся не напечатанными, и составленные Лейстом магнитные карты он вывез с собой в Германию. В этом выразилась ненависть буржуазного ученого к Советской власти.

### Особая комиссия по исследованию Курских магнитных аномалий (ОККМА) и ее работы

Когда выяснилась невозможность получения результатов наблюдений Лейста, народный комиссар Л. Б. Красин поручил П. П. Лазареву разработать план и смету работ по новой съемке в районе Курских магнитных аномалий, чтобы окончательно разрешить вопрос о количестве там запасов железной руды. По рекомендации А. Н. Крылова было решено проводить съемку с помощью пятидюймовых компасов, снабженных дефлекторами де-Колонга и картушками с качающимися стрелками, позволяющими определять горизонтальную и вертикальную силу геомагнитного поля с точностью до  $1/2$ — $1/4$ %, вполне достаточной для поставленной задачи.

Организация и непосредственное руководство магнитными и гравитационными работами комиссии по исследованию Курских магнитных аномалий было поручено П. П. Лазареву. Комиссия была причислена к Московскому отделению Комиссии по исследованию естественных и производительных сил (КЕПС), работавшей под руководством Академии наук.

Съемочные работы продолжались с 1919 по 1925 г. включительно, обработка результатов закончилась в 1926 г.

Непосредственными научными руководителями работ по исследованию КМА в области земного магнетизма являлись А. И. Заборовский и Б. М. Яновский, которые в процессе съемки уточняли и несколько видоизменяли методику наблюдений и разрешали вопросы, связанные с густотой сети, для полного охвата обследуемого района и выявления всех его особенностей.

В течение первого года в связи с близостью фронта условия работы отряда были весьма трудными. Даже в это весьма напряженное для Советской страны время правительство сделало все возможное, чтобы создать нормальные условия работы и максимально обеспечить сотрудников всем необходимым. Квалифицированные специалисты, входящие в отряд, обеспечивали должное качество всех работ по съемке.

Результаты магнитной съемки, проводившиеся КМА с 1919 по 1925 г., представлены в виде атласа магнитных карт склонения, горизонтальной и вертикальной силы магнитного поля, изданном в 1927 г. [24].

В весьма кратком предисловии указано, что атлас содержит карты наблюденных значений магнитных элементов и дан список работ, выполненных под общим руководством П. П. Лазарева, послуживших основой для составления атласа.

Как теперь известно, Курские аномалии обусловлены присутствием железистых кварцитов, залегающих на глубине порядка 100—200 м и создающих в некоторых районах этой аномалии напряженность магнитного поля в 4 раза превышающую его нормальную величину.

Для исследования КМА производились, кроме магнитометрических работ, также гравиметрические и геологические.

Таким образом, на КМА впервые было применено в широком масштабе комплексное изучение аномалии различными геофизическими методами разведки и показано преимущество и эффективность этих методов.

## ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ГЕОМАГНИТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ СССР

### Работы магнитной группы ГГО

Вскоре после прекращения магнитной съемки России (в 1917 г.), проводившейся Академией наук, Магнитная комиссия Академии наук прекратила свои работы. В 1921 г. все материалы магнитной комиссии были переданы ГГО и поступили в пользование магнитной группы.

Уже в самом начале своего существования эта группа поставила перед собой задачу — провести некоторые подготовительные работы для систематической магнитной съемки СССР. Для приведения результатов предстоящей съемки к единой эпохе нужно было прежде всего обеспечить получение годовых изменений магнитных элементов. Для этого необходимо было наметить постоянную сеть пунктов векового хода или, как их тогда называли, опорных магнитных пунктов, наблюдения на которых надо было немедленно начать и повторять регулярно.

Такая сеть пунктов векового хода была составлена для Европейской части СССР. В основу ее были положены пункты, на которых имелись определения в предшествующие годы; на части же пунктов наблюдения надо было произвести заново.

В результате просмотра имевшихся наблюдений и систематизации их для выбора сети пунктов векового хода Н. Е. Малининой в 1923 г. была выполнена работа: «О вековом ходе земного магнетизма на севере Европейской части СССР» [25]. В работе даны карты изопор  $D$ ,  $I$ ,  $H$ , представляющие средние годовые изменения этих элементов за период 1880—1920 гг. Это были первые карты изопор, составленные после карт А. Тилло, эпохи 1880 г. для сравнительно большой площади России.

### Работы геомагнитного отделения ГГО

В 1923 г. на базе магнитной группы по инициативе ее сотрудников в ГГО было образовано геомагнитное отделение в составе Н. В. Розе и сотрудников Е. В. Кракау, Н. Е. Малининой и М. С. Пенкевич. Несколько позже отделение было пополнено Н. Н. Трубяччинским и Б. П. Вейнбергом.

Основной задачей геомагнитного отделения, определившей и его тематику в первые годы работы, явилась подготовка к проведению Генеральной магнитной съемки СССР. В соответствии с этим работы отделения, кроме проведения основных организационных мероприятий, связанных с предстоящей Генеральной магнитной съемкой, были направлены на:

- а) составление руководств и инструкций для производства магнитных наблюдений;
- б) изучение векового хода;
- в) разработку новой методики измерений и конструирование приборов;
- г) съемочные работы на пунктах векового хода и абсолютных магнитных пунктах и разведочные работы методического характера;
- д) сбор, систематизацию и подготовку к печати всех магнитных определений, произведенных в СССР и сопредельных странах.

Чтобы обеспечить полное единообразие магнитных наблюдений при намечавшихся массовых работах по съемке с заданной точностью, нужно

было вооружить наблюдателей единым руководством. Такое руководство было составлено Н. В. Розе в 1923 г. и издано в том же году ГГО в литографированном виде [26]. Руководство состояло из 134 страниц машинописи.

В руководстве были помещены вспомогательные таблицы, облегчающие вычисление некоторых поправок и множителей при обработке астрономических и магнитных наблюдений, таблицы суточного хода склонения, наклонения и горизонтальной силы в Павловске и карты изопор этих элементов для периода 1880—1920 гг.

В 1928 г. ГГО было издано «Краткое руководство» для работ по магнитной съемке Н. В. Розе и Н. Н. Трубяччинского [27], расширенное по сравнению с литографированным изданием 1923 г. и пополненное новыми главами.

Ко времени выхода Руководства из печати интерес к магнитным наблюдениям настолько возрос, что оно очень быстро разошлось и потребовалось его переиздание.

В 1931 г. вышло в свет второе издание Краткого руководства [28].

Начало планомерного изучения вековых вариаций магнитного поля в СССР следует отнести к 1924 г., когда геомагнитное отделение установило постоянную сеть пунктов векового хода и начало наблюдения на этих пунктах.

Систематические наблюдения на сети магнитных пунктов векового хода продолжались в течение всего подготовительного к Генеральной магнитной съемке периода 1924—1930 гг. Кроме геомагнитного отделения, проводившего эти работы в полном своем составе, наблюдения на пунктах векового хода проводились другими организациями и учреждениями.

Результаты магнитных наблюдений после их обработки поступали в геомагнитное отделение и печатались в Геомагнитном и электрометеорологическом бюллетене, издаваемом ГГО. Первые два выпуска бюллетеня вышли из печати в 1925 г.

В течение этого подготовительного к съемке периода сотрудниками геомагнитного отделения был выполнен и опубликован ряд работ в области векового хода [22, 30, 31], в результате чего все имевшиеся данные для вывода векового хода на Европейской части СССР были систематизированы и использованы и вековой ход был в первом приближении известен. Весь этот комплекс работ в большой степени облегчил не только использование магнитных данных для составления карт, но и дальнейшее планирование работ по изучению векового хода.

Н. Н. Трубяччинским с 1927 г. начали проводиться работы по переконструированию теодолита Шосселона с целью измерения горизонтальной силы в поле электрическим методом.

Геомагнитное отделение принимало также участие в выполнении работ по разработке методики магнитных разведок, проводившихся Институтом прикладной геофизики. С этой целью, начиная с 1925 г., Геомагнитное отделение в течение всего подготовительного к Генеральной магнитной съемке периода провело ряд магнитных микросъемок методического характера на различных объектах.

Такие микросъемки были произведены на бокситах [32], на Липецких железорудных месторождениях [33], на бурых железняках в Тульском железорудном районе, в Никопольском районе на месторождениях марганца [34] и в ряде других мест и районов.

В течение подготовительного к Генеральной магнитной съемке периода геомагнитное отделение провело большую работу по сбору, систематизации и подготовке к печати всех магнитных определений, имевшихся в СССР и сопредельных странах с 1556 г. по 1930 г. включительно. Эта

работа явилась продолжением работы по сбору магнитных данных, начатой ранее в ГГО Э. В. Штеллингом.

Сбор материалов и составление затем каталога производил в основном Б. П. Вейнберг лишь при некотором, сравнительно небольшом, участии остальных сотрудников геомагнитного отделения.

Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах, состоящий из трех частей, изданный под редакцией Б. П. Вейнберга, вышел из печати в 1929—1933 гг.

Первая часть его [19] содержит результаты определений  $D$ ,  $I$  и  $H$  с 1556 по 1925 г. для 8400 пунктов. Значения магнитных элементов даны наблюдаемые или приведенные к середине года наблюдения и к эпохе 1925 г. В каталоге помещены и таблицы суммарных вековых изменений  $D$ ,  $I$ ,  $H$  за периоды от 1830, 1850, 1870, 1880, 1890, 1900, 1910, 1920 гг. до 1925 г., послужившие для приведения наблюдаемых значений разных лет к эпохе 1925 г. Таблицы суммарных вековых изменений даны для территории, ограниченной  $35$  и  $85^\circ$  северной широты и  $25$  и  $195^\circ$  восточной долготы от Гринича.

Вторая часть каталога [35] содержит дополнения и исправления к первой части, список использованных при составлении каталога источников, алфавитный указатель станций и карты склонения, наклонения и горизонтальной силы для СССР на эпоху 1925 г.

В третьей части каталога [36] помещены результаты магнитных определений с 1926 по 1930 г., приведенные к середине года наблюдения и к эпохе 1930 г., таблицы годовых изменений  $D$ ,  $I$  и  $H$  за 1926—1930 гг., список литературных источников, алфавитный список станций и карты  $D$ ,  $I$ ,  $H$  и  $Z$  для СССР на эпоху 1930 г., составленные С. С. Рузовым.

Большое научное значение каталога как единой сводки всех магнитных определений, произведенных в СССР до начала Генеральной магнитной съемки, очевидно. Таблицы суммарных вековых изменений также являются сводкой данных по вековому ходу для всего Советского Союза, которыми располагали к 1930 г.

Наконец, собранные воедино в каталоге результаты всех определений в СССР позволили построить магнитные карты для всей территории Советского Союза на ближайшие эпохи 1925—1930 гг.

### Первое Всесоюзное геомагнитное совещание 1924 г.

Образование геомагнитного отделения Главной геофизической обсерватории совпало с началом восстановительного периода, последовавшего за годами интервенции и гражданской войны. Все силы страны тогда были направлены на восстановление разрушенного хозяйства и в первую очередь на развитие промышленности и использование естественных производительных ресурсов. Появилась возможность продолжать прерванные работы по изучению магнитного поля СССР, тесно связанные с запросами народного хозяйства и обороны страны.

Главная геофизическая обсерватория в лице геомагнитного отделения взяла на себя инициативу по созыву Всесоюзного совещания по очередным вопросам земного магнетизма, требующим разрешения во всесоюзном масштабе.

Всесоюзное геомагнитное совещание состоялось при Главной геофизической обсерватории в Ленинграде в мае 1924 г.

В работах совещания, кроме представителей ГГО, приняли участие представители Академии наук, Главного гидрографического управления, Главной палаты мер и весов, Русского географического общества, Геологического комитета, Корпуса военных топографов, ОККМА, Института прикладной геофизики и ряда других.

От Главной геофизической обсерватории в работах совещания принимали участие: Б. П. Вейнберг, П. Н. Гусев, Н. Е. Малинина, Д. Ф. Нездуров, Н. Н. Никольский, М. С. Пенкевич, Н. В. Розе, Д. А. Смирнов, Е. И. Тихомиров, Н. Н. Трубяччинский и др.

Основными вопросами, обсуждавшимися на совещании, были: планирование предстоящей Генеральной магнитной съемки СССР, организация регулярных наблюдений на пунктах векового хода, восстановление магнитных обсерваторий, прервавших свою деятельность, и организация новых.

Выработка плана производства магнитных наблюдений на территории СССР была поручена специальной комиссии под председательством Б. П. Вейнберга в составе: М. А. Аганина, А. В. Вознесенского, В. И. Пришлецова, Н. В. Розе (секретарь комиссии) и Д. А. Смирнова.

Совещание приняло полностью в количестве 124 пунктов список пунктов векового хода, предложенный геомагнитным отделением ГГО для Европейской части СССР, и поручило этому отделению выработать инструкцию для наблюдений на опорных пунктах.

Список опорных пунктов приведен в приложении 2.

Совещание одобрило ряд основных мероприятий, намеченных геомагнитным отделением, как подготовительные к предстоящей Генеральной магнитной съемке СССР.

### Геофизический съезд 1925 г.

В течение года, последовавшего за Всесоюзным геомагнитным совещанием 1924 г., геомагнитное отделение ГГО занималось разработкой вопросов, связанных с организацией и проведением работ по изучению магнитного поля СССР. Эти вопросы были затем рассмотрены на первом Всесоюзном геофизическом (3-ем метеорологическом) съезде, состоявшемся в Москве в мае 1925 г. На съезде был заслушан доклад Б. П. Вейнберга «Проект магнитной съемки СССР», Д. А. Смирнова «О планомерной детальной магнитной съемке СССР» и др.

После всестороннего обсуждения докладов, относившихся к планированию съемки, 1-й Всесоюзный геофизический съезд вынес постановление о необходимости в самом непродолжительном времени приступить к производству планомерной магнитной съемки на всем пространстве СССР, причем работы нужно было закончить в течение десяти лет. Съезд дал ряд указаний, которыми надлежало пользоваться при дальнейшей организации работ по магнитной съемке СССР. К числу наиболее важных относились следующие. При дальнейшем планировании работ по генеральной магнитной съемке необходимо в полной мере использовать опыт бывшей магнитной комиссии, схему расположения пунктов съемки Б. П. Вейнберга и постановления 1-го Всесоюзного магнитного совещания. Для руководства съемками в союзных и автономных республиках желательна организация там магнитных бюро при соответствующих геофизических учреждениях, причем магнитному бюро РСФСР желательно поручить функции центрального по вопросам генеральной магнитной съемки.

### Магнитное бюро РСФСР

После 1-го Всесоюзного геофизического съезда при Главной геофизической обсерватории было организовано Магнитное бюро РСФСР. В состав Бюро, кроме представителей ГГО, вошли представители филиальных геофизических обсерваторий, представители ряда научных учреждений и высших учебных заведений РСФСР, всего в количестве 21 человека.

Для текущей работы между сессиями Магнитного бюро был избран президиум Магнитного бюро в составе председателя — директора ГГО, секретаря — заведующего геомагнитным отделением ГГО Н. В. Розе и членов: Н. А. Булгакова, ст. физика ГГО Б. П. Вейнберга, П. М. Никифорова и ст. физика ГГО Д. А. Смирнова.

Главнейшими задачами Магнитного бюро РСФСР, которому Геофизический съезд придавал значение центрального для всего Советского Союза, были руководство работами по магнитной съемке РСФСР, подготовка литературного и архивного материала магнитных наблюдений по всему Советскому Союзу для опубликования и всестороннего использования, наблюдение за планомерным сравнением магнитных приборов со стандартными приборами СССР, содействие в устройстве постоянных и временных вариометрических станций.

Первая сессия Магнитного бюро РСФСР состоялась с 3 по 5 января 1926 г. при ГГО в Ленинграде. На сессии были рассмотрены вопросы о выработке плана детальной магнитной съемки РСФСР, о плане работ по исследованию векового хода земного магнетизма, об организации новых магнитных обсерваторий и дооборудовании существующих, об экспедиционных исследованиях, об издании результатов наблюдений, о плане относительной съемки  $\Delta Z$ , о подготовке наблюдателей и о сравнении магнитных приборов со стандартом СССР. На этой сессии президиуму Бюро РСФСР была поручена выработка плана детальной магнитной съемки РСФСР к следующей сессии Бюро.

Вторая сессия Магнитного бюро РСФСР состоялась при ГГО 3—5 января 1927 г. Эта сессия занималась почти исключительно вопросами планирования генеральной магнитной съемки. На ней был рассмотрен проект плана общей магнитной съемки РСФСР, выработанный президиумом Магнитного бюро РСФСР. При этом президиуму Бюро было поручено редактирование в окончательной форме проекта и составление сметы магнитной съемки РСФСР с мотивировкой важности съемки в научном и практическом отношении.

Проект плана магнитной съемки РСФСР приводится в приложении 3.

### **Второе Всесоюзное геомагнитное совещание при Главной геофизической обсерватории в Ленинграде, состоявшееся в апреле 1929 г.**

Основными вопросами, подлежащими обсуждению совещания, были вопросы, связанные с организацией Генеральной магнитной съемки СССР и подготовительных к съемке работ. Совещание постановило включить в план научно-исследовательских работ по земному магнетизму на ближайшее пятилетие прежде всего выполнение генеральной магнитной съемки СССР.

При осуществлении съемки предлагалось принять за основу план, разработанный Магнитным бюро РСФСР. Ориентировочная стоимость работ на десятилетие определялась в 1 500 000 рублей.

Президиуму Магнитного бюро РСФСР, пополненному представителями Всесоюзной Академии наук, Управления военно-воздушных сил РККА, Военно-топографического управления, Геологического комитета, Главной палаты мер и весов, Научного совета горной промышленности при ВСНХ СССР, поручили войти с представлением в правительство об осуществлении в ближайшее время Генеральной магнитной съемки СССР.

Совещание отметило успешность применения принципа коллективной работы научных учреждений, ведущих определения на опорных пунктах, и постановило при наблюдениях на этих пунктах взять за основу программу наблюдений, принятую ГГО и изложенную в «Кратком руководстве для работ по магнитной съемке» (Н. В. Розе и Н. Н. Трубятчинский).

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ СОВЕТА НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ О ПРОВЕДЕНИИ  
ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ И ПЕРВАЯ СЕССИЯ  
ГЕОМАГНИТНОЙ КОМИССИИ В 1930 г.**

Мечта, которую русские магнитологи вынашивали на протяжении полувека, наконец была осуществлена Советским правительством. 21 августа 1930 г. было принято постановление Совета Народных Комиссаров Союза ССР о производстве Генеральной магнитной съемки.

Постановление явилось знаменательным событием для развития магнитной съемки СССР и дату этого постановления необходимо рассматривать, как поворотный момент в деле изучения земного магнетизма в СССР. С этого времени научные и прикладные работы по земному магнетизму стали проводиться в широком масштабе и плановом порядке и заняли подсобающее место в развитии производительных сил нашей страны.

Приводим полный текст этого постановления:

«Учитывая необходимость производства магнитной съемки в интересах народного хозяйства и обороны страны, Совет Народных Комиссаров Союза ССР постановляет:

1. Предложить Гидрометеорологическому комитету при СНК СССР приступить в 1930-31 г. к производству Генеральной магнитной съемки на территории Союза ССР.

2. Предложить Гидрометеорологическому комитету при СНК СССР предусмотреть работы по магнитной съемке в контрольных цифрах на 1930-31 г. и разработать план производства всей магнитной съемки на территории Союза ССР с указанием срока окончания работ и разбивки ее по годам.

3. Предложить НКФ СССР предусмотреть по общему союзному бюджету на 1930-31 г. необходимые ассигнования для выполнения возложенной на названный комитет работы по магнитной съемке».

Общее руководство Генеральной магнитной съемкой и ее организация были возложены на Гидрометеорологический комитет при СНК СССР.

**Постоянная Геомагнитная комиссия при ГМК СССР**

В 1930 г. Гидрометеорологический комитет образовал постоянную Геомагнитную комиссию, которая явилась совещательным органом по научным и научно-организационным вопросам в области земного магнетизма (приложение 4). Постоянная Геомагнитная комиссия состояла из 36 представителей различных организаций и из 7 лиц, приглашенных персонально. Сессии Геомагнитной комиссии происходили ежегодно с 1930 по 1936 г.

Из состава членов постоянной Геомагнитной комиссии избиралось Бюро Геомагнитной комиссии в количестве 5 человек, которое следило за осуществлением постановлений Геомагнитной комиссии в промежутке между ее сессиями. Председателем Бюро Геомагнитной комиссии ГМК СССР назначил Н. В. Розе, секретарем — В. А. Успенского. Членами бюро на первой сессии Геомагнитной комиссии были избраны: Б. П. Вейнберг, Н. Н. Трубяччинский, Р. В. Хуцишвили, Н. Н. Матусевич и В. Н. Михалков.

**Бюро Генеральной магнитной съемки**

Исполнительным органом при ГМК СССР по вопросам земного магнетизма и для непосредственного руководства Генеральной магнитной съемкой СССР было Бюро Генеральной магнитной съемки при Главной геофизической обсерватории, организованное ГМК СССР. Оно было создано на базе геомагнитного отделения ГГО. Руководителем Бюро Генеральной магнитной съемки был Н. В. Розе.

## Первая сессия Постоянной Геомагнитной комиссии и план ГМС

Первая сессия Постоянной Геомагнитной комиссии состоялась при Главной геофизической обсерватории в Ленинграде 20—23 ноября 1930 г. Одним из основных вопросов, рассмотренных на сессии, был «План производства работ по генеральной магнитной съемке СССР», разработанный Магнитным бюро РСФСР (приложение 5).

План был доложен представителем ГМК на первой сессии Геомагнитной комиссии в ноябре 1930 г. и предусматривал производство сплошной и маршрутной съемки в обжитых и труднодоступных районах и наблюдения на 300 пунктах сети векового хода.

Площадь всего Союза ССР, доступная сплошной съемке, составляла по оценке Б. П. Вейнберга (приложение 3) 4 200 000 км<sup>2</sup>, из них 2 900 000 км<sup>2</sup> в Европейской и 1 300 000 км<sup>2</sup> в Азиатской части СССР; до начала Генеральной магнитной съемки на этой площади съемкой было покрыто 320 000 км<sup>2</sup> в Европейской и 13 000 км<sup>2</sup> в Азиатской части СССР.

Таким образом, число пунктов сплошной съемки, предусматриваемых планом, исчислялось в 6450 для Европейской и 3250 для Азиатской части, т. е. для всей территории СССР значилось около 9700 пунктов. Из этого общего числа приходилось на:

РСФСР . . . . .	7650 пунктов (4550 в Европейской и 3100 в Азиатской части)
Украину . . . . .	1120 "
Белоруссию . . . . .	280 "
Среднюю Азию . . . . .	150 "

Общая длина маршрутов маршрутной съемки в РСФСР по плану составляла 137 000 км, из них 22 000 км приходилось на Европейскую часть и 115 000 км — на Азиатскую часть СССР. Общее число маршрутных пунктов было исчислено в 3500 (600 пунктов в Европейской и 2900 — в Азиатской части СССР). Помимо этого, должны были производиться наблюдения на 300 пунктах векового хода, повторяемых через 3 года. При обсуждении предложенного плана на первой сессии, в связи с ожидаемым в ближайшие годы освоением ряда новых районов, общее число пунктов Генеральной съемки было увеличено и принято в количестве 12 000 пунктов для сплошной и 4000 — для маршрутной съемки (приложение 5). Принятый план работы по отдельным годам, с 1931 по 1938 г. включительно, представлен в табл. 3.

Таблица 3

Ориентировочный план работ по ГМС СССР по годам

Годы	Количество пунктов		
	векового хода	сплошной съемки	маршрутной съемки
1931	100	2 000	—
1932	100	1 500	1 000
1933	100	1 500	1 000
1934	100	2 000	500
1935	100	2 000	500
1936	100	2 000	500
1937	100	1 000	500
1938	100	Дополнительные	—

Для согласования между собой результатов наблюдений различных партий и взаимного контроля принятый план предусматривал также повторение 3—4 пунктов в каждой партии, граничащей с данной.

Постановления сессии являются документами, которыми вместе с планом съемки пользовались в дальнейших работах по подготовке и проведению Генеральной магнитной съемки.

На первой сессии были разрешены все вопросы организационного и научного характера, связанные с окончательной подготовкой и началом Генеральной магнитной съемки.

На первой сессии был заслушан также ряд докладов по научным и организационным вопросам, доложенным в основном сотрудниками геомагнитного отделения ГГО в результате проделанных ими за последние годы работ.

В дальнейшем сессии Геомагнитной комиссии происходили ежегодно по 1936 г. включительно. На этих сессиях БГМС и другие учреждения и организации, проводившие съемку, отчитывались о проделанной работе, обсуждали и утверждали планы на следующий год и разрешали некоторые практические вопросы, связанные с проведением ГМС. На сессиях заслушивали и обсуждали научные доклады и намечали направление дальнейших работ. На этих совещаниях всегда присутствовало много представителей от учреждений, соприкасающихся в своей работе с ГМС.

Теперь, когда имеется двадцатилетний опыт съемки, поражает высокое число 100 планировавшихся ежегодно пунктов векового хода. Фактически при попутных определениях со сплошной съемкой это число оказалось в среднем порядка 60 пунктов в год. Производить же ежегодно наблюдения на 100 пунктах векового хода, как это выяснилось весьма быстро, было нерационально и невыполнимо.

Как будет видно из дальнейшего, общее число определений Генеральной магнитной съемки за период 1931—1938 гг. в действительности оказалось значительно больше запланированного.

Требуемая точность наблюдаемых значений магнитных элементов ( $\Delta D \pm 2'$ ,  $\Delta I \pm 3$ ,  $\Delta H \pm 0,001H$ ) была окончательно установлена на первой сессии Геомагнитной комиссии в 1930 г. (приложение 5). Она соответствовала точности принятой при производстве магнитной съемки Академии наук в 1910—1917 гг. Б. П. Вейнберг пытался убедить руководящих работников, подготовлявших съемку, что эта точность излишне высока, но авторитет Академии наук был настолько велик, что Б. П. Вейнберг не встретил поддержки большинства. Однако вскоре же после начала работ по съемке стало очевидно, что такая точность наблюдаемых значений не нужна, так как погрешности приведения больше погрешности наблюдений и все они значительно меньше допущенной степени сглаживания изолиний на картах.

В пунктах, положение которых нельзя было точно нанести на карту, допускалось снижение точности для  $D$  до  $\pm 5'$ , для  $I$  до  $\pm 3'$  и для  $H$  до  $\pm 50 \gamma$  (см. Краткое руководство для работ по магнитной съемке, 1931 г.).

Для пунктов векового хода было признано необходимым стремиться к возможному наивысшему повышению точности, приняв за нормы следующие средние квадратичные ошибки отдельного измерения:

$$D \pm 0,8, I \pm 0,5, H \pm 10\gamma.$$

В Кратком руководстве для работ по магнитной съемке [28], вышедшем в 1931 г., для пунктов векового хода указана необходимая точность наблюдений:

$$D \pm 0,2, H \pm 5\gamma, Z \pm 15\gamma.$$

В Инструкции для производства работ по Генеральной магнитной съемке [37], изданной под редакцией В. П. Орлова в 1936 г. в литографированном виде, принята точность наблюдений на пунктах векового хода:

$$D \pm 1', I \pm 1', H \pm 5\gamma, Z \pm 50\gamma.$$

Таким образом, мы видим, как постепенно изменялась точка зрения на необходимую точность при наблюдениях на пунктах векового хода и как в связи с этим изменились требования к точности.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ СЪЕМКИ, ЕЕ ХАРАКТЕР И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДАННЫМИ МАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ

### Характер съемки и густота сети пунктов наблюдений

Сеть пунктов определений Генеральной магнитной съемки по своему характеру распадается на четыре группы:

- 1) сеть сплошной съемки,
- 2) сеть детальной съемки,
- 3) сеть маршрутной съемки и
- 4) сеть пунктов векового хода.

Сплошной съемкой должны были быть засняты все доступные районы страны, покрытые развитой сетью путей сообщения. Среднее расстояние между пунктами сети было принято в 20 км с возможными отклонениями  $\pm 5$  км. Таким образом, на каждые 400 км<sup>2</sup> приходился один пункт.

Детальная съемка должна была проводиться в некоторых особых районах, например на рудных месторождениях, на артиллерийских полигонах или в районах, имеющих особое значение для военного дела. В этих случаях сеть пунктов сгущалась в зависимости от цели съемки.

В тех частях страны, где в силу труднодоступности или малонаселенности, невозможно проводить сплошную съемку, магнитную съемку надлежало выполнять по отдельным маршрутам, расположенным вдоль рек, дорог, троп, по побережью морей. Для маршрутных наблюдений среднее расстояние между пунктами было принято в 40 км с возможными отклонениями  $\pm 10$  км.

### Обеспечение съемки данными магнитных вариаций

Существовавшая к началу съемки сеть магнитных обсерваторий в Европейской части СССР была достаточной и позволяла обходиться без установки временных вариационных станций при допущении, что радиус действия магнитной обсерватории равен примерно 500 км. Ко времени начала Генеральной магнитной съемки именно такая точка зрения была условно принята магнитологами. Позже, начиная с 1935 г., когда основные съемочные работы были перенесены в Азиатскую часть СССР, вступили в действие новые, открытые за это время магнитные обсерватории.

В 1931 г. работали магнитные обсерватории:

1. Слуцк (близ Ленинграда),
2. Кучино (близ Москвы, по 1933 г.),
3. Казань (Займище),
4. Иркутск (Зуй),
5. Свердловск (с 1938 г., Высокая Дубрава),
6. Тбилиси (Карсани по 1934 г., Душети с 1938 г.),
7. Ташкент (по 1935 г., Келес с 1936 г.),
8. Маточкин Шар (Новая Земля),
9. Временная обсерватория Кандалакша (с 1926 г.).

В 1934 г. осуществляется перенос обсерватории из Кучино в Нижнедевицк — район, близкий к Курской аномалии; в 1936 г. возобновляется работа Одесской магнитной обсерватории в Степановке.

В связи с участием СССР в работах по проведению 2-го Международного полярного года (МПГ) (1932—1933 гг.) ГУСМП при содействии ГГО организует ряд новых магнитных обсерваторий в Арктике.

Таким образом, за период с 1931 по 1935 г. общее количество магнитных обсерваторий почти удвоилось. Сейчас совершенно ясно, что принимать радиус действия всех обсерваторий, равным 500 км, не было достаточных оснований. Если для средних широт такое расстояние между обсерваториями допустимо, а в некоторых случаях его можно даже увеличить, то для полярных обсерваторий это не имеет места. Однако и сейчас нельзя с уверенностью сказать, на каком расстоянии должны быть расположены обсерватории в полярных районах, чтобы их было достаточно для введения в наблюдаемые величины магнитных элементов поправок за вариации. Помимо этого, точность наблюдаемых и приведенных значений магнитных элементов для полярных районов значительно ниже ввиду специфических особенностей в них вариаций.

В табл. 4 дается перечень всех магнитных обсерваторий, работавших в СССР в первой половине 1941 г.

Таблица 4

№ п/п.	Название обсерватории	$\varphi$	$\lambda_{гр}$	Примечание
1	Келес (Ташкент) . . . . .	41°25'	69°12'	
2	Душети (Тбилиси) . . . . .	42 05	44 42	
3	Майтун (Владивосток) . . . . .	43 15	132 20	С 1936 г.
4	Степановка (Одесса) . . . . .	46 47	30 53	
5	Амвросиевка (Макеевка) . . . . .	47 53	38 29	Регистрация только <i>D</i> с 1940 г.
6	Янов (Львов) . . . . .	49 54	23 44	
7	Нижнедевицк (Воронеж) . . . . .	51 31	38 22	С 1936 г.
8	Зуй (Иркутск) . . . . .	52 28	104 02	
9	Займище (Казань) . . . . .	55 50	48 51	
10	В. Дубрава (Свердловск) . . . . .	56 44	61 04	
11	Павловск (Ленинград) . . . . .	59 41	30 29	
12	Якутск . . . . .	62 01	129 40	С 1932 г.
13	Средникан . . . . .	62 26	152 19	С 1935 г.
14	Уэялен . . . . .	66 10	190 10	С 1933 г.
15	Маточкин Шар . . . . .	73 16	56 24	С 1923 г.
16	Остров Диксон . . . . .	73 30	80 24	С 1932 г.
17	Мыс Челюскин . . . . .	77 43	104 17	С 1935 г.
18	Бухта Тихая . . . . .	80 20	52 48	С 1931 г.

Во время Великой Отечественной войны магнитные обсерватории в Павловске, Степановке, Нижнедевицке, Амвросиевке и в Янове были разрушены фашистскими захватчиками.

### Организация и проведение съемки

Непосредственным руководителем съемки СССР было Бюро Генеральной магнитной съемки Главной геофизической обсерватории.

Успешное проведение съемки на громадной территории СССР в предусмотренные планом сжатые сроки являлось весьма трудной задачей. Эта задача была удачно разрешена только благодаря тому, что руководство БГМС встало на единственно правильный путь коллективного проведения работ и сумело воодушевить и организовать для этой цели всех магнитологов страны.

К непосредственному участию в работах по съемке Бюро ГМС привлекло магнитные обсерватории Союза ССР, Главное гидрографическое управление, Главное управление Северного морского пути и отдельных сотрудников некоторых университетов и научных учреждений.

В табл. 5 показано количество партий ГМС, направленных за период 1931—1942 гг. различными учреждениями.

Таблица 5

№ п/п.	Наименование учреждения	Количество партий
1	Бюро ГМС—ГГО (с 1940 г. НИИЗМ)	235
2	Московская магнитная обсерватория	19
3	Ташкентская	13
4	Одесская	17
5	Свердловская	11
6	Иркутская	16
7	Казанская	10
8	Тбилисская	9
9	Владивостокская геофизическая обсерватория	4
10	Кафедра физики Томского университета	5
11	Кафедра геофизики Киевского университета	1
12	Кафедра геофизики Харьковского университета	1
13	Кафедра физики Смоленского университета	1
14	Кафедра геофизики Ростовского н/Д университета	1
15	Главное управление Северного морского пути	27
16	Главное гидрографическое управление	
17	Белорусский гидрометеорологический институт	4
	Всего	394

Из табл. 5 видно, что количество партий, направленных другими организациями, равно 139, что составляет 35% от общего числа партий.

Очередность выполнения работ по принятому плану ГМС устанавливалась в зависимости от значимости того или иного района в хозяйственно-экономическом отношении, от наличия местных научных работников, от состояния путей сообщения и транспорта.

Ввиду обширности территории, подлежащей съемке, и необходимости лучшего приспособления общего плана к местным условиям работ и местным потребностям народного хозяйства, магнитное Бюро РСФСР должно было организовать в качестве своих филиалов краевые магнитные бюро, которым передавалось бы непосредственно осуществление съемочных работ в определенных областях и переводились соответствующие кредиты.

Магнитное бюро РСФСР должно было заботиться об организации краевых бюро, связи с ними и планомерном развитии съемки по отдельным районам.

Фактически функции краевых бюро в период ГМС выполняли магнитные отделения гидрометеорологических институтов и отдельные магнитные обсерватории, заведующие которых являлись одновременно и ответственными руководителями работ по магнитной съемке в закрепленных за ними районах. Последние были распределены следующим образом.

Одесская магнитная обсерватория должна была проводить съемку Украинской ССР силами своих сотрудников, под общим руководством М. А. Аганина. Силами Среднеазиатского метеорологического института в Ташкенте проводилась съемка в Средней Азии, работами руководил В. Н. Михалков. Геофизическая обсерватория в Грузии совместно с работниками Тбилисской магнитной обсерватории должна была проводить съемку Грузии и Закавказья, под общим руководством М. З. Нодиа. Магнитное отделение Государственного геофизического института в Москве (ГГФИ) вело съемку под руководством В. А. Успенского в Московской области и в некоторых, примыкающих к ней, районах.

Съемка Дальнего Востока осуществлялась силами магнитного отделения Владивостокского геофизического института. Магнитное отделение в Зуе (Иркутская магнитная обсерватория) проводило съемку в основном в Иркутской области. Свердловская магнитная обсерватория (руководитель работ Р. Г. Абельс) и Казанская магнитная обсерватория (руководитель работ Н. Ф. Пушкин) проводили съемку преимущественно в районах, примыкающих к этим обсерваториям.

Планомерная магнитная съемка Белорусской ССР была начата Белорусской Академией наук в 1928 г. под руководством Е. Е. Сиротина. После декрета о проведении ГМС, т. е. с 1931 г. съемка Белоруссии перешла в ведение Бюро ГМС (БГМС). Наблюдения ежегодно, начиная с 1928 г. и почти до полного окончания съемки, там производились А. Ф. Першукевичем.

На побережья морей, омывающих СССР, на островах и в отдельных пунктах на льду съемка проводилась экспедициями Главного управления Северного морского пути (ГУСМП), Главного гидрографического управления ВМС и отдельными гидрографическими отрядами.

Бюро ГМС проводило съемку своими партиями на остальной территории СССР и частично в районах, закрепленных для производства съемки за отдельными институтами и обсерваториями.

В соответствии с принятым планом в первую очередь съемкой покрывались наиболее важные в народнохозяйственном отношении районы такие, как Урал, Кузбасс, 2-е Баку (Башкирская АССР), Прикаспийская низменность, Среднее и Нижнее Поволжье, Кавказ, Алтайский край и другие, более ограниченные участки, где проводились геологоразведочные работы.

Параллельно с этим съемка проводилась и в других районах СССР, причем в первые годы преимущественно на Европейской части СССР. В участках, заснятых ранее съемкой Академии наук (Петербургская, Новгородская, Подольская губернии и Вельский Удельный округ), съемка не повторялась.

### Кадры

Подготовка магнитологов-наблюдателей для Генеральной магнитной съемки в предшествующий съемке период осуществлялась силами геомагнитного отделения ГГО и магнитных обсерваторий, а с 1930 г. также и Бюро Генеральной съемки; в них был сосредоточен постоянный состав квалифицированных специалистов, имевших большой опыт в производстве полевых магнитных измерений.

Молодые полевые работники, пришедшие на работу без достаточного опыта, при повседневном руководстве более сведущих товарищей, приобретали опыт практической работы, пополняли запасы своих знаний и через три-четыре года становились специалистами. Некоторые из них, как Н. В. Адам, Л. С. Банухин, К. В. Мартынова, В. Ф. Шельтинг сейчас ведут самостоятельную ответственную работу по магнитным съемкам в НИИЗМ. В деле подготовки кадров большое участие принимали М. А. Аганин, Б. П. Вейнберг, Е. В. Кракау, Н. Е. Малинина, М. З. Нодиа, В. П. Орлов, М. С. Пенкевич, Н. Ф. Пушкин, Н. В. Розе, Н. Н. Трубятчинский, В. А. Успенский, Б. М. Яновский и др.

С 1932 г. БГМС стало пополняться квалифицированными кадрами из числа окончивших Ленинградский, Казанский и Московский университеты, где еще до начала работ по съемке были открыты специальные геофизические отделения. Многие инженеры-геофизики, окончившие Ленинградский горный институт, также стали постоянными сотрудниками БГМС и начальниками магнитных партий. Некоторые специалисты, начав свою

работу магнитологами-наблюдателями, в дальнейшем сосредоточили свой интерес на исследовании в магнитном отношении Советской Арктики. Ценнейшие данные по магнитному полю в приполярных районах получены трудами Е. К. Федорова и М. Е. Острекина; их заслуги правительство оценило высокой наградой, присвоив им звание Героя Советского Союза за их самоотверженный труд. Часть сотрудников БГМС, как А. П. Никольский, Н. А. Милев и др. вскоре перешли на работу в полярные магнитные обсерватории, были участниками зимовок на полярных станциях, обеспечивая бесперебойную работу приборов и занимались исследованием магнитных явлений в Арктике.

Молодые научные сотрудники, пришедшие в БГМС из высших учебных заведений, работали не только непосредственно по производству магнитной съемки, но занимались вопросами картографирования. Специалисты, окончившие Ленинградский горный институт и Ленинградский университет, начавшие работу под руководством Н. Н. Трубятчинского, вскоре стали вполне самостоятельными опытными работниками в области магнитной съемки и картографии. Из них необходимо особо отметить А. П. Шляхтину и К. А. Мальцеву, Т. А. Шадрину, А. А. Докучаева и В. С. Павлова, по настоящее время являющихся ответственными работниками по магнитной съемке и картографии.

Переходим к описанию работ ГМС по отдельным годам.

**1931 год.** Для производства ГМС в 1931 г. было снаряжено 29 партий. Основным районом, где проводились работы в наиболее широком масштабе, был Урал и примыкающие к нему области (верховья р. Камы, Челябинская область, Северный Казахстан). В этот район было направлено 8 партий.

Ряд экспедиций работал в других районах перспективных в отношении поисков различных полезных ископаемых. Так, в связи с проводившимися в то время разведками на нефть по согласованию с нефтяными разведочными организациями 2 партии ГМС работали на Средней Волге и Северном Кавказе.

В связи с проводившимся геологоразведочными организациями изучением железорудных месторождений, по согласованию с этими организациями партии ГМС работали на Кавказе, в Горной Шории, в бассейне рр. Ангары и Илама, в Якутской АССР и в Хакасской автономной области.

Остальные партии работали в различных районах Советского Союза, причем имелось в виду максимально использовать возможности всех организаций, принимавших участие в ГМС.

Одесская магнитная обсерватория начала съемку Украины, направив на работы 4 партии.

Магнитное отделение Государственного геофизического института (ГГФИ), продолжая съемку, проводившуюся ими в 1926—1930 гг., послало 3 партии в Московскую область.

Среднеазиатский метеорологический институт в Ташкенте выделил для ГМС 2 партии, проводившие работы в Средней Азии.

Магнитное отделение Владивостокского геофизического института проводило работы в Дальневосточном крае силами двух партий.

Две партии БГМС продолжали съемку Белоруссии.

От Гидрографического управления работы по съемке проводились Каспийским и Дальневосточным гидрографическими отрядами и Северной гидрографической экспедицией попутно с другими их работами.

Таким образом, в 1931 г. из 21 партии 16 работало в важных в промышленном отношении районах страны, что составляло более 50% всех направленных на съемку в этом году экспедиций.

**1932 год.** В этом году объем работ по ГМС значительно расширился.

Количество партий, направленных на съемку, возросло до 52, т. е. увеличилось почти вдвое по сравнению с первым годом съемки.

Продолжалась съемка Южного и Среднего Урала и прилегающих к нему областей, где в общей сложности работало 12 партий. Этими работами почти заканчивалась съемка Урала.

Была начата единым фронтом и в течение года закончена съемка Башкирской АССР (2-е Баку) силами 7 партий. В Башкирии на время производства съемочных работ была организована база, где специально созданной группой производилась предварительная обработка наблюдений. Там же был установлен общий контрольный пункт для сличения приборов разных партий.

Продолжалась съемка Кавказа. В Грузии, Кахетии, Армении, Азербайджане, Чеченской области и Дагестанской АССР съемку производило 5 партий.

Продолжались работы в Горной Шории, была начата съемка Алтая и Памира.

На Дальнем Востоке съемка проводилась на Малом Хингане (в железорудном районе Биробиджана) и по рр. Амуру и Унде.

В Сибири съемочные работы проходили в Забайкалье и по рр. Ангаре, Иртышу и Оби.

Всего в промышленных районах и в районах перспективных в народнохозяйственном отношении было занято 50% партий, снаряженных в 1932 г. для производства ГМС.

Продолжалась съемка Украины, Белоруссии, Московской области и Средней Азии, на работах было занято 11 партий.

Была начата съемка Центральной черноземной области силами 4 партий.

Главным гидрографическим управлением проводилась съемка в Финском заливе и Ладожском озере.

Попутно с работой на обсерватории в Бухте Тихой Е. К. Федоров произвел магнитные наблюдения в ряде пунктов на Земле Франца-Иосифа. По плану 2 МПГ силами ГГО при содействии Обь-Енисейского управления ЕГМС была произведена маршрутная магнитная съемка по р. Енисею от Красноярска до о. Диксона на судах Енисейского гидрографического отряда.

Продолжалось производство магнитных наблюдений Северной гидрографической экспедицией и Каспийским и Дальневосточным гидрографическими отрядами.

Ряд наблюдений был сделан во время плавания л/п «Сибиряков».

**1933 год.** В течение 1931—1932 гг. съемкой был покрыт почти весь Средний и Южный Урал и примыкающие к нему районы. Для полного окончания работ на эту территорию в 1933 г. было направлено 3 партии. Этими работами завершилась общая съемка Урала.

Основные съемочные работы в 1933 г. были перенесены в бассейн р. Волги и ее притоков. Съемка проводилась по всему течению реки, начиная от ее истоков. В работах было занято 13 партий. Участки района съемки, лежащие по среднему и нижнему течению р. Волги, при этом непосредственно смыкались с уже заснятым районом Урала.

Стремясь закончить съемку Центральной черноземной области, БГСМ увеличило до 7 количество партий, направленных в эту область. Работами 1933 г. почти заканчивалась съемка Центральной черноземной области.

Продолжалась съемка Украины, Кавказа, Белоруссии и в Ленинградской области.

В течение первых двух лет ГМС съемочные работы проводились в районах Европейской части СССР, расположенных к югу от параллели 60°, т. е. в наиболее обжитых и густонаселенных, имеющих разви-

тую сеть железных и шоссейных дорог. С 1933 г. в Европейской части СССР начинает проводиться маршрутная съемка к северу от этой параллели. В 1933 г. сюда были посланы 3 партии, работавшие в бассейне рек Белого моря и р. Сухона и в районе о. Белого.

Экспедиция Главного гидрографического управления проводила съемку по побережью Черного моря.

Е. К. Федоров проводил наблюдения в отдельных пунктах на Земле Франца-Иосифа.

Продолжалась съемка в Средней Азии, на Алтае, в Закавказьи и на Дальнем Востоке, куда было направлено 7 партий.

В общей сложности съемка проводилась в 1933 г. 47 партиями.

1934 год являлся последним годом, в течение которого основные съемочные работы продолжались на территории Европейской части СССР, а в Азиатскую часть СССР посылалось меньшее количество партий. Из всех партий, работавших в 1934 г. в Европейской части СССР, 46% было направлено на съемку районов, расположенных к северу от параллели 60°. Эти работы проводились исключительно партиями БГМС в количестве 13, работавших в Карелии и в районах: Беломорско-Балтийского канала, Онежского, Ладожского, Белого и Кубенского озер и по рекам: Онеге, Пинеге, Северной Двине, Вычегде, Печоре, Каме. В зимние месяцы проводилась съемка Кольского полуострова силами 5 партий.

Продолжалась и была почти закончена съемка бассейна р. Волги.

Заканчивалась съемка Кавказа. В Закавказьи, Грузии, Армянской и Азербайджанской АССР и на Северном Кавказе работы проводились четырьмя партиями.

Продолжалась съемка Украины, Белоруссии и Московской области.

Семь партий было направлено для продолжения съемки в различных частях Европейской части СССР, лежащих к югу от шестидесятой параллели.

Продолжалась съемка в Средней Азии (в районах Тянь-Шаня, Ферганы и в Кара-Кумах), на Алтае и Дальнем Востоке (по рр. Шилке и Амуру).

В Сибири съемку проводили по рр. Енисею, Витиму, Нижней Тунгуске, в районе железной дороги Новосибирск — Барнаул, между рр. Обь и Бия и в Кузнецком бассейне. Всего в Сибирь было направлено 8 партий.

Пять экспедиций Главного гидрографического управления и ГУСМП, попутно с их основными работами, проводило магнитные наблюдения в море Лаптевых и Карском море, по р. Лене, на Новосибирских островах и на Шпицбергене; гидрографические отряды наблюдали на Балтийском и Каспийском морях.

В общей сложности в 1934 г. магнитная съемка проводилась 55 партиями.

1935 год. Центр тяжести работ по ГМС был перенесен на Азиатскую часть СССР. В Европейской части СССР съемка продолжалась лишь в небольшом объеме силами только 10 партий из всех 50, направленных на работы в 1935 г.

В течение этого года на значительной части Западно-Сибирской низменности была произведена площадная съемка, в работах было занято 15 партий.

Усилилась съемка Казахской ССР, в проведении которой участвовало 7 партий.

Продолжалась съемка Алтая, Дальнего Востока и Забайкалья.

Семь партий проводило съемку по рекам Сибири: Тавде, Тоболу, Оби, Колыме, Лене, Амге и Поledую.

ГУСМП проводились магнитные наблюдения во время высокоширот-

ных экспедиций на ледокольных пароходах «Красине», «Малыгине» и «Садко».

На Европейской части СССР съемка продолжалась в основном в северных районах — в Коми АССР, Карелии, на Кольском полуострове и по рр. Сухоне и Северной Двине.

Завершая ранее начатую съемку, несколько партий работало: на Украине, в Центральной черноземной области, на Курских магнитных аномалиях и на северном побережье Черного и Азовского морей.

В период 1931—1934 гг. наблюдения на пунктах векового хода производились попутно с наблюдениями по ГМС. В процессе работы выяснилось, что гораздо целесообразнее направлять для этой цели отдельные партии, поручая им наблюдения только на пунктах векового хода. Посылку таких партий начали осуществлять с 1935 г.

В течение 1935 г. на пункты векового хода было направлено 4 специальных партии, проводивших наблюдения в Западной Сибири, Казахстане, по маршруту Ленинград — Молотов — Тбилиси, в районе Среднеазиатской железной дороги и в Московской области.

В общей сложности в работах по ГМС участвовало 47 экспедиций.

**1936 год.** В этом году завершилась съемка Западно-Сибирской низменности, для окончания которой было направлено 3 партии.

Продолжалась съемка Казахской ССР силами 12 партий, из которых две работало в пустыне Кызыл-Кумы.

Восемь партий, продолжая съемку Сибири, проводило наблюдения по рр. Оленек, Подкаменная Тунгуска, Енисей, Пясина, Олекма, Киренга, Амгунь, Яна, в районе рр. Зеи, Селемджи и Буреи и в бассейне р. Силengi и ее притоков.

Продолжалась съемка Европейской части СССР. В ее северной части работало 3 партии: в Коми АССР, по р. Усе и ее притокам и по побережью Белого моря.

Была начата и почти завершена съемка Крымского полуострова. Проводились наблюдения по побережью Азовского моря от Бердянска до Геническа и по р. Волге от Сталинграда до Астрахани.

Продолжались наблюдения на пунктах векового хода. Пять партий проводило наблюдения на Кавказе, Западной Сибири, в районах Урала, Украины и на севере Европейской части СССР.

Продолжалось производство магнитных наблюдений экспедициями Гидрографического управления Главсевморпути преимущественно в Карском море. Гидрографическим отрядом этого моря были проведены наблюдения на Новой Земле, на о. Свердруп, на льду и в обсерватории на о. Диксон. Экспедиция на л/п «Малыгин», продолжая работы 1935 г., произвела магнитные определения в Архангельске, в заливе Благополучия, на о. Диксон. Экспедицией на л/п «Седов» были произведены магнитные наблюдения в районе архипелага Норденшельда и в устье р. Таймыр. Эти работы являлись продолжением на восток работ проделанных экспедициями Западно-Сибирского гидрографического управления в 1933 и 1934 гг., экспедицией на л/п «Седов» в 1934 г. и на л/п «Малыгин» в 1935 г.

Экспедицией, работавшей в Чукотском море, были проведены наблюдения по его побережью.

В общей сложности в 1936 г. работало 34 экспедиции.

**1937 год.** Съемочные работы на суше в 1937 г. проводились исключительно партиями БГМС, если не считать одну партию Свердловской обсерватории, направленную для производства наблюдений на пунктах векового хода. Всего в работах по ГМС на суше принимало участие 19 партий.

Продолжалась съемка Казахской ССР. Четыре партии работало в Голодной степи и одна — на Усть-Урте.

В 1937 г. была начата съемка Чукотского полуострова двумя партиями, прикомандированными к комплексной землеустроительной экспедиции, направленной на Чукотский полуостров для работ в 1937—1939 гг. Вследствие задержки с получением транспорта в 1937 г. магнитные определения были произведены только на двух пунктах.

Две партии, продолжая съемку по рекам Сибири, проводили наблюдения на рр. Нижней Тунгуске и Вилюю с его притоками.

На Европейской части СССР съемочные работы проводились в нескольких районах. В северной части двумя партиями проводились наблюдения на Кольском полуострове и на побережье Белого моря. В средней полосе, восполняя оставшиеся незаснятыми участки, три партии проводили съемку в Кировской и Горьковской областях, в Марийской и Чувашской АССР, на среднем течении р. Камы и в бассейне среднего течения р. Оки. Одна партия заканчивала съемку Крымского полуострова.

Три партии было направлено для производства наблюдений на пунктах векового хода в Западной Сибири, в Казахской, Киргизской, Таджикской и Узбекской ССР.

В 1937 г. Гидрографическое управление Главсевморпути направило несколько высокоширотных экспедиций, обогативших наши представления о магнитном поле Арктики новыми данными. В первую очередь следует отметить дрейфующую станцию «Северный полюс», получившую затем название «СП-1». За время ее широко известного дрейфа были произведены измерения величины магнитных элементов в 1937 г. в 111 пунктах, расположенных в почти необследованном участке Северного Ледовитого океана.

За время экспедиции на л/п «Седов» сделаны магнитные наблюдения преимущественно на льду в морях: Баренцовом, Карском и Лаптевых.

Во время тоже широко известного дрейфа каравана л/п «Садко» в Северном Ледовитом океане за 1937 г. были сделаны магнитные наблюдения на льду примерно в 40 пунктах. Эти последние данные оказались особенно ценными потому, что были получены в районе, где раньше магнитных определений вовсе не было. Только на основании этих данных, например, можно было с полной уверенностью замкнуть изодинамы, очерчивающие область Сибирского максимума.

За время работ высокоширотной экспедиции на л/п «Садко», предшествующее началу дрейфа каравана судов, были сделаны магнитные наблюдения на льду в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море.

При работах гидрографических отрядов произведены магнитные наблюдения в Карском море, преимущественно на островах и в районе бухты Тикси.

Всего в течение 1937 г. экспедиции Главсевморпути собрали весьма ценные магнитные данные более чем в 200 пунктах Арктики, позволившие значительно уточнить магнитное поле этого обширного и мало исследованного района.

В 1937 г. работало по ГМС 22 экспедиции.

**1938 год.** В съемочных работах на суше, кроме партий БГМС, участвовало только по одной партии от Свердловской и Иркутской обсерваторий, работавших на пунктах векового хода на Урале и в Западной Сибири и по ГМС в районе оз. Байкал.

Продолжались съемки Чукотского национального округа двумя партиями, работавшими вдоль рек и по берегу Чукотского моря. В течение года было заснято 75 пунктов.

Началась съемка полуострова Камчатки. Работа проводилась на во-

сточном побережье, где произведены определения в 66 пунктах. В дальнейшем съемку Камчатки стали продолжать только в 1944—1948 гг.

Силами одной партии продолжали съемку Бурят-Монгольской АССР. В бассейне р. Селемджи и ее притоков наблюдения были произведены в 65 пунктах.

Одна партия, продолжая работы в Дальневосточном крае, произвела площадную съемку через 20—25 км в Благовещенской области в районе, ограниченном линией железной дороги и рр. Амуром, Зеей и Буреей, и наблюдала на пунктах векового хода, лежащих по р. Амуру и линии жел. дор.

Партия Иркутской обсерватории работала в районе оз. Байкал.

На Европейской части СССР ГМС проводилась в основном в северной и западной ее частях. На севере работало 4 партии по побережью Кольского залива и Белого моря и в бассейне р. Ижмы.

В северо-западной части съемка проводилась двумя партиями в бассейне р. Великой и на Валдайской возвышенности.

На западе Белорусской и Украинской ССР работы проводили 4 партии.

Одна партия производила съемку в бассейне верхнего течения р. Оки.

Пять партий было направлено для наблюдений на пунктах векового хода в Европейской части СССР, на Урале, в Западной Сибири и в Якутии.

Гидрографическим управлением Главсевморпути продолжалось производство магнитных наблюдений попутно с другими работами высокоширотных экспедиций, а именно дрейфующей станцией «СП-1», закончившей работы в 1938 г.; в течение года было заснято 32 пункта.

За время дрейфа л/п «Седов», продолжавшегося в 1938 г., сделаны определения в 72 пунктах.

Некоторое количество определений сделано во время работ гидрографических судов «Темп», «Торос», «Нерпа» и др. в море Лаптевых, в архипелаге Норденшельда и островах Комсомольская Правда.

В общей сложности в 1938 г. съемку проводило 22 экспедиции.

**1939 год.** В съемочных работах на суше в 1939 г., кроме партий БГМС, участвовало по одной партии от Свердловской и Ташкентской обсерваторий, проводивших наблюдения на пунктах векового хода.

На съемку Азиатской части СССР было направлено две партии, проводивших работы в Якутской АССР. Одна из них проводила съемку по рр. Алданцу, Мае, Амге, Лене, Юдоме и Толбе. Вторая работала по маршруту: Якутск — Охотск — верховья р. Май, по р. Май — устье Майское — р. Алдан.

На съемке Европейской части СССР было занято 6 партий. В северной ее части съемку проводили по побережью Баренцова и Белого морей. В центральной части пополняли ранее произведенные съемки в Марийской и Татарской АССР, в Кировской, Рязанской и Московской областях. Продолжая съемку западных областей, одна партия проводила наблюдения в Молдавской АССР и другая партия дополняла съемку Крымского полуострова.

Для наблюдений на пунктах векового хода в Сибири, Средней Азии и на севере Европейской части СССР было направлено шесть партий.

Продолжались наблюдения при работах гидрографических отрядов и экспедиций Гидрографического управления Главсевморпути. За время дрейфа л/п «Седов» в 1939 г. были произведены определения в 62 пунктах. Во время работ экспедиции на л/п «Садко» в Карском море произведены наблюдения в 8 пунктах, преимущественно на островах. Прочими отрядами произведены наблюдения на островах: М. Ляховском, Вран-

геля, Белом, Комсомольской Правды и в архипелаге Норденшельда в количестве 15 пунктов.

Всего в 1939 г. работало 17 партий.

**1940 год.** В Якутской АССР съемка продолжалась двумя партиями в основном в бассейне р. Амги и ее притоков.

Одна партия провела магнитные наблюдения по маршрутам: Курган — Тюмень — Тобольск, Тюмень — Остяко — Вогульск — Сургут — с. Троицкое.

Продолжалась съемка в северной части Казахской ССР, в областях Кустанайской, Акмолинской и Павлодарской силами трех партий.

На восточный склон Южного Урала и на маршрут Свердловск — Магнитогорск были направлены две партии для детализации и увязки ранее произведенных съемок.

После 17 сентября 1939 г. к СССР были присоединены западные области Украинской ССР и Белорусской ССР, где имелись съемки, произведенные ранее по сравнительно редкой сети. С 1940 г. в этих областях была начата ГМС, ставившая своей задачей сгущение сети пунктов до принятой ГМС и увязку обеих съемок. В 1940 г. наблюдения были сделаны в Дрогобычской, Станиславской, Тернопольской, Львовской и Ровенской областях УССР и в Белостокской и Барановичской областях БССР.

Продолжалась съемка северо-западного района Европейской части СССР. Четыре партии проводило работы на побережье Белого и Баренцова морей, в Ленинградской, Вологодской и Архангельской областях и Карельской АССР.

Одна партия была направлена для пополнения съемки в Горьковской области и Марийской и Чувашской АССР.

С целью выявления локальных особенностей векового хода одна партия проводила съемку по р. Оке от Рязани до Горького.

Одна партия проводила детализацию Рязано-Саратовской магнитной аномалии, выявленной в результате ГМС за предыдущие годы.

Одна партия была направлена для съемки магнитной аномалии в Одесском заливе. Для этой съемки пользовались обычным судном.

Для производства наблюдений на пунктах векового хода было направлено восемь партий, в числе которых три партии принадлежали Свердловской, Ташкентской и Тбилисской обсерваториям.

Небольшое количество наблюдений было сделано отдельными гидрографическими отрядами ГУ ГУСМП.

В общей сложности ГМС проводилась в 1940 г. силами 32 экспедиций.

**1941 год.** В соответствии с планом съемка на Европейской части СССР должна была продолжаться в 1941 г. главным образом в западных областях: Молдавской ССР, Западной Белоруссии и на Кольском полуострове. Удалось провести наблюдения только на Кольском полуострове. В связи с начавшейся второй мировой войны партии, выехавшие в пограничные западные области, вынуждены были вскоре же прекратить работы. Съемка продолжалась в восточных областях Европейской части СССР и в Сибири.

Была начата съемка Прикаспийской низменности. Дополнялась съемка Саратовской области. Одна партия работала на р. Оке и одна проводила съемку Кольского и Мотовского заливов Баренцова моря.

Основные съемочные работы проводились в 1941 г. на Азиатской части СССР.

Партией, включенной в состав Геофизической экспедиции ГСГТ, продолжалась съемка Якутской АССР по рр. Лене, Буатоме и Алдану и по некоторым трактам.

Были произведены наблюдения в северной части Западно-Сибирской

низменности в районе, ограниченном рр. Иртышем и Тавдой и в Уватском и Тавризском районах Омской области.

Три партии проводили наблюдения по рр. Хатанге, Анабаре, Тазу, Пур и Надьму и в Красноярском крае.

Силами трех партий продолжалась съемка в западной части Казахской ССР.

Западным отрядом Таймырской геофизической экспедиции ГГУ ГУСМП, проводившем работы в северной части Красноярского края в 1941—1943 гг., была начата магнитная съемка по рр. Пясине и Дудыпте.

Четырьмя партиями НИИЗМ, Иркутской, Тбилисской и Ташкентской обсерваторий проводились наблюдения на пунктах векового хода в Средней Азии, по побережью Каспийского моря, в Закавказье и по р. Колыме.

Арктическим научно-исследовательским институтом проведены измерения в нескольких пунктах восточной части Северного Ледовитого океана во время высокоширотной экспедиции на самолете «СССР-Н-169» в районе, где ранее наблюдений вовсе не было, и который в магнитном отношении являлся «белым пятном».

Всего в 1941 г. работало 27 экспедиций.

**1942 год.** В связи с Великой Отечественной войной магнитная съемка на Европейской части СССР в 1942 г. не производилась вовсе, за исключением определений на нескольких пунктах векового хода, произведенных в ее юго-восточной части.

Продолжались работы на Азиатской части СССР в сильно сокращенном объеме, силами десяти партий.

Западный отряд Таймырской геофизической экспедиции ГГУ ГУСМП продолжал съемку по рр. Пясине и Дудыпте.

Продолжалась начатая в 1941 г. съемка в бассейне рр. Анабар и Хатанги и в бассейне рр. Таз, Пур, Надым.

Проводились магнитные определения по р. Оби и ее притокам Васьюгану и Тыну, вдоль р. Оки — притоку р. Ангары и в районе оз. Зайсан.

Совместно с Западносибирским геологоразведочным трестом была организована экспедиция, производившая площадную магнитную съемку вертикальными весами на участке, расположенном на водоразделе Обь — Иртыш, в пределах Кулундино-Алейской степи.

Две партии были направлены для наблюдений на пунктах векового хода в Алтайском крае и Новосибирской области и в районе Каспийского центра векового хода.

#### Ход съемочных работ и итоги их за 12 лет (1931—1942 гг.)

Выполнение работ Генеральной магнитной съемки по отдельным годам представлено в табл. 6, в которой указано ежегодное количество партий и число заснятых абсолютных пунктов.

Таблица 6

Год	Число партий ГМС	Количество заснятых пунктов	Год	Число партий ГМС	Количество заснятых пунктов
1931	29	1 744	1937	22	972
1932	52	3 657	1938	22	963
1933	47	3 601	1939	17	458
1934	55	3 685	1940	32	1 332
1935	47	3 573	1941	27	875
1936	34	1 706	1942	10	457
			Всего	394	23 024

В первый год Генеральной магнитной съемки (1931), как видно из табл. 6, полевые работы не удалось развернуть на полную мощность. Наибольшее количество направленных партий и заснятых пунктов имеем за 1932—1935 гг., когда проводилась сплошная съемка в обжитых, удобных для передвижения экспедиций районах. В этот период каждая партия вырабатывала в среднем за один полевой сезон примерно 72 пункта.

В 1937—1941 гг., когда основные съемочные работы проходили в труднодоступных районах, производительность, естественно, снизилась в среднем до 38 пунктов за сезон на партию. Стоимость работ при этом значительно возросла, чем и определилось уменьшение общего числа партий, направляемых в этот период.

В 1942 г. в связи с Великой Отечественной войной работало только 10 партий.

В течение 12 лет Генеральной магнитной съемки было организовано 394 экспедиции, заснявших в общей сложности 23 024 абсолютных пункта, и больше 100 000 пунктов  $\Delta Z$  (относительных).

В результате Генеральной магнитной съемки 1931—1942 гг. вся Европейская часть СССР, лежащая к югу от широты  $\varphi = 60^\circ \text{ N}$  до южных границ ее, Западно-Сибирская низменность, Кольский полуостров и западная часть Карельской АССР покрыта сплошной магнитной съемкой. Средняя Азия заснята довольно густо сетью маршрутов. Вся остальная территория Союза ССР покрыта только редкими маршрутами.

Заснятость СССР Генеральной магнитной съемкой к концу 1942 г. показана на схематической карте (рис. 7).

### Г Л А В А III

#### ПРИБОРЫ, СЛУЖИВШИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОЛЕВЫХ РАБОТАХ ПО ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКЕ

Успешное проведение работ по Генеральной магнитной съемке могло быть обеспечено только при наличии достаточного количества однотипных приборов для полевых измерений и другого необходимого оборудования. К началу организации работ по съемке не только в БГМС, но и вообще в СССР не было такого количества одинаковых приборов, чтобы ими можно было снабдить все организуемые партии. Условие одинаковости приборов по смыслу не являлось необходимым. Важно было, чтобы употребляемые приборы были одного типа, которые при соответствующей методике измерений обеспечивали бы требуемую точность наблюдаемых величин.

На первой сессии Постоянной Геомагнитной комиссии [37] было решено использовать все имеющиеся в СССР приборы, отвечающие поставленному условию. Для этого была учтена полевая аппаратура, находившаяся в БГМС и в других организациях и учреждениях, и из нее отобраны соответствующие приборы. Ими в первые годы снабжались партии, производившие полевые определения. Однако уже в самом начале съемки было очевидно, что имеющаяся в наличии аппаратура не сможет обеспечить всех съемочных работ. Часть употреблявшихся приборов уже несколько устарела, некоторые были слишком громоздки. Все находившиеся в работе приборы постепенно изнашивались.

Все эти причины, а также крупные масштабы ежегодных съемочных работ, предъявляли определенные требования по унификации применяемых приборов и методов наблюдений и по внедрению новых. Мысль магнитологов работала в этом направлении, методы наблюдений постепенно видоизменялись, упрощались старые и вводились новые; вместе с этим изменялась и измерительная аппаратура.

## Приборы, употреблявшиеся при полевых работах по Генеральной магнитной съемке

В первые четыре года Генеральной магнитной съемки применяемые для определения  $D$  и  $H$  теодолиты, несмотря на то что они были собраны из разных мест СССР, не отличались разнообразием. Это были однотипные приборы, значительную часть которых составляли магнитные теодолиты фирм Шасселон и Бамберг. Отечественные теодолиты в СССР тогда были единичны. Измерение наклоения производилось почти исключительно стрелочными инклинометрами (фирм Довер и Шасселон); индукционные инклинометры употреблялись в весьма небольшом количестве. С появлением в 1935 г. в большом количестве новых магнитных теодолитов, изготовленных в СССР и получивших название «Комбайн» за свою универсальность, все остальные приборы, кроме теодолита фирмы Шасселона, начинают постепенно сниматься с вооружения партий. С 1936 г. наблюдения по Генеральной магнитной съемке производились только с теодолитами «Комбайн» и Шасселон. Для измерений  $\Delta Z$ , которые в большом масштабе стали производиться с 1934 г., употреблялись вертикальные весы почти исключительно отечественного производства.

Таблица 7

Список приборов, которыми производилась Генеральная магнитная съемка

Теодолиты		Инклинометры	
Название	Количество	Название	Количество
Магн. теодол. Бамберга . . . . .	11	Стрелочный инклинометр Бамберга . . . . .	1
"    "    Бартельса . . . . .	1	Стрелочный инклинометр Барроу . . . . .	3
"    "    Беккера . . . . .	2	Стрелочный инклинометр Гартман и Браун . . . . .	1
"    "    Брауера . . . . .	4	Стрелочный инклинометр Довера . . . . .	16
"    "    Вильда-Эдельмана . . . . .	3	"    "    Негретти . . . . .	1
"    "    Вильда-Фрейберга . . . . .	1	"    "    Пистора . . . . .	1
"    "    Гартмана и Брауна . . . . .	1	"    "    Сарториус . . . . .	1
"    "    Гиргенсона . . . . .	1	"    "    Шасселон . . . . .	17
Астроном. теодол. Гильдебранда с буссолью . . . . .	5	"    "    Эди . . . . .	3
Магн. теодол. Краузе . . . . .	2	Индукцион. инклинометр Бамберг . . . . .	2
"    "    Кью . . . . .	2	"    "    Вильда . . . . .	3
"    "    Карнеги . . . . .	2		
"    "    "Комбайн" . . . . .	29		
"    "    Оглоблинского . . . . .	1		
"    "    Сарториус . . . . .	5	Итого . . . . .	49
"    "    Шасселон . . . . .	22		
Электр. магнетом. ГГФИ . . . . .	1		
"    "    Ульянина . . . . .	2		
Итого . . . . .	95		

Примечание. Меньшее против числа магнитных теодолитов количество инклинометров объясняется тем, что с 1935 г. стал употребляться новый метод определения  $I$ , производившийся на теодолите «Комбайн», а также постепенным введением в употребление вертикальных весов.

В табл. 7 приводится список и количество различных теодолитов и инклинометров, с которыми производилась Генеральная магнитная съемка, а табл. 8 дает процентное соотношение приборов, ежегодно участвовавших при ГМС.

Количество партий, располагавших разного рода приборами в процентах к ежегодному количеству партий

Годы	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942
Теодолит „Комбайн“	0	0	0	0	34,8	57,9	72,7	81,0	60,0	93,7	92,3	62,5
Теодолит Шасселон	55,2	42,3	39,1	46,3	41,3	34,2	27,3	19,0	40,0	6,3	7,7	37,5
Другие теодолиты	44,8	57,7	60,9	53,7	23,9	7,9	0	0	0	0	0	0
Вертикальные весы	6,9	11,5	10,9	48,1	45,4	52,6	63,6	76,2	35,0	93,8	88,5	87,5
Стрелочный инклинометр	83,8	73,1	69,6	66,7	30,4	10,3	0	0	0	8,3	4,2	0
Индукционный инклинометр	17,2	13,5	19,6	16,7	15,2	7,7	4,8	4,8	5,3	8,3	0	0

### Обозрение методов наблюдений

Мы не будем здесь подробно излагать методы и схемы наблюдений, а остановимся только на принципах измерений, причем изложим вкратце те из них, которыми мыслилось проведение магнитной съемки и которыми она проводилась первые два-три года; они были заимствованы из опыта работ по магнитной съемке России, проводившейся с 1909 по 1917 г. Эти методы были уже испытаны не только в России, но и за границей и казалось, что они-то и являются наилучшими. Однако даже в первые годы пришлось отступить от некоторых из них при измерении горизонтальной силы.

По мере развития работ по Генеральной магнитной съемке и накопления опыта, первоначальная методика измерений изменялась; отменялись методы, не обеспечивавшие темпа или качества, применялись новые усовершенствованные методы, строились новые приборы.

Вкратце изложив принципы, положенные в основу магнитных полевых измерений в первые годы магнитной съемки, мы в дальнейшем перейдем к детальному описанию их и главным образом тех изменений и усовершенствований, которые внедрялись в практику магнитных измерений по мере развертывания полевых работ.

### ПРИНЦИПЫ АСТРОНОМИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ПОЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ РАБОТ ПО ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКЕ

#### Астрономические наблюдения

Как известно, астрономические наблюдения при магнитной съемке не имеют самостоятельного значения, а носят вспомогательный характер. Они служат для определения времени и азимута светила, а иногда определения координат пункта наблюдений. Ввиду особенностей магнитных измерений, требующих дневного освещения, астрономические наблюдения производились почти исключительно по солнцу. В случаях затяжной облачности в дневное время наблюдателю приходилось переходить на наблюдения Полярной звезды (*α Ursae minoris*) ночью. В партиях, работавших зимой и на севере, за полярным кругом, наблюдения по Полярной звезде производились значительно чаще. Очень редко наблюдения производились по другим звездам.

## Измерение магнитного склонения

Метод определения магнитного склонения за все время съемки с 1931 по 1942 г. оставался неизменным. Направление астрономического меридиана определялось из астрономических наблюдений; для определения направления магнитного меридиана пользовались, за весьма редкими исключениями, магнитом, подвешенным на нити.

## Измерение горизонтальной силы

Измерения горизонтальной силы, независимо от метода ее определения, выполняли приборами относительными. Поэтому непосредственного определения величин, служащих для вычисления постоянной прибора, не производили; ее получали из сличения прибора на магнитной обсерватории с абсолютным теодолитом.

В первые годы съемки, до появления магнитного теодолита «Комбайн», преобладающим методом определения горизонтальной силы был классический метод Гаусса — Ламона. Наряду с ним небольшое количество партий определяло  $H$  электрическим методом, детальное описание которого будет изложено в дальнейшем. Одновременно с полевыми измерениями проводились опытные работы по измерению горизонтальной силы методом отклонений. Эти работы увенчались полным успехом и с 1936 г. метод Гаусса — Ламона перестает быть массовым, уступая место методу отклонений. Это изменение метода измерения горизонтальной силы совпадает по времени с выпуском большого количества новых отечественных теодолитов «Комбайн».

## Измерение наклона

В начале работ по съемке определение наклона производилось на инclinаторах, посредством которых измеряется угол наклона  $I$ . В дальнейшем, с 1935 г., перешли к измерению наклона методом индукции в мягком железе. Этот метод заключается в том, что измеряется угол отклонения от меридиана горизонтально подвешенного магнита, под действием магнитного поля, создаваемого вертикально поставленным стержнем из мягкого железа. Впоследствии мягкое железо было заменено динамной сталью.

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

### Магнитный теодолит «Комбайн»

Одновременно с изысканиями новых методов измерений магнитных элементов, о чем будет сказано дальше, шла работа по конструированию и изготовлению нового типа теодолита. Конструкцию прибора разработал на основе своего большого опыта работы по магнитной съемке Н. Н. Трубятчинский при участии инженера Ю. Д. Протасова. В 1934 г. были получены первые опытные экземпляры этого теодолита, а в 1935 г. БГМС получило их 30 комплектов. Теодолит позволяет производить астрономические определения, определения склонения, горизонтальной силы электрическим методом и методом отклонений и наклона методом индукции в мягком железе. В первоначальном замысле на нем же предполагалось производить относительные определения  $\Delta Z$ , для чего к теодолиту придавался специальный домик.

Теодолит получил название «Комбайн» за свою универсальность. Это был первый отечественный полевой магнитный теодолит, вышедший с завода серийным выпуском. До этого полевые приборы или ввозились из

заграницы, или изготовлялись в единичных экземплярах в мастерских. Принципиальным новшеством в нем был отказ от измерения горизонтальной силы классическим методом Гаусса — Ламона. Вместо него был применен электрический метод и метод отклонений. Ниже дается краткое описание этого теодолита.

Горизонтальный круг на треножном основании несет на себе вращающуюся оправу с кольцами Гельмгольца и столиком для установки домика. На оправе колец Гельмгольца расположено два лагера для вкладки съемной астрономической трубы с вертикальным кругом. В центрах оправы колец Гельмгольца имеется два прилива для навинчивания шин, служащих для закрепления на них отклоняющих магнитов или стержней из динамной стали для определения наклонения.

Для магнитных наблюдений имеется специальная труба, которая устанавливается перпендикулярно зеркалу подвешенного магнита на лагера, находящиеся на кольцах Гельмгольца. Теодолит имеет специальный домик для измерения  $D$ ,  $H$  и  $I$ ; при нем находится большой магнит для наблюдений  $D$ , малый отклоняемый магнит для наблюдений  $H$  и  $I$  и комплект отклоняющих магнитов для измерения  $H$ . Отклоняемый магнит и магнит для склонения имеют плоские зеркала.

Лимбы вертикального и горизонтального кругов имеют деления через  $30'$  и верньеры, точность отсчета по которым  $1''$ . Отсчеты производятся через лупу. Для наблюдений  $\Delta Z$  был построен специальный домик — магнитные весы, вставляемый вместо домика для наблюдений  $D$  и  $H$ .

От обычных домиков вертикальных весов он отличается следующими особенностями: зеркало к магнитной системе прикреплено сбоку, со стороны ее южного полюса. Наблюдения производятся зрительной трубой, через которую визируется магнит при определениях  $D$  и  $H$ . Грузик для изменения чувствительности вынесен наверх системы, ручка арретира расположена внизу. Термометры находятся внутри домика — сверху и наблюдения температуры производятся при помощи зеркала, прикрепленного к верхней, открывающейся крышке домика.

При работе на первых опытных образцах прибора в 1934 г. обнаружился большие недостатки в конструкции домика  $\Delta Z$ . Подвижная накладная труба для отсчетов, неудобный арретир, часто действующий рывком, и некоторые другие менее существенные недостатки, приводили к тому, что наблюдения продолжались долго и оказывались весьма невысокого качества. Поэтому наблюдения  $\Delta Z$  на теодолите «Комбайн» не производили вовсе, а домики были использованы для других целей. Почти одновременно с выпуском теодолита появилось детальное описание его и методов работы с ним [38].

### Внедрение в практику съемки вертикальных весов

В связи с успехами магнитометрических работ в СССР, вызванных внедрением в практику нового прибора — вертикальных магнитных весов, впервые появившихся в СССР в 1924 г., возник вопрос о применении их при генеральной съемке. На первой сессии Постоянной Геомагнитной комиссии было вынесено постановление об организации специальной опытной партии для испытания этого прибора при съемке. В первый же год съемки (1931) опытная партия под руководством Е. В. Кракау, помимо обычных приборов для наблюдений, была снабжена вертикальными весами. С ними производились относительные определения  $\Delta Z$  через каждые два километра по пути следования партии между абсолютными пунктами и на абсолютных пунктах. При таком методе наблюдений количество пунктов с измерениями вертикальной силы значительно возросло,

однако расстояния между маршрутами  $\Delta Z$  оставались порядка 20 км. Поэтому, хотя применение весов способствовало получению более детальной картины магнитного поля вертикальной силы, малые по площади аномалии могли быть пропущены.

Так как основной целью Генеральной магнитной съемки было изучение общего распределения элементов земного магнетизма, то примененная опытной партией сеть пунктов  $\Delta Z$  была признана достаточной. Выявление залежей полезных ископаемых и составление карт  $Z_a$  не являлось первоочередной задачей Генеральной магнитной съемки. Однако руководство съемкой при планировании полевых работ учитывало интересы разведочной геофизики, направляя в первую очередь магнитные партии в районы, наиболее заслуживающие внимания в промышленном отношении. Так, например, в первые же годы съемки ряд партий был направлен в Башкирскую АССР, где тогда проводились изыскания на нефть, на Урал, в Карелию, Кузбасс и в другие районы.

Данные по  $H$  и  $I$  на пунктах абсолютной съемки позволяли вычислить нульпункт весов в абсолютных единицах и отсюда получить абсолютные значения вертикальной силы на всех пунктах с наблюдениями  $\Delta Z$ .

Помимо получения дополнительных точек со значениями  $Z$ , применение весов облегчало контроль наблюдений  $H$  и  $I$  и повышало точность определений  $Z$  и  $I$ ; последнее имело особо важное значение, так как наблюдения  $I$  со стрелочным инклинометром давали значения с погрешностью, превышающей заданную в 2—3 раза.

Благоприятные результаты измерений с вертикальными весами привели к заключению о необходимости приступить к организации производства весов в общегосударственном масштабе [39].

В 1932 г. приступили к постройке трех приборов, а в 1933 г. Ленинградское отделение опытного завода ЦУЕГМС изготовило по заказу БГМС и под его наблюдением 22 комплекта вертикальных весов. Руководил изготовлением весов Н. Н. Трубяччинский.

Еще до 1932 г. вертикальные весы небольшими партиями в несколько экземпляров изготавливались механиком А. В. Коржинским. Совместно с Н. Н. Трубяччинским они много трудились над улучшением и упрощением заграничной конструкции. Весами изготовления А. В. Коржинского в 1932 г. были снабжены некоторые партии Генеральной съемки. А. В. Коржинский был талантливый русский механик-конструктор, который вложил много своего труда в дело конструирования магнитных приборов. Им были выполнены: переделка магнитного теодолита Шасселон для измерения  $H$  электрическим методом, изготовление специального теодолита для измерений в Арктике и изготовление первых экземпляров кварцевого  $H$  магнитометра.

На третьей сессии Геомагнитной комиссии [40] в январе 1933 г. вертикальные весы советской конструкции и советского производства были продемонстрированы в готовом виде. Тогда же было одобрено решение о снабжении всех партий не только приборами для абсолютных наблюдений  $D$ ,  $H$  и  $I$ , но и вертикальными весами. После 1933 г. вертикальные весы стали изготавливаться и в некоторых других мастерских, так что с 1934 г. партии, работавшие в районах сплошной съемки, уже имели весы в своем распоряжении. Партии, производившие наблюдения в труднодоступных районах, где маршруты пролегли друг от друга на расстоянии, доходившем иногда до тысячи километров, как правило, весов не имели. Однако, начиная примерно с 1940 г., и эти партии стали снабжаться весами. Наблюдения  $\Delta Z$  на таких удаленных маршрутах давали некоторую характеристику поля вдоль маршрута.

## МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Перейдем к подробному описанию методов астрономических и магнитных наблюдений, применявшихся при Генеральной магнитной съемке.

### Определение координат пунктов наблюдений

На Всесоюзном геомагнитном совещании, предшествовавшем началу Генеральной магнитной съемки, было вынесено постановление о том, что точность широты пунктов наблюдений для мест необеспеченных картами требуемого масштаба и долготы должна быть не ниже  $1'$ . Если для районов, подлежащих съемке, существовали карты таких масштабов, которые позволяли снимать координаты с точностью до  $1'$  и выше, то никаких наблюдений для определения координат производить не требовалось. К таким картам были отнесены карты масштабов  $1:420\,000$  и  $1:126\,000$  (к 1935 г. вышедшие из употребления, как устаревшие),  $1:500\,000$  и крупнее. Если на картах крупных масштабов нельзя было с уверенностью по ситуации нанести пункты наблюдений, то требовались специальные определения координат. Эти определения производились из астрономических наблюдений солнца, а иногда Полярной звезды. Ниже излагаются все методы определения координат, применявшиеся при работах по Генеральной магнитной съемке.

### АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРОТЫ МЕСТА НАБЛЮДЕНИЙ

Наиболее распространенным методом определения широты места наблюдений было наблюдение высоты солнца близ меридиана. Оно состояло из восьми наведений на верхний и нижний края солнца по симметричной схеме при круге  $R$  и  $L$ . По времени наблюдения располагались таким образом, чтобы момент верхней кульминации солнца разделял серию наблюдений на равные части. Каждое наведение сопровождалось записью отсчетов вертикального круга, момента времени по хронометру и уровня. Одновременно производилось также определение места зенита на вертикальном круге и записывалась температура воздуха.

Наблюдения широты по Полярной звезде состояли из четырех или восьми наведений на нее так, чтобы горизонтальная нить ее покрывала. Наведения производили по симметричной схеме при круге  $L$  и  $R$  и сопровождали записью отсчетов вертикального круга, уровня и моментов по хронометру. Производили также определение места зенита на вертикальном круге и записывали температуру воздуха.

В сравнительно редких случаях определение широты и поправки хронометра производились по наблюдениям зенитных расстояний солнца в двух взаимно перпендикулярных азимутах по методу Сомнера. Серия наблюдений состояла из восьми наведений на верхний и нижний края солнца по симметричной схеме при круге  $R$  и  $L$ . Каждое наведение сопровождалось записью отсчетов вертикального круга, уровня и моментов времени по хронометру; производилось также определение места зенита на вертикальном круге и записывалась температура. Преимущество определения координат по методу Сомнера заключается в том, что он универсален, т. е. им можно пользоваться в любое время суток. Точность же определений несколько ниже, чем при раздельных определениях (кроме, конечно, близкого к полудню). Как известно, этот метод допускает решение задачи аналитическим и графическим путем. При Генеральной съемке обычно применялся графический метод построения сомнеровых линий.

## Определение долготы

Долгота определялась наиболее часто из сопоставления поправки хронометра к гринвичскому времени, определенной по радиосигналам времени и из наблюдений поправки хронометра по зенитным расстояниям солнца. Схема наблюдений последней будет приведена ниже. Хотя партии только в исключительных случаях имели при себе радиоприемник, но благодаря повсеместно развитой радиосети прием сигналов времени не представлял никаких затруднений. Только в таких местах, где населенные пункты отсутствуют (песчаные пустыни Средней Азии, Сибирская тайга и тундра), партии снабжались радиоприемниками.

## Другие методы определения координат

При наличии густой триангуляционной сети, если с пункта наблюдений были видны три или два триангуляционных знака, то определение координат производилось решением задачи Потенота или Ганзена. Однако этот метод применялся в редких случаях, когда по условиям погоды астрономические наблюдения были невозможны. При благоприятной погоде обычно производились астрономические наблюдения даже при наличии достаточного числа триангуляционных знаков.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И АЗИМУТА ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА (МИРЫ)

Метод определения времени и азимута миры обуславливался наличием или отсутствием в партии хронометра.

#### Астрономические наблюдения при наличии хронометра. Определение времени (поправки хронометра) по зенитным расстояниям солнца

При наличии хронометра определение времени и азимута производилось раздельно. Серия наблюдений времени состояла из восьми наведений на верхний и нижний края солнца по симметричной схеме при круге  $R$  и  $L$ . Каждое наведение сопровождалось записью отсчетов вертикального круга, уровня и момента времени по хронометру. Одновременно производилось также определение места зенита на вертикальном круге и записывалась температура воздуха.

#### Определение азимута миры по часовому углу светила

Наблюдение азимута состояло из восьми наведений на правый и левый края солнца по симметричной схеме при круге  $R$  и  $L$ . Каждое наведение сопровождалось записью отсчетов горизонтального круга и момента времени по хронометру. До и после наблюдений производились наведения на центр солнца с последующими отсчетами по вертикальному кругу для вычисления приближенного зенитного расстояния солнца, а также наведения на миру с отсчетами по горизонтальному и вертикальному кругам. По окончании наблюдений записывалась температура воздуха.

Таким образом, часовой угол вычисляли не из наблюдений зенитного расстояния, а из отсчета хронометра, исправленного поправкой к истинному времени. Такой метод определения азимута имеет два преимущества: 1) наблюдение касания солнца с одной нитью проще, чем с двумя, и сопровождается меньшей ошибкой и 2) наблюдения движения солнца по азимуту допустимо производить и в приполуденные часы. Наблюдения же зенитного расстояния солнца в те же часы, для последующего вычис-

ления азимута не допускались в силу значительной погрешности таких определений.

Иногда определения азимута производились по Полярной звезде. В этом случае схема наблюдений оставалась совершенно такой же, как и при наблюдениях по солнцу. Количество наведений допускалось и меньше восьми, а именно шесть и даже четыре.

### **Астрономические наблюдения с часами. Определение азимута мира по зенитным расстояниям светила**

Если в партии не было хронометра, то определение азимута производили из наблюдений зенитных расстояний солнца. Серия наблюдений состояла из восьми наведений на солнце по симметричной схеме при круге  $R$  и  $L$ . При каждом наведении наблюдалось одновременное касание краев солнца с горизонтальной и вертикальной нитью. Каждое наведение сопровождалось записью отсчетов горизонтального и вертикального кругов, уровня и моментов времени по часам с точностью до 2—3 секунд.

Производили также определение места зенита на вертикальном круге и записывали температуру воздуха. При таком способе наблюдение касаний производилось одним лицом, а отсчет времени по часам — другим по условному сигналу. В этом случае часовой угол вычислялся из наблюдаемых зенитных расстояний солнца. Попутно с азимутом вычислялась и поправка часов, которая получалась, однако, с меньшей точностью, чем это можно было получить из наблюдений с хронометром.

При астрономических наблюдениях зенитного расстояния измерялась температура воздуха, измерения же давления воздуха, как правило, не производились. Почти вся территория СССР имеет равнинный характер с небольшими высотами над уровнем моря. Колебания давления, вызванные переменой погоды или же изменением высоты пункта наблюдений над уровнем моря, при условиях равнинной местности таковы, что вызванное им изменение рефракции лежит в пределах точности наблюдений.

Если же наблюдения производились в горной местности (горные хребты: Кавказский, Алтайский или некоторые другие), то при астрономических наблюдениях измерялось давление воздуха по барометру-анероиду. В дальнейшем, при обработке наблюдений, в величину принимаемой рефракции вводилась поправка за изменение давления от нормального.

### **Некоторые отступления от общепринятых схем наблюдений**

При наблюдениях солнца не всегда наведения производили на край солнца. Если в астрономической трубе был не крест нитей, а сетка, как например в теодолите Шасселон малая модель, то допускалось «вписывание» солнца в центральный квадрат нитей, т. е. наведение на центр солнца. В таком случае при обработке не приходилось вводить поправку за радиус солнца.

При работе с теодолитом «Комбайн», вследствие того что астрономическая труба у него ломаная, и при некоторых зенитных расстояниях солнца легко ошибиться в определении назначения нитей (горизонтальная и вертикальная) допускалось «вписывание» солнца в каждый из четырех квадрантов поля зрения трубы. Тогда схема наблюдений несколько изменялась: производились сразу четыре наведения на солнце при круге право (лево) и затем четыре наблюдения при круге лево (право).

## Схемы астрономических наблюдений

В табл. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 приведены все схемы и примеры астрономических наблюдений, за исключением совместного определения широты места наблюдений и поправки хронометра, так как для этого использовались наблюдения зенитных расстояний солнца.

Таблица 9

### Схема определения широты по близмеридиональным высотам солнца

Илимпей, 9/VIII 1940 г. Наблюдатель Л. С. Банухин. Теодолит Шасселон № 5.  
Хронометр Эриксон № 1124 (средний)

$t = 20^\circ$

Круг и наведение	Хронометр	Уровень	Вертикальный круг	
			I верньер	II верньер
R ⊙	11 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup>	-0,8 +0,8	61°59'	59'
R ⊙	12 00 49	-0,8 +0,8	61 27,5	27,5
L ⊙	02 20	-0,5 +1,2	156 47,5	47,5
L ⊙	03 31	-0,5 +1,2	156 15,5	15,5
L ⊙	04 38	-0,5 +1,2	156 15,5	15,5
L ⊙	05 37	-0,5 +1,2	156 47	47
R ⊙	07 03	-1,0 +0,8	61 28	28
R ⊙	08 20	-1,0 +0,8	61 59	59

Таблица 10

### Схема определения широты по наблюдениям Полярной

Пункт № 74. Теодолит Шасселона № 124. Хронометр Лобнера № 1160 (средний).  
Наблюдатель З. А. Тимофеева. 31/VII 1935 г. Приб. ижженное место зенита 113°33'.  
Поправка хронометра к Гриничу + 2<sup>m</sup>36<sup>s</sup>

Круг	Хронометр	Уровень	Отсчет круга	
			I верньер	II верньер
R	15 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	0,6-1,9	158°19'	16'
R	49 20	0,5-0,8	158 19	16
L	58 55	1,6-0,0	68 51	48
L	16 00 15	1,5-0,0	68 51	49
L	3 20	1,5-0,0	68 52	49
L	4 51	1,5-0,0	68 52	50
R	8 39	0,3-1,0	158 14	11
R	16 17 35	0,0-1,5	158 12	10

$t = 23^\circ,5$

$B = 748$

Схема совместного определения широты и поправки хронометра по методу Сомнера

Теодолит „Комбайн“ № 11. Хронометр Брюс № 2010 (средний).  
Наблюдатель А. Ф. Першукевич. 13/VII 1941 г.

Круг и наведение	Хронометр	Уровень	Вертикальный круг		Круг и наведение	Хронометр	Уровень	Вертикальный круг	
			I верньер	II верньер				I верньер	II верньер
I					II				
L ⊙	11 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	5-10	236°45'	44'	L ⊙	16 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup>	5-10	256°56'	57'
L ⊙	56 59	5-10	237 21	20	L ⊙	18 38	5-10	257 34	35
R ⊙	59 02	5-10	125 30	30	R ⊙	19 39	5-10	105 22	21
R ⊙	12 05 59	5-10	125 35	35	R ⊙	20 34	5-10	105 51	50
R ⊙	06 37	5-10	125 32	32	R ⊙	21 28	5-10	105 46	45
R ⊙	07 47	5-10	124 51	52	R ⊙	22 11	5-10	105 10	10
L ⊙	08 52	5-10	238 10	09	L ⊙	23 04	5-10	257 55	55
L ⊙	12 09 42	5-10	237 39	38	L ⊙	16 23 55	5-10	257 26	25

Таблица 12

Схема определения времени (поправки хронометра) по зенитным расстояниям солнца

№ 50. Федосеевка. Наблюдатель Б. С. Рубинсон. 31/VIII 1935 г.

Мира R 90°51' - 52'  
L 268 54 - 55

„Комбайн“ № 33. Приближен-  
ная поправка часов к Гриничу = -1<sup>h</sup>54<sup>m</sup>  
t = 19°2  
B = 757

Круг и наведение	Время	Уровень	I верньер	II верньер
L ⊙	6 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	5-10	253°20'	21'
L ⊙	6 26 03	5-10	252 19	19
R ⊙	6 29 51	4,5-9,7	108 5	5,5
R ⊙	6 32 06	4,8-9,8	107 55,5	57
R ⊙	6 34 58	4,4-9,4	108 14	15,5
R ⊙	6 35 19	4,7-9,7	108 59,5	60
L ⊙	6 37 18	5,2-10,2	250 25,5	26
L ⊙	6 39 17	5-10	250 37	38

$$\xi = \begin{cases} 90^{\circ}51',5 \\ 268 54,5 \\ \hline 359^{\circ}46',0 \end{cases}$$

$$\xi = 179^{\circ}53'$$

## Схема определения азимута Солнца по часовому углу

Анадырь, рыбкомбинат, 6/IX 1940 г. Наблюдатель Н. Е. Попков.  
 Теодолит Шасселон № 51 (малая модель). Хронометр Людвига № 1880 (средний)

Горизонтальный круг

Вертикальный круг

На миру  $R \ 33^{\circ}28' - 28' \ 28',0 \ 27',2$   
 $L \ 213 \ 26 - 27 \ 26,5$

На центр солнца  $L \ 33^{\circ}01'$   
 $t = 9^{\circ},8$

Круг и наведение	Хронометр	Горизонтальный круг	
		I верньер	II верньер
$L \ \odot$	$20^h 42^m 26^s,0$	$148^{\circ} 18'$	$18'$
$L \ \odot  $	$43 \ 07,5$	$149 \ 05$	$05$
$R \ \odot  $	$45 \ 07,5$	$329 \ 43$	$43$
$R \ \odot$	$45 \ 37,0$	$329 \ 15$	$15$
$R \   \odot$	$46 \ 09,0$	$329 \ 22$	$23$
$R \ \odot  $	$46 \ 38,5$	$330 \ 06$	$07$
$L \ \odot$	$47 \ 52,0$	$150 \ 15$	$16$
$L \   \odot$	$20 \ 48 \ 32,0$	$149 \ 51$	$51$

Вертикальный круг

Вычисление  $z$ На центр солнца  $R \ 169^{\circ}32'$  $169^{\circ}32'$  $- \ 33 \ 01$ 

Горизонтальный круг

 $136^{\circ}31'$ 

На миру  $R \ 33^{\circ}27' - 28' \ 27',5 \ 27',0$   
 $L \ 213 \ 26 - 27 \ 26,5$

 $z = 68^{\circ}16'$ Среднее на миру  $213^{\circ}27',1$ 

Таблица 14

## Схема совместного определения поправки часов и азимута по зенитным расстояниям солнца

г. Каменец-Подольск, 3/VI 1938 г. Наблюдатель К. В. Маргынова.  
 Теодолит „Комбайн“ № 24 — приближенная поправка часов к Гриничу =  $-3^h 00^m$

Горизонтальный круг

Вертикальный круг

Мира  $R \ 299^{\circ}22' - 22' \ 17',2$   
 $L \ 119 \ 13 - 12$

$90^{\circ}59' - 58' \ 58',5$   
 $268 \ 28 - 26 \ 27,0$

 $t = 27^{\circ},5$ 

Круг и наведение	Время	Уровень	Горизонтальный круг	Вертикальный круг
$L \ \odot$	$18^h 17^m 06^s$	5—10	$195^{\circ}00' - 00'$	$644^{\circ}07' - 05'$
$L \ \odot  $	18 39	5—10	$195 \ 51 - 52$	$244 \ 54 - 53$
$R \   \odot$	20 28	5—10	$15 \ 47 - 46$	$114 \ 12 - 10$
$R \ \odot  $	22 10	5—10	$16 \ 38 - 38$	$114 \ 30 - 28$
$R \ \odot$	23 35	5—10	$16 \ 55 - 55$	$114 \ 15 - 14$
$R \   \odot$	25 07	5—10	$16 \ 37 - 37$	$113 \ 27 - 25$
$L \ \odot  $	27 01	5—10	$197 \ 22 - 22$	$246 \ 16 - 15$
$L \ \odot$	18 28 37	5—10	$197 \ 03 - 04$	$246 \ 00 - 01$

Мира  $L \ 119^{\circ}12' - 12' \ 17',0$   
 $R \ 299 \ 22 - 22$   
 $t = 28^{\circ},5$

Горизонтальный круг  
 Среднее на миру  $299^{\circ}17',1$   
 $t_{cp} = 28^{\circ},0$

Вычисление места зенита  
 Среднее мира  $R \ 90^{\circ}58',2$   
 $L \ 269 \ 27 \ 3$   
 $2 \xi = 359^{\circ}25',5$   
 $\xi = 179^{\circ}42',8$

## Схема определения азимута по Полярной

Пончозеро, 5/IV 1934 г. Наблюдатель Н. Д. Медведев.  
 Теодолит Шасселона № 152 (средняя модель). Хронометр  
 Эриксона № 1124, поправка к среднему гринвичскому  
 времени  $+1^{\text{h}}2^{\text{m}}16^{\text{s}}$

Круг	Время по хронометру	Горизонтальный круг
На миру { $L$	—	$128^{\circ}35' - 34'$
$R$	—	$308 19 - 19$
$R$	$18^{\text{h}}29^{\text{m}}08^{\text{s}}$	$88 38 ,5 - 38 ,5$
$R$	$31 24$	$88 39 ,5 - 39 ,5$
$L$	$51 01$	$268 18 ,5 - 18 ,5$
$L$	$54 44$	$268 21 - 20 ,5$
$L$	$58 10$	$268 22 - 22$
$L$	$19 02 45$	$268 25 - 24 ,5$
$R$	$08 45$	$89 00 - 00$
$R$	$19 12 17$	$89 01 ,5 - 01 ,5$
На миру { $R$	—	$308 19 - 18$
$L$	—	$128 35 - 35$

Среднее мира  $L 128^{\circ}34',8$  }  $26',8$   
 $R 308 18 ,8$  }

## ТОЧНОСТЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Астрономические наблюдения в партиях Генеральной магнитной съемки производились на магнитных теодолитах; очень редко партия имела с собой специальный астрономический теодолит. Поэтому мы рассмотрим вопрос о точности астрономических наблюдений применительно к массовому виду наблюдений — на магнитном теодолите.

В большинстве случаев цена деления верньеров горизонтального и вертикального кругов таких теодолитов  $1'$ , а увеличение трубы не больше шестикратного. Эти данные мы положим в основу подсчетов.

Погрешность определений  $\varphi$ 

Рассмотрим погрешность определения  $\varphi$  по близмеридиональным высотам солнца. Продифференцировав основное соотношение параллактического треугольника

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

и произведя после этого некоторые простые преобразования, получим

$$d\varphi = \frac{dz}{\cos A} - \cos \varphi \operatorname{tg} A dt.$$

При наблюдениях близ меридиана  $A = 0$  и формула погрешности примет простой вид

$$d\varphi = dz.$$

Известно, что ошибка наведения на светило простым глазом  $-1'$ .

При трубе с шестикратным увеличением она равна  $0',17$  или приближенно  $0',2$ .

Точность отсчета по верньеру равна половине его характеристики, т. е. в нашем случае  $0',5$ .

Погрешность поправки за астрономическую рефракцию и параллакс в среднем не превышает 0',3.

Ошибка за неравномерный нагрев инструмента нами не принята в расчет, так как мы считаем ее учтенной в поправке за уровень.

Погрешность за гнутые трубы  $\Delta = g \sin z$ , где  $g$  — величина наибольшего гнущия при горизонтальном положении трубы, для теодолитов типа «Комбайн» и Шасселон не превышает 1'.

Принимая во внимание, что большинство наблюдений по солнцу протекало между равноденствиями в летний период, и в широтах от 35 до 65° N мы можем посчитать погрешность гнущия оси трубы не превышающей 0',5.

В самом деле, наименьшее зенитное расстояние в полдень для летнего солнцестояния 11°5', наибольшее для равноденствий — 65°. В среднем

$$\Delta' = g \sin z \cong 0',5.$$

В широтах, больших 65° N, астрономические наблюдения производились в большинстве случаев по Полярной, для которой зенитное расстояние лежит в указанных выше пределах. Таким образом, ошибку от гнущия трубы и по наблюдениям Полярной мы можем принять равной  $\pm 0',5$ .

Средняя квадратичная ошибка отсчета из восьми наведений на светило равна

$$\pm \sqrt{\frac{(0,2^2 + 0,5^2) 8}{8 \cdot 7}} \cong 0',2.$$

Принимая во внимание, что к этой ошибке добавляются еще погрешности поправки за рефракцию и параллакс и от гнущия трубы, имеем погрешность зенитного расстояния

$$\Delta z = \pm \sqrt{0,2^2 + 0,3^2 + 0,5^2} \cong \pm 0',62.$$

При вычислении широты добавляется еще поправка за редукцию, ошибку определения которой полагаем не превышающей 0',2, поэтому

$$\Delta \varphi = \pm \sqrt{0,62^2 + 0,2^2} = \pm 0',65 = \pm 0',7.$$

### Погрешность определения часового угла по зенитным расстояниям солнца

Погрешность определения часового угла складывается из двух величин: погрешности определяемой неточным знанием широты и погрешности от неточного определения зенитного расстояния, а именно:

$$\Delta t = \pm \sqrt{\left(\frac{\cotg A}{\cos \varphi} \Delta \varphi\right)^2 + \left(\frac{\Delta z}{\cos \varphi \sin A}\right)^2}.$$

Погрешностью от неточного знания склонения солнца мы пренебрегаем, полагая  $\Delta \delta$  ничтожно малой величиной, так как склонение мы выбираем из Ежегодника. Положим  $\Delta \varphi = \pm 0',7$ ,  $\Delta z = \pm 0',6$ , азимут изменяющимся от 30 до 80° и широту от 35 до 65°.

При поставленных условиях погрешность одного наведения изменяется от 3<sup>s</sup> до 12<sup>s</sup>, что можно видеть из следующей таблицы.

	$A = 30^\circ$	$A = 60^\circ$	$A = 80^\circ$
$\varphi = 35^\circ$	$\pm 6^s$	$\pm 4^s$	$\pm 3^s$
$\varphi = 50$	$\pm 8$	$\pm 5$	$\pm 4$
$\varphi = 65$	$\pm 12$	$\pm 7$	$\pm 6$

В среднем погрешность окончательного результата из восьми наведений при определении часового угла, а следовательно, и поправки хронометра не превышают  $\pm 4^s$ .

### Погрешность определения азимута по часовому углу солнца

Рассмотрим, в какой мере на вычисленном азимуте солнца сказываются ошибки в часовом угле ( $\Delta t$ ) и в широте ( $\Delta \varphi$ ). Так как склонение солнца  $\delta$  мы выбираем из Ежегодника, то погрешностью в азимуте от неточного знания склонения пренебрегаем. Из основного соотношения в параллактическом треугольнике

$$\cotg A \sin t = \sin \varphi \cos t - \tg \delta \cos \varphi$$

путем его дифференцирования и несложных преобразований получаем

$$dA = (\sin \varphi + \cotg z \cos \varphi \cos A) dt, \quad (*)$$

$$dA = -\cotg z \sin A d\varphi. \quad (**)$$

Эти формулы позволяют нам найти пределы погрешности  $\Delta A$  в зависимости от различных условий наблюдения. Из формулы (\*) видно, что  $dA$  имеет максимальное значения при  $z = \varphi = \delta$  и при  $A = 0$ , т. е. в полдень, так как в этом случае  $\cotg z$  и  $\cos A$  имеют наибольшее значение.

Минимальное значение  $dA$  имеет при  $\cotg z = 0$ , т. е. при восходе и заходе солнца и при  $\cos A = 0$ , т. е. в первом вертикале. Следовательно,

$$dA_{\max} = \frac{\cos \delta}{\sin(\varphi - \delta)} dt, \quad dA_{\min} = \sin \varphi dt.$$

Формула (\*\*) показывает, что ошибка от неточного знания широты на значении азимута не сказывается при восходе и заходе солнца ( $z = 90^\circ$ ) и при  $A = 0$ , т. е. при прохождении солнца через меридиан данного места.

При  $A = 90^\circ$ , т. е. в первом вертикале ошибка в азимуте тем меньше, чем больше зенитное расстояние солнца. Подсчет погрешности в азимуте при различных условиях показал, что погрешность азимута колеблется в пределах:  $\Delta A$  от  $0',93 dt$  до  $1',54 dt$  и  $\Delta A$  от  $0',49 d\varphi$  до  $0',93 d\varphi$ , положив погрешность в определении широты  $\pm 1'$ , т. е. такой, какой мы принимаем ее при пользовании картами, и в определении времени  $\pm 4^s$ ; мы имеем следующие границы погрешности в определении азимута солнца по часовому углу:  $\Delta \varphi = \pm 1'$ ,  $\Delta t = \pm 4^s$ ,  $\Delta A$  от  $0',3$  до  $0',5$ ,  $\Delta A$  от  $0',8$  до  $1',7$ ; в среднем можно принимать погрешность азимута, наблюденного по часовому углу равной  $\sim \pm 1',2$ .

### Погрешность определения азимута по зенитным расстояниям солнца

Погрешность определения азимута солнца по зенитному расстоянию его можно считать равной погрешности определения азимута по часовому углу, так как по наблюдениям зенитного расстояния вычисляется часовой угол, а затем по этому часовому углу вычисляется азимут солнца. Таким образом, и здесь погрешность  $\Delta A = \pm 1',2$ .

### Погрешность в определении направления астрономического меридиана на круге

Положим погрешность в определении азимута  $\Delta A = \pm 1',2$ , а погрешность отсчета горизонтального круга, состоящей из двух величин: ошибки наведения при трубе с шестикратным увеличением  $\pm 0',2$  и точности отсчета по верньеру  $\pm 0',5$ . Следовательно, погрешность определе-

ния положения меридиана на круге для среднего из восьми отсчетов будет

$$\pm \sqrt{\frac{8[(0',2)^2 + (0',5)^2]}{8 \cdot 7}} + (1',2)^2 \cong \pm 1',23.$$

Таким образом, погрешности определений  $\varphi$ ,  $t$ ,  $A$  оказались по теоретическим подсчетам следующие:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &\pm 0',5, \\ \Delta t(\Delta\lambda) &\pm 4^s(60''), \\ \Delta A &\pm 1',23. \end{aligned}$$

Что касается астрономических измерений по Полярной звезде, то, разумеется, погрешность этих определений меньше, чем при наблюдениях по солнцу.

#### МЕТОДЫ МАГНИТНЫХ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СКЛОНЕНИЯ

Как уже упоминалось раньше, для измерения склонения обычно употреблялся магнит, подвешенный на нити. Схема измерения магнитного склонения зависела от способа отсчета положения магнитного меридиана.

При наблюдениях с теодолитом «Комбайн», у которого магнит снабжен плоским зеркалом, магнитный меридиан определялся из двух наведений на магнит, исключающих влияние коллимации. Для увеличения точности производили подряд две серии наблюдений, но в обратном порядке. Такой же схемой наблюдений пользовались при наблюдениях со всякими другими теодолитами, магниты которых снабжены плоскими зеркалами.

При наблюдениях с теодолитом Шасселон, магнит которого снабжен сферическим зеркалом, схема наблюдений склонения состояла из четырех наведений на магнит, а именно:

Круг	Штифт	Конец магнита
E (W)	E	N
E (W)	E	S
E (W)	W	S
E (W)	W	N

Эта схема исключает влияние коллимационной ошибки и эксцентриситета нити подвеса, и, с другой стороны, увеличивает точность окончательного результата.

Перед наблюдениями проверяли степень раскрученности нити и в случае необходимости нить раскручивали заново. Каждый отсчет на магнит сопровождался записью времени наведения по часам с точностью до 1<sup>м</sup> времени. Для получения на круге отсчета, соответствующего астрономическому меридиану, перед определением магнитного меридиана и после его определения производились отсчеты на миру (круг  $R$  и  $L$ ), азимут которой определялся астрономическим путем. Если пункт наблюдений был расположен в таком месте, что нельзя было найти миры (например, в степи, в тундре), то астрономические наблюдения предшествовали или непосредственно следовали за определением магнитного меридиана. Иногда наблюдатели выставляли на расстоянии 200—300 м от пункта наблюдений искусственную миру — деревянный шест (веху). На пункте полагалось произвести не менее двух серий склонения; если они непосредственно следовали друг за другом, то отсчет на миру между сериями допустимо было не производить.

## Погрешность определения магнитного склонения

Погрешность определения магнитного склонения складывается из следующих величин:

- 1) погрешности отсчета при наведении на мирю,
- 2) погрешности азимута мирю,
- 3) погрешности наведения на магнит,
- 4) погрешности за нераскрученность нити,
- 5) погрешности определения поправки  $\Delta D$ .

Коллимационная ошибка трубы исключается наведением на мирю при круге  $R$  и  $L$  и поэтому мы не принимаем ее в расчет, так же как и коллимацию зеркала магнита, которая исключается поворотом магнита на  $180^\circ$  вокруг магнитной оси. Погрешность наведения на мирю трубкой с шестикратным увеличением  $\pm 0',2$ , погрешность отсчета по верньеру  $\pm 0',5$ .

Погрешность одного отсчета на мирю  $\pm \sqrt{(0',2)^2 + (0',5)^2} \cong \pm 0',6$ . Погрешность окончательного отсчета на мирю  $\pm \sqrt{\frac{4 \cdot (0',6)^2}{4 \cdot 3}} = \pm 0',4$ . Погрешность отсчета астрономического меридиана на круге равна:  $\pm \sqrt{(0',4)^2 + (1',2)^2} \cong \pm 1',3$ , где  $1',2$  погрешность определения азимута. Погрешность отсчета

на магнит равна  $\pm \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6^2}{4 \cdot 3}} \pm \cong 0',4$ . Положим, что нить не раскручена

примерно на  $10^\circ$ ; обычно закручивание отклоняло подвешенный магнит на величину не больше  $30'$ ; поэтому нераскрученность нити на  $10^\circ$  давала погрешность порядка  $0',8$ . Примем, что поправка магнита определена с погрешностью в среднем  $\pm 0',5$ . Таким образом, общая погрешность определения склонения

$$\Delta D = + \sqrt{1',3^2 + 0',4^2 + 0',8^2 + 0',5^2} \cong \pm 1',7.$$

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛЫ

### Полевые измерения методом Гаусса—Ламона

Каждая серия наблюдений горизонтальной силы по методу Гаусса — Ламона состояла из определений периода колебаний магнита по методу зрения и слуха, с хронометром, производившимся дважды, определения угла отклонения с одного расстояния и определения кручения нити. В некоторых случаях угол отклонения определяли два раза, а период колебаний — один раз. При производстве двух серий наблюдений подряд разрешалось некоторое сокращение наблюдений, а именно допускалось исключение одной промежуточной серии наблюдений качаний или угла отклонения в зависимости от того, с какой операции начинали наблюдения.

При определении периода колебаний наблюдалось 95 прохождение магнита через меридиан и записывалось каждое пятое прохождение. На аномалиях допускалось наблюдение другого числа колебаний. Угол отклонения определяли из четырех отсчетов на магнит в положении I Ламона. Наконец, кручение определялось закручиванием головки подвеса нити по и против часовой стрелки на  $360^\circ$ . Разумеется, во время наблюдений записывались температура прибора и показания часов (хронометра).

Схемы наблюдений и вычислений находятся на отдельных листах. Вычисления производились по следующим формулам:

$$H = \frac{C}{T \sqrt{\sin \Theta}} \left[ 1 + \frac{\mu + 2\sigma}{2} (t - \tau) - \frac{3\beta - 2\sigma}{2} \tau - \frac{\gamma}{2} H(1 + \sin \Theta) - \frac{a}{2} \Delta' - b\omega + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right], \quad (1)$$

$$\frac{M_0}{B} = \frac{V \sin \Theta}{T} \left[ 1 + \frac{\mu + 2\sigma}{2} (t + \tau) + \frac{3\beta - 2\sigma}{2} \tau - \frac{\gamma}{2} H(1 - \sin \Theta) - \frac{a}{2} \Delta' - b\omega + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right], \quad (2)$$

### Электрический метод определения $H$

Еще в 1927 г. в Павловской магнитной обсерватории Н. Н. Трубяччинским производились работы по реконструкции магнитного теодолита Шасселон в целях применения его для измерения  $H$  электрическим методом.

При определении  $H$  этим методом поле отклоняющего магнита заменяется магнитным полем электрического тока. Для применения теодолита Шасселон для этих целей к боковым стенкам домика теодолита были сделаны кольца Гельмгольца. Размеры колец, а следовательно, и расстояние между ними были подобраны таким образом, чтобы подвешиваемый в центре домика магнит находился в однородном поле.

Отклоняемый магнит в виде цилиндра с медными насадками, обычно употребляемый при наблюдениях отклонений в этом теодолите, был заменен маленьким подковообразным магнитом с достаточно большим магнитным моментом.

Способ наблюдения положения равновесия магнита был оставлен прежний, для чего с северной и южной стороны магнита были установлены сферические зеркала с соответствующим фокусным расстоянием. Тип теодолита позволял наблюдать горизонтальную силу методом синус гальванометра.

Как известно, в этом случае горизонтальная сила вычисляется по формуле

$$H = \frac{KI}{\sin \Theta},$$

где  $K$  — постоянная колец,  $I = \frac{E_n}{R_n}$  — сила проходящего в них тока,  $E_n$  — э.д.с. нормального элемента,  $R_n$  — нормальное сопротивление,  $\Theta$  — угол отклонения в положении I Ламона.

Из двух способов определения горизонтальной силы: при постоянном угле  $\Theta$  или при постоянной силе тока  $I$  в теодолите Шасселон был применен второй способ. Контроль постоянства силы тока осуществлялся контролем напряжения на концах нормального сопротивления, включенного в специальную потенциометрическую схему; индикатором являлся отклоняемый магнит, служивший гальванометром, включенным в цепь с постоянным (нормальным) сопротивлением и нормальным элементом по методу В. А. Ульянина [41]. В этом случае выражение для вычисления  $H$  примет вид

$$H = \frac{C}{\sin \Theta},$$

где  $C$  при прочих равных условиях является функцией температуры. Постоянная  $C$  и ее зависимость от температуры определяется сравнительными наблюдениями по магнитной обсерватории.

Схема наблюдений при определении  $H$  электрическим методом состояла из двух или четырех наведений на магнит, при одном нормальном элементе и двух — при другом. При наблюдении с каждым нормальным элементом ток пропускали в двух направлениях; таким образом, отсчет на магнит производился по обе стороны от меридиана. При каждом наведении на магнит записывались отсчеты времени и температуры.

Удобства определения  $H$  электрическим методом заключаются в том, что при точности определений, превышающей точность определений по методу Гаусса — Ламона, примерно в пять раз сокращается время для производства наблюдений и вычислений.

Помимо этого, для наблюдений  $H$  электрическим методом не требуется хронометра, перевозка которого сопряжена с затруднениями.

Поэтому этот метод, применявшийся до 1935 г. в весьма ограниченном объеме, с этого года, когда на вооружении партий появился вновь построенный магнитный теодолит «Комбайн», начинает широко употребляться и постепенно вместе с методом отклонений почти полностью вытесняет метод Гаусса — Ламона. Однако в процессе работы в полевых условиях был обнаружен ряд недостатков электрического метода определений  $H$ , которые заставили переключиться на метод отклонений. Если до 1937 г. электрический метод и метод отклонений применялись почти в одинаковом объеме, то с 1937 г. метод отклонений почти полностью заменил собой все другие методы определения горизонтальной силы.

Причиной отказа от измерения  $H$  электрическим методом явились, по существу, недостатки конструкции потенциометра и недостаточно тщательное его (потенциометра) изготовление. Это приводило к тому, что потенциометр в поле переставал работать и обнаружить причину неисправности и устранить ее не удавалось. Приходилось или отказываться от измерения  $H$  электрическим методом, или же прерывать полевую работу и ехать в населенный центр для производства ремонта. Нормальные сопротивления не сохраняли своего постоянства, нормальные элементы при высоких температурах (более  $30^\circ$ ) проявляли неустойчивость э.д.с., плохая изоляция проводов при влажной погоде вызывала утечку тока в землю. Эти два последние обстоятельства давали ошибку в измерении  $H$ , которая не поддавалась учету.

### Определение горизонтальной силы методом отклонений

Метод Гаусса—Ламона и электрический для определения горизонтальной силы обладают теми преимуществами перед методом отклонений, что в первом — измерения не зависят от магнитного момента главного магнита, а во втором — поле отклоняющего магнита заменено полем тока. Между тем при определении  $H$  только из отклонений, величина угла отклонения изменяется при изменении магнитного момента отклоняющего магнита и это изменение отражается на значении  $H$ .

Все теодолиты, употреблявшиеся в первые годы магнитной съемки независимо от их типа, были снабжены магнитами по преимуществу из вольфрамовой стали, которая обладает небольшой коэрцитивной силой. Магнитный момент таких магнитов заметно изменяется со временем и измерение  $H$  методом отклонений посредством вольфрамовых магнитов не может дать удовлетворительных результатов. Поэтому для измерения  $H$  методом отклонений необходимо иметь магнит из стали с большой коэрцитивной силой и достаточно стабилизированной. К таким сталям относятся кобальтовая, никельалюминиевая и некоторые другие.

В первый год Генеральной магнитной съемки (1931) в целях испытания возможности применения магнитов кобальтовой стали для измерения

$H$  методом отклонений, В. П. Орлов в своей партии производил сравнительные наблюдения  $H$  электрическим методом и методом отклонений.

Результаты сравнений оказались вполне благоприятными, так как разность значений горизонтальной силы обоими способами не превышала 0,001  $H$ , т. е. лежала в пределах точности наблюдений [39].

С этого времени метод отклонений постепенно начинает внедряться в практику работ по ГМС. Особенно широкое распространение он получает, начиная с 1935 г., когда БГМС получило 30 теодолитов «Комбайн», которые были снабжены магнитами из кобальтовой стали. Всего же теодолитов «Комбайн» было выпущено 41 экземпляр. Примерно в это же время в СССР было освоено производство никельалюминиевой стали и вскоре магнитами из этой стали были заменены все магниты у «Комбайна» и Шосселона и с 1937 г. метод Гаусса — Ламона был почти полностью заменен методом отклонений.

Для обеспечения точности съемки по  $H$  в большинстве случаев метод отклонений применялся совместно с электрическим. Если же ограничивались только методом отклонений, то для работы употребляли по крайней мере два магнита различной силы. Часто имели еще запасный, третий магнит, которым производили контрольные определения на некоторых пунктах. Схема наблюдений состояла из четырех наведений на магнит: двух при положении отклоняющего магнита на шине к  $E$  от отклоняемого магнита и двух — при положении его на шине к  $W$ . Магнит на шине поворачивался к домику противоположными полюсами. При каждом наведении на магнит записывалась также температура воздуха и время.

В табл. 16 представлен по годам процент применения различных методов определения горизонтальной силы по отношению к годовому количеству партий.

Таблица 16

Применение различных методов определения горизонтальной силы в процентах к годовому количеству партий

Год	Метод					
	Гаусса — Ламона	Электрический	Отклонений	Гаусса — Ламона и электрический	Гаусса — Ламона и отклонений	Электрический и отклонений
1931	62,1	20,7	6,9	0	3,4	6,9
1932	61,5	5,8	15,4	2,0	3,8	11,5
1933	68,1	17,0	4,2	0	6,5	4,2
1934	72,2	13,0	7,4	1,8	3,7	1,8
1935	40,4	10,7	4,3	2,1	2,1	40,4
1936	18,4	5,3	18,4	2,6	2,6	52,7
1937	4,2	0	25,0	4,2	4,2	62,4
1938	0	0	28,6	4,7	0	66,7
1939	9,7	0	38,1	4,8	4,8	42,6
1940	13,6	9,1	18,2	0	0	59,1
1941	7,7	0	50,0	0	0	42,3
1942	0	0	75,0	0	0	25,0

#### ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛЫ

Рассмотрим, какова погрешность определений  $H$  изложенными выше методами.

Погрешность определения  $H$  методом Гаусса — Ламона

Погрешность определения горизонтальной силы по методу Гаусса — Ламона легко получить, сначала продифференцировав основную формулу (1) для вычислений; переходя затем к вычислению погрешности, мы получим

$$\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2 = \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \frac{1}{4} \cot^2 \Theta (\Delta \Theta)^2 + \sum \Delta^2,$$

где  $\sum \Delta^2$  представляет сумму квадратов погрешностей поправочных членов. В развернутом виде этот член представляется следующим образом:

$$\sum \Delta^2 = \frac{(\mu + 2\sigma)^2}{4} (\Delta t)^2 + \frac{(\mu + 3\beta)^2}{4} (\Delta \tau)^2 + \frac{(t - \tau)^2}{4} (\Delta \mu)^2 + \frac{H^2}{4} (1 + \sin \Theta)^2 (\Delta \nu)^2 + \\ + \frac{\nu^2}{2} (1 + \sin \Theta)^2 (\Delta H)^2 + \frac{a^2}{4} (\Delta \Delta')^2 + b^2 (\Delta \omega)^2 + \frac{1}{16} \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2}\right)^2 (\Delta \alpha)^2.$$

Примем значения всех аргументов и их погрешности такими, как мы их получаем из наблюдений, и, воспользовавшись этими значениями, вычислим относительную погрешность измерения горизонтальной силы. В табл. 17 представлены принятые значения аргумента и его погрешности, а также численное значение каждого из слагаемых, входящих в формулу подсчета погрешностей.

Таблица 17

Аргумент	Погрешность аргумента	Численное значение относительной погрешности каждого аргумента
$C = 0,38$	$\Delta C = 0,00020$	$\frac{\Delta C}{C} = 0,00050$
$\Theta = 45^\circ$	$\Delta \Theta = 1'$	$\frac{1}{2} \cot^2 \Theta \Delta \Theta \sin 1' = 0,00014$
$T = 3^s$	$\Delta T = 0,005$	$\frac{\Delta T}{T} = 0,00167$
$\mu + 2\sigma = 4 \cdot 10^{-4}$	$\Delta \mu = 5 \cdot 10^{-5}$	
	$\Delta t = 1^\circ$	$\frac{\mu + 2\sigma}{2} \Delta t = 0,00020$
$\mu + 3\beta = 4 \cdot 10^{-4}$	$\Delta \tau = 1^\circ$	$\frac{\mu + 3\beta}{2} \Delta \tau = 0,00020$
	$\Delta (t - \tau) = 1^\circ$	$\frac{t - \tau}{2} \Delta \mu = 0,00001$
$\nu = 0,01$	$\Delta \nu = 0,001$	$\frac{\nu}{2} H (1 + \sin \Theta) \Delta \nu = 0,00005$
$H = 0,15$	$\Delta H = 0,00050$	$\frac{\nu}{2} H (1 + \sin \Theta) \Delta H = 0,00000_4$
$\frac{a}{2} = 2,3 \cdot 10^{-5}$	$\Delta \Delta' = 1'$	$\frac{a}{2} (\Delta \Delta') = 0,00002$
$b = 1,2 \cdot 10^{-5}$	$\Delta \omega = 1^s$	$b \Delta \omega = 0,00001$
$\alpha = 5^\circ$	$\Delta \alpha = 1^\circ$	$\frac{1}{4} \sin^2 \Delta \alpha = 0,00000_8$

Вычислив на основании этих данных относительную погрешность горизонтальной силы, получаем

$$\frac{\Delta H}{H} \cong \pm 0,0008.$$

Как видно из таблицы, наибольшее влияние на величину относительной погрешности  $\frac{\Delta H}{H}$  имеют погрешности  $C$ ,  $T$  и  $\Theta$ . Для уменьшения ошибки от определения переводного множителя  $C$  начальники партий обязывались производить эти определения в обсерватории с особой тщательностью. Погрешности же  $\Delta T$  и  $\Delta \Theta$  в основном определяются системой теодолита и поэтому они имели всегда почти постоянные значения.

### Погрешность определения $H$ электрическим методом

Эту погрешность легко получить теоретически, пользуясь формулой для вычисления горизонтальной силы

$$H = \frac{KI}{\sin \Theta}, \quad (3)$$

где

$$I = \frac{E_n}{R_n}.$$

Допустим, что гальванометр (в нашем случае магнитик) устанавливается на нуль без погрешности, т. е. система полностью компенсирована.

В походных приборах  $KI$  определяется относительным методом, из сравнительных наблюдений в обсерватории, где  $H$  известно. Обозначим значение  $H$  в обсерватории через  $H_0$  и угол отклонения через  $\Theta_0$ , тогда мы получим

$$H_0 = \frac{KE'_n}{R'_n} \frac{1}{\sin \Theta_0},$$

откуда

$$K = \frac{H_0 \sin \Theta_0 R'_n}{E'_n},$$

подставляя значение  $K$  в исходную формулу (3), имеем

$$H = H_0 \frac{E_n R'_n \sin \Theta_0}{E'_n R_n \sin \Theta}.$$

Прологарифмировав, а затем продифференцировав это соотношение, получим

$$\frac{dH}{H} = \frac{dH_0}{H_0} + \frac{dE_n}{E_n} - \frac{dE'_n}{E'_n} + \frac{dR'_n}{R'_n} - \frac{dR_n}{R_n} + \cotg \Theta_0 d\Theta_0 - \cotg \Theta d\Theta.$$

Так как  $E_n$  и  $E'_n$ ,  $R_n$  и  $R'_n$  мало отличаются друг от друга, а  $dE_n = dE'_n$  и  $dR_n = dR'_n$ , то, переходя к погрешностям, будем иметь следующее соотношение:

$$\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2 = \left(\frac{\Delta H_0}{H_0}\right)^2 + 2\left(\frac{\Delta E_n}{E_n}\right)^2 + 2\left(\frac{\Delta R_n}{R_n}\right)^2 + 2(\cotg \Theta \Delta \Theta)^2.$$

Положим для простоты

$$\Theta = \Theta_0 = 45^\circ \quad \text{и} \quad \Delta \Theta = 1'.$$

Примем значения всех аргументов, входящих в формулу погрешностей, и их погрешности такими, как мы их получаем из наблюдений или же из известных соотношений, и, воспользовавшись этими значениями, вычислим погрешность определения горизонтальной силы электрическим методом.

В табл. 18 помещены значения аргумента, его погрешности, а также численное значение каждого из слагаемых, входящего в формулу подсчета погрешностей.

Аргумент	Погрешность аргумента	Численное значение относительной погрешности каждого аргумента	Примечание
$H_0 = 0,15000$	$\Delta H_0 = 0,00005$	$\frac{\Delta H_0}{H_0} = 0,00033$	При ошибке в температуре $5^\circ$
$E_n = 1,01830$	$\Delta E_n = 0,00032$	$\frac{\Delta E_n}{E_n} = 0,00031$	
$R_n = 1\ 000\ \Omega$	$\Delta R_n = 0,2\ \Omega$	$\frac{\Delta R_n}{R_n} = 0,00020$	
$\theta = 45^\circ$	$\Delta\theta = 1'$	$\cotg\theta\Delta\theta \sin 1' = 0,00020$	

Вычислив на основании этих данных относительную погрешность, получаем

$$\frac{\Delta H}{H} = \pm 0,0007,$$

т. е. несколько меньше, чем по методу Гаусса — Ламона.

### Погрешности определения $H$ методом отклонений

Метод отклонений является наименее точным из трех методов определения  $H$ . Точность его всецело зависит от сохранности магнитного момента главного магнита. Поэтому погрешность определения  $H$  этим методом больше, чем по рассмотренным ранее. Не преувеличивая, мы можем считать ее равной  $0,001 H$ ; это же было установлено и сравнительными наблюдениями, произведенными В. П. Орловым [37] в 1931 г.

### ПОЛЕВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НАКЛОНЕНИЯ

В первые годы Генеральной магнитной съемки определение наклоения производилось почти исключительно с помощью стрелочных инклинометров; в редких случаях в партии имели индукционный инклинометр.

#### Полевые измерения $I$ стрелочным инклинометром

Наиболее употребительными были инклинометры фирм Довера и Шасселона. Наблюдения производились по следующей схеме.

Плоскость магнитного меридиана определялась по четырем или восьми отсчетам горизонтального круга при вертикальном положении стрелки. Наблюдение собственно наклоения состояло из 16 отсчетов на концы стрелки: восемь при одной ее полярности, восемь при противоположной. Для учета вариаций в начале и конце серии записывалось время. Обычно употребляли не меньше двух стрелок. Если разность значений наклоения, полученного по двум стрелкам, превышала  $2'$ , учитывая поправки стрелок, то наблюдения повторяли. Если в первое время съемки такие повторения требовались не часто, то с течением времени число их увеличивалось. Стрелки изнашивались, качество их становилось хуже, а вместе с этим становились хуже и результаты наблюдений, в особенности по инклинометрам Шасселона.

Для получения наклоения с большей точностью приходилось увеличивать число стрелок, число серий и число посадок стрелки при каждом ее положении. В результате вместо простого, быстрого и достаточно точ-

ного определения наклона, наблюдения со стрелочным инклинометром производили по нескольку часов; несмотря на обилие серий, точность наблюдений оставалась требуемой.

### Полевые измерения $I$ индукционным инклинометром

Полевые измерения наклона индукционным инклинометром производились обычно по той же схеме, что принята для наблюдений на обсерватории. После определения меридиана производили восемь отсчетов — при наклонном положении оси вращения. Отсчетов при вертикальном положении оси вращения допустимо было не производить. Если конструкция прибора позволяла производить наблюдения только при одном положении щеток, то при наклонном положении оси производилось только четыре отсчета. В этом случае в окончательный результат вводили поправки к стандартному прибору обсерватории. Обычно на пункте проводилась одна серия наблюдений, иногда две. В начале и конце серии записывалось время наблюдений.

### ВНЕДРЕНИЕ ДРУГИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ НАКЛОНЕНИЯ

Первые годы съемки, как уже было упомянуто, показали, что употреблявшиеся для определения наклона стрелочные инклинометры не давали результатов требуемой точности. В особенности неутешительные данные получали со стрелочными инклинометрами Шасселона. При определении поправок стрелок на обсерватории до и после полевых работ выявилось, что расхождение между поправками от 2 до 4' наблюдалось у 17% всех партий, а больших 4' — у 13%. Сравнение результатов повторных серий наблюдений при проверке приборов на обсерватории показало, что нередко среднее значение поправки стрелок выводили из весьма разнообразных данных, отличающихся между собой на несколько минут.

Расхождение значений  $I$ , полученных разными стрелками, а также при повторении серий по одной стрелке при наблюдениях в поле, иногда достигало 5—10'. Несмотря на увеличение числа серий наблюдений с одной стрелкой и числа стрелок результаты мало выигрывали в точности. Поэтому ясно определилась необходимость в замене стрелочных инклинометров другими приборами.

### Определение $I$ по $\Delta Z$ и $H$

В 1934 г., когда вертикальные весы стали широко применяться при съемке, начали пользоваться значениями  $\Delta Z$  для вычисления абсолютного значения  $Z$ , а затем и  $I$  по формуле  $\text{tg } I = \frac{Z}{H}$ , причем за  $H$  принимали значения его из наблюдений на абсолютном пункте. Нульпункт ( $Z_0$ ) весов вычисляли из наблюдений на обсерватории до и после полевых работ. Так как в течение полевого периода нульпункт мог претерпевать изменения, то для контроля за его значением стали на некоторых абсолютных пунктах производить наблюдения  $I$  с индукционным инклинометром. С этой целью организовывали специальные партии, производившие такие измерения на особо выбранных пунктах наблюдений целой группы партий, работавших в одном районе.

Помимо этого, съемка каждой партией производилась по системе кольцевых маршрутов с замыканиями их через 10—12 абсолютных пунктов. Такая методика определений  $Z$  и  $I$  давала значительно более удовлетворительные результаты.

## Наблюдения $\Delta Z$ вертикальными весами

Наблюдения  $\Delta Z$  с вертикальными весами проводили не только на абсолютном пункте, но и на пути следования партии, на расстоянии в 2 км друг от друга.

Схема наблюдений с вертикальными весами состояла из двух или трех отсчетов по шкале при северном полюсе, обращенном к востоку, и стольких же отсчетов при обращении его к западу, сопровождавшихся записью среднего момента времени и температуры по термометру в весах. На каждом абсолютном пункте, помимо этого, производили определения цены деления при помощи дефлекторных магнитов с одного или двух расстояний. Один раз в несколько дней на пункте, близ которого партия останавливалась на ночлег, производили наблюдения  $\Delta Z$  дважды: в вечерние часы при относительно высокой температуре и в ранние утренние часы — при низкой температуре. Эти наблюдения служили для последующего вычисления температурного коэффициента вертикальных весов.

### Определение $I$ методом индукции

Одновременно производили работы по изысканию других методов определения наклона. Еще в 1931 г. Б. М. Яновский [42] воспользовался ранее известным (1880 г.) методом определения вариаций вертикальной силы по индукции в мягком железе. Б. М. Яновским вместо мягкого железа был применен ферроникелевый сплав пермаллой, обладающий большой магнитной восприимчивостью и малым гистерезисом. Этот же метод был им применен для определения не только абсолютного значения  $Z$ , но и угла наклона. Идея этого метода состоит в следующем: пусть  $NS$  — стержень из мягкого железа (рис. 8) находится в земном магнитном поле и расположен вертикально. Под действием вертикальной силы  $Z$  земного поля этот стержень приобретает свойства магнита, причем конец его, обращенный вниз, будет намагничен северным магнетизмом. Интенсивность намагничения этого стержня в какой-либо точке  $M$  будет

$$I = \chi Z,$$

где  $\chi$  — магнитная восприимчивость стержня. Пусть далее в горизонтальной плоскости, проходящей через один из концов стержня, находится магнит  $ns$  на расстоянии  $R$  от конца стержня, причем  $R$  всегда перпендикулярно к  $ns$ . Под действием магнитного поля, создаваемого стержнем, магнит отклонится от магнитного меридиана, а условие его равновесия будет иметь вид

$$H \sin \Theta = H_1, \quad (4)$$

где  $\Theta$  — угол отклонения магнита от магнитного меридиана при условии перпендикулярности  $R$  и  $ns$ ,  $H$  — горизонтальная сила земного поля,  $H_1$  — проекция напряженности магнитного поля, создаваемого стержнем в точке  $O$  на горизонтальную плоскость.

Значение  $H_1$  имеет вид

$$H_1 = \int \frac{dM}{r^3} \sqrt{1 + 3 \cos^2 \alpha}, \quad (5)$$

где  $dM$  — элементарный магнитный момент в точке  $M$ , находящейся на

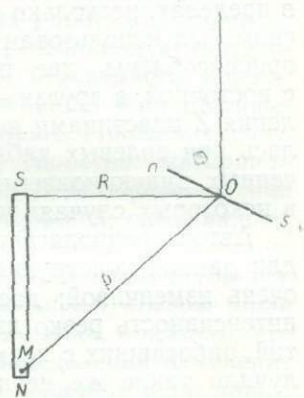


Рис. 8.

расстоянии  $r$  от центра магнита  $ns$ ,  $\alpha$  — угол между направлением  $r$  и осью стержня и интегрирование производится по всему объему.

Произведя некоторые преобразования подинтегральной функции выражения (5) и выполнив затем интегрирование, будем иметь

$$H_1 = a \frac{z_0}{1 + z_0 N} Z, \quad (6)$$

где  $a$  — некоторая функция от взаимного расположения стержня и магнита и для данного их расположения величина постоянная,  $z_0$  — начальная восприимчивость стержня и  $N$  — коэффициент его размагничивания.

Подставляя это значение  $H_1$  в уравнение (4) и произведя несколько несложных преобразований, окончательно получим следующее выражение для определения  $I$ :

$$\operatorname{tg} I = C \sin \Theta, \quad (7)$$

где

$$C = \frac{1}{a} \frac{1 + z_0 N}{z_0}.$$

Следовательно, наблюдая углы отклонения, мы можем определить  $I$  без определения  $H$  и  $Z$ .

Для успешного применения этого метода необходимо, чтобы магнитная восприимчивость  $\kappa$  применяемого материала оставалась постоянной в пределах, несколько превышающих величину земного поля. Б. М. Яновским был использован теодолит Шасселон (малая модель); к нему были приспособлены две пластины пермалоя, стоявшие вертикально, одна с восточной, а другая — с западной стороны от магнита. Точность определения  $Z$  пластинами пермалоя, давшая в обсерватории  $\pm 20\%$ , не сохранилась при полевых наблюдениях, где разность в углах наклоения, полученных индукционным инклинометром и способом индукции, достигали в некоторых случаях нескольких десятков минут [42].

Автор предполагает, что такие расхождения можно объяснить тем, что для данной конструкции пластин «интенсивность намагничивания делается очень изменчивой; достаточно легкого механического сотрясения, чтобы интенсивность резко изменила свою величину». Несколько опытных партий, работавших с пермалоем в первые два года Генеральной съемки, получили такие же неудовлетворительные результаты; таким образом, от пермалоя пришлось отказаться.

### Применение динамной стали к методу индукции

После отказа от пермалоя в 1934 г. М. С. Пенкевич [43] были произведены испытания со стержнями из динамной стали на вновь полученном теодолите «Комбайн».

Динамная сталь представляет сплав технического железа с кремнием. Присадка кремния к железу сообщает последнему весьма выгодные для целей измерения наклоения свойства: индукция и проницаемость железа в слабых полях под влиянием кремния возрастают. Динамная сталь вообще содержит от 0,8 до 1,0% Si; образцы этой стали, употреблявшиеся для определения наклоения, как показал химический анализ, содержали около 2% Si и, следовательно, должны быть отнесены к так называемой специальной динамной стали. Следует, однако, отметить, что различные образцы этой стали, использованные в разное время, обладали разными механическими свойствами; поэтому есть основание предполагать, что содержание кремния в различных образцах было неодинаково.

В 1934 г. образцы из динамной стали подверглись ряду исследований, которые показали полную пригодность их к определению наклоения.

Эти испытания показали, что определение наклоения методом индукции со стержнями из динамной стали на магнитном теодолите «Комбайн» дают погрешности в определении  $I$  порядка  $\pm 2'$ . Особо надо отметить результаты лабораторных исследований, из которых выяснилось, что для небольших полей, превышающих, однако, земное,  $\chi$  остается постоянным, что особенно необходимо для получения надежных результатов.

Основываясь на результате этих исследований на шестой сессии Постоянной Геомагнитной комиссии были вынесены следующие постановления [44]: «1) Считать возможным применение метода индукции для определения наклоения при генеральной магнитной съемке» и «2) Ввиду недоброкачественности наблюдений наклоения инклинатором Шасселона (малая модель) отказаться от таковых при ГМС».

Ввиду этого в 1935 г. полевые определения наклоения производились почти в равной мере по методу индукции на «Комбайне» и со стрелочными инклинаторами иных, кроме Шасселона, систем. С 1936 г. стрелочные инклинаторы почти вовсе вышли из употребления.

В 1935 г. к теодолитам Шасселона были изготовлены специальные коромысла для наблюдения  $I$  методом индукции со стержнями из динамной стали.

Дальнейшая практика наблюдений  $I$  методом индукции показала, что не во всех случаях получается возможная для этого метода определений точность определений  $I$ , равная  $\pm 2'$ . Довольно часто оказывалось, что переводный множитель  $C$ , определенный до полевых работ, отличался от определенного после полевых работ на величину, превышающую погрешность наблюдений; в некоторых случаях изменение переводного множителя за период полевых работ соответствовало изменению угла наклоения на величину, достигающую  $10'$ , а иногда и больше. Предположение, что с течением времени изменяются физические свойства материала стержней, не нашло достаточных подтверждений. Действительно, при употреблении для полевых наблюдений двух пар стержней, оказывалось, что если изменялся переводный множитель для одной пары, то на такую же величину и в ту же сторону он изменялся для другой пары стержней. Испытания, произведенные М. С. Пенкевич в Павловской обсерватории тремя парами стержней и продолжавшиеся в течение года, показали, что для всех трех пар стержней в пределах точности определения изменение переводного множителя проходило одинаково и по величине и по знаку.

Известно, что метод индукции требует, чтобы стержни были установлены вертикально, о чем указывает в своей работе Б. М. Яновский [42]. В этом случае намагничение происходит только под влиянием вертикальной силы. Если же полная вертикальность не соблюдена, то стержень будет испытывать влияние не только проекции вертикальной силы на направление оси стержня, но и проекции горизонтальной силы, величина которой зависит от угла наклона стержня и величины отклонения его от плоскости магнитного меридиана.

На основании этих данных можно было сделать допущение, что конструкция теодолитов «Комбайн» и Шасселон, на которых производили наблюдения, не обеспечивает при всех предпринимаемых предосторожностях неизменного взаимного расположения стержней и магнита. В практике Генеральной магнитной съемки бывали случаи, когда переводный множитель для одной пары стержней изменялся, а для другой — оставался неизменным. Нередко бывали случаи, что переводный множитель зависел от температуры воздуха.

Таким образом, этот метод не разрешил сам по себе вопроса об определении наклоения. Обязательное употребление при Генеральной магнитной съемке вертикальных весов делает определение наклоения по методу индукции вполне допустимым. В этом случае наклоение, наблю-

даемое по методу индукции, служит только для определения нуля пункта весов. Наличие повторных наблюдений с вертикальными весами через каждые 10—12 абсолютных пунктов позволяет контролировать положение нуля пункта и учитывать его изменение. Абсолютное значение нуля пункта весов, получаемое графическим осреднением всех его значений, вычисленных на основании наблюдений наклона методом индукции и учитывающих изменение его на основании замыкания, получается с погрешностью, не превышающей, как правило, 80—100  $\gamma$ .

Вычисленная затем по полученным значениям  $Z$  и наблюдаемым значениям  $H$  (приведенным к середине года наблюдений) по формуле  $\operatorname{tg} I = \frac{Z}{H}$  величина магнитного наклона имеет погрешность, не превышающую 2—3'.

## ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

### Погрешности определения $I$ по непосредственному измерению этого угла

Измерение непосредственно угла наклона, как известно, производится двумя приборами: стрелочным и индукционным инклинометром. Из многолетней работы с индукционным инклинометром установлено, что в обсерваторских условиях погрешность определения на нем наклона не превышает  $\pm 0',2$ . При полевых определениях погрешность возрастает, так как прибор и гальванометр находятся в более плохих условиях, чем в обсерватории: в поле прибор подвергается быстрым колебаниям температуры, а гальванометр даже в палатке трудно уберечь от влияния ветра. Поэтому для полевых условий погрешность определения индукционным инклинометром не меньше  $\pm 0',5$ .

До работ по Генеральной магнитной съемке существовало мнение, что на стрелочном инклинометре возможно определять наклонение с погрешностью, не превышающей  $\pm 2'$ . Первый же год полевых работ (1931) показал, что это мнение ошибочно. Погрешности определения  $I$  стрелочными инклинометрами, в особенности фирмы Шасселон, были значительно больше  $\pm 2'$ , доходя иногда до 10—15'. Этим и объясняется, что примерно с 1935 г. стрелочные инклинометры постепенно снимаются с работы и с 1937 г. почти вовсе не употребляются.

### Погрешность определения наклона методом индукции

Логарифмируя, а затем дифференцируя выражение

$$\operatorname{tg} I = C \sin \theta,$$

найдем

$$\Delta I = \frac{1}{2} \sin 2I \operatorname{cotg} \theta \Delta \theta.$$

После подстановки в эту формулу значений, входящих в нее величин, а именно

$$I = 72^\circ, \quad \theta = 16^\circ, \quad \Delta \theta = 1'$$

получим

$$\Delta I = \pm 1',$$

если пренебречь погрешностью определения переводного множителя  $C$ .

Полагая же, что погрешность определения  $C$  такого же порядка, получаем погрешность определения наклона методом индукции  $\pm 2'$ . Практически же погрешность определения  $I$  получалась значительно больше, как мы уже указывали раньше, вследствие больших изменений

переводного множителя  $C$  во время полевых работ, причину которых не удалось выявить, а поэтому и устранить до настоящего времени.

В табл. 18 приводится применение различных методов определения  $I$  по годам в процентном отношении к общему годовому количеству партий.

### Попытка определения наклонения индуктором Н. Н. Трубяччинского

При описании поисков методов определения  $I$ , удовлетворяющих поставленной точности, нельзя обойти молчанием попытку Н. Н. Трубяччинского применить при наблюдениях на теодолите «Комбайн» метод индукционного инклинометра. Для этого в 1938 г. им совместно с Л. С. Банухиным была сконструирована небольшая индукционная катушка, названная индуктором. Эта катушка навинчивалась на горизонтальную ось астрономической трубы теодолита «Комбайн» со стороны, противоположной вертикальному кругу. Наклон оси вращения катушки определялся по вертикальному кругу астрономической трубы. При наблюдениях применялся обычный нуль-метод, причем индикатором отсутствия тока служил стрелочный гальванометр типа  $\varphi$ , изготовленный мастерскими Физического института Ленинградского государственного университета, — так называемый нуль-цейгер. Точность всей установки была такова, что отклонению стрелки гальванометра на одно деление соответствовало изменение наклонения на  $30'$ . При наблюдениях через лупу можно было отметить отклонение в  $0,1$  деления, что соответствовало  $3'$  наклонения. Таким образом, при цене деления верньера вертикального круга в  $1'$  фактически можно было гарантировать точность порядка  $3'$ . С 1938 по 1940 г. несколько партий производило опытные наблюдения  $I$  с этим индуктором параллельно с методом индукции. Большинство из них не смогло провести наблюдения в течение всего полевого периода, так как выходил из строя гальванометр, в котором от тряски рвалась нить. В тех же партиях, где гальванометр нормально работал все время, наблюдения давали точность не выше, чем по методу индукции; между тем в простоте обращения и быстроте наблюдений индуктор сильно уступал хорошо освоенному методу индукции. Надо признать, что индуктор не был достаточно изучен перед снабжением им полевых партий. В силу всех этих причин попытка применения индуктора была признана неудачной, и с 1941 г. мы его уже на вооружении партий встречаем весьма редко.

Таблица 19

Применение различных методов определения наклонения ( $I$ ) по годам в процентном отношении к общему годовому количеству партий

Метод или прибор Год	Стрелочный инклинометр	Индукционный инклинометр	Метод индукции	По $H$ и $Z$ по вертикальным весам	Метод индукции совместно с $H$ и $Z$
1931	83,8	16,2	0	0	0
1932	73,1	13,5	0	13,4	0
1933	69,6	19,6	0	10,8	0
1934	66,6	16,7	0	16,7	0
1935	30,4	15,2	34,8	4,4	15,2
1936	10,3	7,7	33,3	2,6	46,1
1937	0	4,7	28,7	4,7	61,9
1938	0	4,7	19,2	4,7	71,4
1939	0	5,3	52,6	0	42,1
1940	8,3	8,3	29,2	0	54,2
1941	4,2	0	16,6	0	79,2
1942	0	0	10,0	0	90,0

## СХЕМЫ МАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Таблица 20

Схема определения магнитного склонения ( $D$ ) на теодолите Шасселон

Стерлинская межа, 28/VI 1937 г. Наблюдатель В. П. Орлов. Теодолит Шасселон № 85  
(малая модель). Магнит (•). Наблюдения производились с часами

Нить раскручена

Мира  $L$   $361^{\circ}05' - 05'$   
 $R$   $180^{\circ}27' - 27'$   $0^{\circ}46',0$

На N	магнита	круг	E	штифт	E	19 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	100°30' - 30'	29',5	
• S	"	"	E	"	E	10	280 29 - 29		
• S	"	"	E	"	W	12	280 19 - 19	24,0	280°26',8
• N	"	"	E	"	W	19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	100 29 - 29		$k = \frac{5',5}{2} = 2',8$

Мира  $R$   $180^{\circ}27',5 - 27',5$   
 $L$   $361^{\circ}05' - 05'$   $0^{\circ}46',2$

Среднее на миру  $360^{\circ}46',1$

Среднее время  $19^{\text{h}}11^{\text{m}}$

Магнитный азимут мира  $= 360^{\circ}46',1 - 280^{\circ}26',8 = 80^{\circ}19',3$

Таблица 21

Схема определения магнитного склонения ( $D$ ) на теодолите „Комбайн“

Долоново, 25/VII 1939 г. Наблюдатель Л. И. Пионтковский

Теодолит „Комбайн“ № 8. Наблюдения производились с часами

Нить раскручена

	Время	Отсчет горизонтального круга	
		I верньер	II верньер
На миру	—	42°48',0	48',5
На магнит: марка вверх	17 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	336 50 ,0	50 ,0
марка вниз	58	336 50 ,5	50 ,5
марка вниз	59	336 50 ,5	51 ,0
марка вверх	18 04	336 51 ,0	51 ,5
На миру	—	42 48 ,0	48 ,5

Среднее: марка вверх  $336^{\circ}50',6$   
                  марка вниз  $336^{\circ}50',6$       $K = \frac{0',4}{2} = 0',2$

Средняя мира  $42^{\circ}48',2$

Магнитный азимут мира  $65^{\circ}57',6$

## Схема определения горизонтальной силы по методу Гаусса — Дамона

Синеевка, 26/VII 1933 г. Наблюдатель Л. И. Альтшулер. Теодолит Шасселон № 152 (средняя модель). Хронометр Эриксон № 1124 (средний). Магнит (●)

Качания  
 $t = 26^{\circ},5$

№	Отсчет по хронометру	№	Отсчет по хронометру	Продолжительность 50 колебаний
0	15 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> ,0	50	15 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,8	163 <sup>s</sup> ,8
5	47,5	55	31,2	163,7
10	25 03,9	60	47,4	163,5
15	20,3	65	28 04,0	163,7
20	36,7	70	20,3	163,6
25	53,0	75	36,6	163,6
30	26 09,4	80	53,0	163,6
35	25,7	85	29 09,5	163,8
40	42,0	90	25,8	163,8
45	58,5	95	15 29 42,2	163,7

Среднее 163<sup>s</sup>,68

$t = 26^{\circ},5$   
Среднее время 15<sup>h</sup>27<sup>m</sup>  $t_{cp} = 26^{\circ},5$ ;  $T = 3^s,2736$

## Отклонения

Концы маг- нита	Шина от дом.	Концы маг- нита N/ш.	Время	$\tau$	Отсчет горизон- тального круга	Среднее	$2\theta$
S	E	E	15 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	26 <sup>o</sup> ,3	286 <sup>o</sup> 19',0—19',0	19',0	61 <sup>o</sup> 20',5
S	E	W	45		224 58,5—58,5	58,5	61 <sup>o</sup> 25',0
N	W	W	50		225 21,0—21,0	21,0	
N	W	E	16 05	26,1	286 46,0—46,0	46,0	61 <sup>o</sup> 22',8

Среднее  $\tau = 26^{\circ},2$   $\theta = 30^{\circ}41',4$  Время 15<sup>h</sup>51<sup>m</sup>

Качания  
 $t = 26^{\circ},0$

№	Отсчет по хронометру	№	Отсчет по хронометру	Продолжительность 50 колебаний
0	16 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> ,8	50	16 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,8	164 <sup>s</sup> ,0
5	17,3	55	18 01,2	163,9
10	33,7	60	17,4	163,7
15	50,2	65	33,8	163,6
20	16 06,6	70	50,2	163,6
25	23,0	75	19 06,6	163,6
30	39,3	80	23,0	163,7
35	55,7	85	39,3	163,6
40	17 12,0	90	55,7	163,7
45	28,4	95	16 20 12,0	163,6

Среднее 163<sup>s</sup>,70

$t = 25^{\circ},5$   
Среднее время 16<sup>h</sup>18<sup>m</sup>  $t_{cp} = 25^{\circ},8$   $T = 3^s,2740$

Определение кручения нити ( $\Delta$ )

Положение головки кручения	Время	Отсчет горизонтального круга	Вычисление угла $\Delta$
0	16 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	255°41'	17' 18',5
360		255 58	
360	16 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	255 22	36 18,0
0		255 42	

Среднее  $\Delta = 18',2$

Таблица 23

Схема определения горизонтальной силы электрическим методом

Магнитный теодолит Шасселон № 51 (малая модель). Наблюдения производились с часами. Пункт № 2 д. Щучье, 12/VI 1935 г. Наблюдатель Н. В. Адам

I элемент

$t = 21^\circ,8$

Элемент и направление тока	Наведение на конец магнита	Время	Отсчет горизонтального круга		Среднее
			I верньер	II верньер	
$E_1 \rightarrow$	N	4 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	232° 09' -08'	232°08',5	232°22',5 $2\theta = 110^\circ 20',9$
$E_1 \uparrow$	S		232 37 -36	232 36,5	
$E_1 \leftarrow$	S		343 00,5 -00	343 00,2	342°43',4 $\theta = 55^\circ 11',4$
$E_1 \downarrow$	N	4 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	342 27 -26	342 26,5	

$t = 21^\circ,8$   
Среднее время 4<sup>h</sup>16<sup>m</sup>

II элемент

$t = 21^\circ,2$

Элемент и направление тока	Наведение на конец магнита	Время	Отсчет горизонтального круга		Среднее
			I верньер	II верньер	
$E_2 \rightarrow$	N	4 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	342° 28' -27'	342°27',5	342°45',2 $2\theta = 110^\circ 21',4$
$E_2 \uparrow$	S		343 03 -03	343 03,0	
$E_2 \leftarrow$	S		232 39 -38	232 38,5	232°23',8 $\theta = 55^\circ 10',7$
$E_2 \downarrow$	N	4 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	232 09 -09	232 09,0	

Среднее время 4<sup>h</sup>30<sup>m</sup>

Таблица 24

Схема определения горизонтальной силы по методу отклонений  
Кего (Архангельск), 25/VII 1937 г. Наблюдатель М. М. Иванов. Теодолит Шасселон  
№ 38. Наблюдения производились с часами

Магнит на шине	Положение N конца магнита на шине	Время	Температура	Отсчет горизонтального круга		Среднее
				I верньер	II верньер	

Большой магнит. Среднее расстояние

E	E	12 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	21° 8'	108° 14'	16'	15',0	65° 51',0	64° 55',0
E	W			42 24	24	24,0		
W	W			42 00	02	01,0	63° 59',0	
W	E	33 <sup>m</sup>	21,8	106 00	00	00,0		

Среднее время 12<sup>h</sup>30<sup>m</sup>  $t_{cp} = 21^{\circ}8'$   $\theta = 32^{\circ}27',5$

Малый магнит. Ближнее расстояние

W	E	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	22° 0'	141° 18'	19'	18',5	135° 39',0	141° 58',2
W	W			5 39	40	39,5		
E	W			3 47	48	47,5	148° 17',5	$\theta = 70^{\circ}59',1$
E	E	41 <sup>m</sup>	21,6	152 05	05	05,0		

Среднее время 12<sup>h</sup>38<sup>m</sup>  $t_{cp} = 21^{\circ}8'$

Таблица 25

Схема определения наклонения (I) стрелочным инклинометром  
Кзыл-Орда, 22/IX 1935 г. Наблюдатель В. Ф. Шельтинг. Инклинометр Шасселон  
№ 121. Стрелка № 1. Наблюдения производились с часами

Определение меридиана

„А вниз“, магнетизм пружинный

Круг	Марка	Отсчеты горизонтального круга				
		верх	низ	среднее		
S	N	309° 35'	311° 24'	310° 29'	310° 02',5	130° 30',8
S	S	308 43	310 29	309 36		
N	N	132 09	130 08	131 08	130° 59',0	Меридиан 220° 30',8
N	S	131 39	130 01	130 50		

Определение I

„А верх“ стрелка перемагничена

Начало 10<sup>h</sup>01<sup>m</sup>

Круг	Марка	Отсчеты горизонтального круга					
		верх	низ	среднее			
E	W	333° 38'	332° 14'	332° 56'	332° 57'	27° 19',8	
E	E	333 28	332 28	332 58			
W	W	27 49	27 13	27 31	27 36,5		
W	E	27 43	27 41	27 42			
„А вниз“ стрелка перемагничена							
W	W	28° 02'	27° 00'	27° 31'	27° 32',2	27° 14',0	
W	E	27 43	27 24	27 33,5			
E	W	333 22	333 10	333 16	333 04,2		
E	E	333 25	332 20	332 52,5			

Среднее 27° 16',9

Конец 10<sup>h</sup>50<sup>m</sup>

$I = 90^{\circ} - 27^{\circ}16',9 = 62^{\circ}43',1$

Среднее время 10<sup>h</sup>26<sup>m</sup>

**Схема определения наклона  $I$  индукционным инклинометром**

Елабуга, 19/VI 1935 г. Наблюдатель Н. Е. Малинина. Индукционный инклинометр Эдельмана. Наблюдения производились с часами

**Определение магнитного меридиана**

Вертикальный круг	Конец магнита	Отсчет горизонтального круга		
W	N	264°,3	263°,6	83°,8
W	S	263,0		
E	N	84,0	84°,1	
E	S	84,2		

**Определение  $I$**

Круг	Щетки	Направление вращения	Время	Отсчеты горизонтального круга			
				I верньер	II верньер	среднее	
E	вверх	→	11 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	109°32'19"	33'47"	33'03"	109°33'13" (а)
E	вверх	←	23	109 32 34	34 12	33 23	
E	вниз	→	26	289 32 22	29 10	30 46	289 31 41 (б)
E	вниз	←	31	289 34 08	31 05	32 36	
W	вниз	→	37	251 29 10	26 22	27 46	251 28 20 (в)
W	вниз	←	40	251 30 07	27 43	28 55	
W	вверх	→	44	71 22 38	25 29	24 04	71 24 50 (г)
W	вверх	←	46	71 24 34	26 36	25 35	

$$б-в = 38^{\circ}03'21'' \quad а-г = 38^{\circ}08'23''$$

$$\frac{б-в}{2} = 19^{\circ}01'40'' \quad \frac{а-г}{2} = 19^{\circ}04'12''$$

$$\text{Среднее } 19^{\circ}02'56'' = 19^{\circ}02',9$$

$$I = 90^{\circ} - 19^{\circ}02',9; I = 70^{\circ},57',1$$

Таблица 27

**Схема определения  $\Delta Z$**

Дубровная, 27/VI 1940 г. Наблюдатель Т. А. Шадрина. Вертикальные весы № 308. Наблюдения производились с часами  
Меридиан 72°

Время	Температура	Уровень	Отсчет по шкале
10 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	22°,1	N к E	
		5-11	+ 30,0
		5-10,5	+ 29,9
10 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	22°,0	N к W	
		5-11	+ 30,1
		5,5-11	+ 30,1
Среднее 10 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	22°,0		+ 30,0

Схема определения цены деления шкалы

Магнит малый

Положение конца магнита на шине	Отсчеты по шкале			Направление	Среднее	$2n$	
				$R = 300$ мм			
N вверх	+ 24,8	+ 24,8	+ 24,8	N к W	+ 24,8	11,1	11,1
N вниз	+ 35,9	+ 35,9	+ 36,0	N к W	+ 35,9		
N вниз	+ 35,9	+ 35,9	+ 35,9	N к E	+ 35,9	11,1	
N вверх	+ 24,7	+ 24,8	+ 24,8	N к E	+ 24,8		
				$R = 340$ мм			
N вверх	26,2	26,2	26,2	N к E	+ 26,2	7,8	7,8
N вниз	34,0	34,0	34,0	N к E	+ 34,0		
N вниз	34,2	34,1	34,1	N к W	+ 34,1	7,9	
N вверх	26,2	26,2	26,1	N к W	+ 26,2		

$$K_{300} = 1109\gamma \quad \varepsilon_1 = \frac{1109}{11,1} = 99,9\gamma$$

$$\varepsilon = 100\gamma$$

$$K_{340} = 781\gamma \quad \varepsilon_2 = \frac{781}{7,8} = 100,1\gamma$$

Таблица 28

Схема определения наклонения ( $I$ ) по методу индукции

Дача Ковалевского, 24/VII 1935 г. Наблюдатель М. С. Пенкевич. Теодолит „Комбайн. № 33. Хронометр Эриксон № 957 (средний).  $R = 111,0$  мм

Положение стержней на шинах	Время	Отсчет горизонтального круга		Среднее	$2\theta$	
		I верньер	II верньер			
Меридиан	—	97°41',0	40',0	97°40',5		
I 1) ———— 12	10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	107 52,0	52,5	107 52,2	20°00',0	19°59',5
II 1) ———— 12	34	87 52,5	52,0	87 52,2		
III 2) ———— 11	37	107 51,5	51,0	107 51,2	19°59',0	
IV 2) ———— 11	40	87 52,0	52,5	87 52,2		
Меридиан	—	97 41,0	41,0	97 41,0		

Среднее время 10<sup>h</sup>36<sup>m</sup>

$$\theta = 9^{\circ}59',8$$

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРТИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Все партии ГМС, в каком бы районе они ни работали, как правило, не имели собственного транспорта, а пользовались наемным. Наиболее простыми партиями в организационном отношении были те, которые направлялись в земледельческие районы с развитой сетью шоссеиных и грунтовых дорог и с густой сетью населенных пунктов. Обычно партия состояла из двух человек: наблюдателя и помощника наблюдателя. Наблюдатель являлся начальником партии, ответственным за выполнение и качество порученных работ. В большинстве случаев он производил все наблюдения, за исключением наблюдений с вертикальными весами; последние наблюдения выполнялись помощником наблюдателя; он часто вел запись всех наблюдений и оказывал другую помощь при наблюдениях и при проведении организационных мероприятий, связанных с полевой работой. Обычно за два-три года полевых работ помощник наблюдателя практически осваивал весь комплекс наблюдений и повышал свой теоретический уровень в зимний период камеральных работ. Через два-три года помощник наблюдателя становился самостоятельным начальником партии и, таким образом, БГМС получало новые кадры наблюдателей. Кроме наблюдателя и помощника, партия имела еще рабочего, который одновременно выполнял обязанности кучера.

## Обеспечение партии приборами

Каждая партия снабжалась приборами, обеспечивающими всю программу работ. В комплект приборов входил магнитный теодолит для астрономических наблюдений и определения склонения и горизонтальной силы. Если горизонтальную силу определяли электрическим методом, то партия снабжалась специальным потенциометром. Для определения наклона партия имела стрелочный инклинатор, однако, постепенно стрелочные инклинаторы стали заменять вертикальными весами. После появления теодолита «Комбайн» и отказа от стрелочного инклинатора (1936 г.), вооружение партии состояло из теодолита «Комбайн» или Шасселон и вертикальных весов; в некоторых партиях, где весов не было, все наблюдения производились одним теодолитом. Из дополнительного оборудования партия имела не меньше двух экземпляров часов, а в случае необходимости и хронометр, соответствующее количество треног, немагнитный зонт, защиту от ветра или палатку. Пинцеты для магнитов, отвертки, шпильки, запасные коконовые нити, кисти для чистки приборов, замша и другие мелочи дополняли оборудование партии. Работники партий снабжались специальной одеждой и обувью, летней или зимней, в зависимости от характера работ партии, а также хозяйственным оборудованием, как то: походными кроватями, посудой, ведрами и т. п. Помимо этого, партия получала в свое распоряжение карты района работ мелкого и крупного масштаба и специальные книжки для записи наблюдений. Последние были без напечатанных схем, так как опыт показал, что напечатанные схемы стесняют наблюдателя в работе. Только книжки для записи наблюдений по вертикальным весам имели напечатанные схемы. Все записи производили простым мягким черным карандашом. Применение химических карандашей категорически запрещалось.

Как уже упомянуто, партии пользовались обычно наемным транспортом. В обжитых районах применялся главным образом гужевой транспорт. В транспортной конторе, а в большинстве случаев в колхозе или совхозе, по договору нанимались лошади и экипаж или на весь период полевых

работ, или же на более короткие сроки. Лошади были сменные, а уход за лошадьми и обслуживание транспорта поручалось специальному лицу, выделенному из организации, предоставлявшей транспорт. В некоторых случаях лошадей приходилось нанимать только на переезд между двумя соседними абсолютными пунктами.

На ночлег партия обычно останавливалась в населенном пункте, где по указанию представителя местной власти (сельсовета) получала помещение.

### Особенности работы в необжитых районах

Значительно труднее и сложнее была организация работ и в особенности транспорта для партий, работавших вне земледельческой полосы, в труднодоступных районах. Особенности района, подлежащего съемке, обуславливали специальные требования к организации партии и к проведению съемочных работ. На огромных ненаселенных или малонаселенных пространствах Азиатской части СССР или севера Европейской части СССР уже нельзя было проводить сплошную съемку с пунктами, лежащими друг от друга на расстоянии 20 км. Там работа производилась либо по разреженной сети с расстоянием до 30—40 км между пунктами (например, Казахские степи), либо приурочивалась к существующим дорогам, тропам и речным маршрутам.

### Степи и пустыни

В степях и пустынях Средней Азии для съемки использовался главным образом автомобильный транспорт. Погрузив на автомобиль приборы и снаряжение, запасы горючего, воды на несколько дней, продовольствие и необходимый хозяйственный инвентарь, партия на 3—4 недели отправлялась на работу, закончив которую, снова пополняла свои запасы и отправлялась далее. Во время этих поездок, кроме работы по наблюдениям, все бытовое обслуживание выполнялось участниками партии на равных началах. Такова была организация в партиях, работавших в Голодной степи совместно с партиями Государственного астрономического института, проводившими определения силы тяжести. Совместная работа в таких условиях представляла большие преимущества. Помимо уменьшения расходов на транспорт, более многочисленный состав экспедиции облегчал тяжесть и неудобства кочевого образа жизни среди знойных, выжженных солнцем степей, с редкими колодцами. Бывали случаи, когда в таких колодцах не было воды и тогда приходилось переходить на рацион воды в две-три кружки в сутки, чтобы дотянуть скудные запасы ее до нового пополнения.

Таковыми совместными экспедициями была заснята, как уже упомянуто, восточная часть Голодной степи площадной съемкой с расстояниями между пунктами порядка 50 км.

Несколько партий Генеральной съемки в западных частях песчаных пустынь работало самостоятельно. Здесь съемка производилась по отдельным маршрутам и передвижение производилось также на автомобилях. Вообще в тяжелых условиях песчаных пустынь автомобиль является незаменимым транспортом. Были, однако, маршруты, выполненные партиями на «кораблях пустыни», — верблюдах. Правда, эти партии были весьма немногочисленны.

Солончаковые степи Прикаспийской низменности были несколько легче по проходимости. Все же трудности заключались в том, что часто приходилось возить с собой запас пресной воды на несколько дней, так как многочисленные в этой местности озера имеют горько-соленую воду. Передвижение партий в Прикаспийской низменности происходило на лошадях и верблюдах.

## Тайга и тундра

Совершенно в иных условиях протекала работа партий, производивших съемку в северных районах Азиатской и Европейской частей СССР. Суровый климат с длинной зимой и коротким летом, редкое население, большие лесные массивы и горные хребты, представлявшие возможность передвигаться в большинстве случаев только по рекам, накладывали специальные требования на организацию партий. Продолжительность пути с места организации до района работ часто заставляла рассчитывать работу партий на два летних и один зимний период. Партии, снаряжавшиеся из Якутской и Иркутской геофизических обсерваторий, отправлялись на работу не на столь продолжительный период, однако по характеру работ и способам передвижения они были аналогичны всем остальным. В большинстве случаев передвижение производилось по рекам. Для этих целей строили специальные лодки, куда помещались все приборы, хозяйственная и бытовая утварь, так же как и продовольствие, нанимались гребцы, и лодка в течение нескольких месяцев служила передвижным домом для партии.

Иногда охота и рыбная ловля служили хорошим подспорьем для питания. В летние периоды бичом для всего состава партии являлись комары и мошка, в несметных количествах населяющая тайгу. Ночью от них спасались под густым пологом, а днем во время работы приходилось надевать костюм, не дававший доступа комарам к коже. На голову надевалась густая сетка-накомарник. Все принятые предосторожности не спасали, однако, от укусов.

При перевалах и в зимних условиях приходилось перевозить все имущество на лошадях и оленях, а иногда и на собаках. Зимой вследствие сильных морозов, доходивших до 40° и ниже, работать было очень тяжело. Для приборов употребляли особую смазку, не замерзающую при низких температурах. Окуляры труб и микроскопов смазывались особым составом, чтобы на них не садился иней. Руки при наблюдении замерзали; часто после наблюдения на магнит или на светило приходилось бежать в недалеко расположенную палатку, где топилась печь, чтобы отогреться. Жить приходилось также в палатке. Палатки употреблялись двойные, с воздушной прослойкой между стенками или обычные. В палатке на снег, покрытый ветвями хвойных деревьев, постлались оленьи шкуры и ставилась печка, в которой поддерживался огонь. На ночь, натопив жарко печь и поужинав, весь состав партии забирался в спальные мешки и засыпал. К утру палатка остывала, так что вставать приходилось в холоде. Приготовление пищи производилось на той же печке; бытовое обслуживание производилось всем составом партии на равных началах.

В темные и холодные зимние месяцы полевые работы не производились. Партия останавливалась в каком-либо населенном пункте, где в течение зимнего времени производили вычисление своих астрономических и магнитных наблюдений.

Зимой по снегу работники партии иногда совершали рейсы на лыжах; имущество перевозилось на нартах.

Несмотря на тяжелые условия зимней работы, намеченные планы обычно выполнялись и перевыполнялись.

## Горные районы

Несколько иные условия передвижения были при съемке в горных районах, таких, как Алтай, Кавказ и др. Горные дороги не всегда позволяли переезды в экипажах. Люди при таких условиях ехали верхом, а имущество перевозилось на вьючных лошадях. В остальном жизнь и работа партии протекала так же, как и в других дальних экспедициях.

Надо отметить, что за все 12 лет съемки, данные о которой публикуются, при авариях не было ни одного несчастного случая с работниками партий, работавших в тяжелых условиях горных и таежных районов и в обширных степях и пустынях Средней Азии.

Трагически погиб при исполнении своих обязанностей, от руки злоумышленника, близ города Юрьевец (Горьковская область) горный инженер Давид Ефимович Раскин.

### О людях, выполнявших съемку

Сухие числа среднего годового количества заснятых магнитных пунктов не могут дать ясного представления о громадной упорной работе, которую приходилось выполнять при Генеральной магнитной съемке. Ведь нигде в мире подобного рода работы не производились в столь короткий срок. Число пунктов, более 3600 в год, за годы от 1932 по 1935, в период наибольшего подъема съемочных работ обеспечивалось работой 50 партий ежегодно. Эти партии надо было организовать, выделить для них районы работ, согласовать работу между БГМС и другими организациями, выполнившими за эти четыре года около 44% всей полевой работы по съемке (остальные 56% выполнены в БГМС).

Бюро ГМС должно было организовать поверку приборов в Павловской магнитной обсерватории, которой необходимо было предоставить помещения для сотрудников 30 партий. Надо было их обеспечить местом для поверки, всеми необходимыми магнитными данными и повседневной квалифицированной консультацией. Совместная работа в этом направлении специалистов магнитной обсерватории П. Е. Федулова, П. И. Гусева, Г. Н. Калитиной и руководящих работников магнитной съемки, возглавляемых Н. Н. Трубытчинским, обеспечивала выполнение всех поверочных и подготовительных работ в срок. Наблюдение за полевой работой партий, контроль ее работы, ее финансирование и многие другие обязанности выполнялись теми, кто непосредственно не участвовал в полевых работах. Камеральная же обработка полевых наблюдений за предшествующий год не прекращалась в БГМС и в полевой период. Подобная же работа по подготовке к полевому периоду, но в значительно меньших масштабах, проводилась и в других учреждениях и обсерваториях, проводивших съемку. Там число направляемых ежегодно на полевую работу партий не превышало в большинстве случаев двух-трех, в то время как в БГМС в это время отправлялось ежегодно по 29 партий.

Заканчивая описание организации партий и условий их работы, нельзя не сказать о тех простых людях, которые выполняли эту работу, в особенности в малонаселенных таежных районах с суровым климатом, в условиях длинной зимы и короткого северного лета. Каждая небольшая цепочка пунктов наблюдений, изображенная на схематической карте заснятости, это результат упорной, подчас тяжелой и опасной работы в продолжении одного или двух лет для начальника партии и для всего ее состава. Продвижение партии, происходившее в лодках по рекам, на нартах по снегу, на вьючных лошадях по горам, сопровождалось повседневными опасностями и трудностями. Нередко бывали случаи, что лодки с грузом и людьми опрокидывались, а полевые работники, забывая об опасности для жизни, спасали ценный груз — полевые приборы и запасы продовольствия. Начальник партии Н. Д. Медведев, производя в 1936 г. магнитные наблюдения по рекам в центральной части Верхоянского хребта, так описывает свое путешествие. «Тайга, перерезанная многочисленными озерами, заболоченными и луговыми участками; болота, бадараны (топь), камень, обилие валежника в тайге, горы — изнурили лошадей: из шести три пали». Надо думать, что и людям было нелегко. Н. Е. Попков, выйдя на

лодках в маршрут по р. Анадырь в 1949 г., во время весеннего половодья терпит аварию и в течение семи часов вместе со своим помощником в воде по пояс спасает от затопления и порчи приборы и продовольствие. Д. С. Фоменко в 1935 г., производя наблюдения по рр. Лене и Амге, попадает в такое болото, в котором вязнет вьючная лошадь. Подобного же рода аварии и происшествия не раз случаются и с другими полевыми работниками. В отчетах о работе по производству магнитных наблюдений начальники партии иногда весьма скупо, а иногда и совсем не рассказывают о такого рода происшествиях. Зачем же о них рассказывать, говорят они, ведь все кончилось благополучно.

В течение нескольких лет после начала работ по съемке малонаселенной Азиатской части СССР подобрался состав начальников партий, из года в год совершавших путешествия по этим местам, полюбивших суровую природу и мужественно переносивших тяжести и лишения кочевого образа жизни. Их трудами произведены маршрутные наблюдения по всему северу и востоку Азиатской части СССР. К их числу относятся: А. Ф. Першукевич, участвовавший в съемках ежегодно с 1927 г. и заснявший сначала большую часть Белорусской ССР, а затем переключившийся на работу по маршрутным съемкам Азиатской части СССР; Б. С. Рубинсон, Н. Е. Попков, И. К. Калинин, Д. С. Фоменко, выполнившие в течение ряда лет магнитные наблюдения на маршрутах по рекам и таежным дорогам Якутии, Чукотского полуострова, Камчатки и других районов. Н. И. Даниленко, работавший в течение нескольких лет в Дальневосточных районах, И. М. Пудовкин, Н. Д. Медведев и В. П. Матвеев, работавшие в течение двух лет по съемке Чукотского полуострова и бассейна р. Яны, на Кольском полуострове и в Карелии.

Наконец, нельзя обойти молчанием начальников партий, производивших съемку по несколько лет подряд в пустынях и полупустынях Средней Азии, а именно: Н. В. Адам, Л. С. Банухин, И. К. Калинин и В. Ф. Шельтинг. Наблюдения всех этих начальников партий в основном составляют тот материал, на базе которого составляются магнитные карты малонаселенных северных и восточных районов Азиатской части СССР и песчаных пустынь Средней Азии.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

### Общее планирование

Планирование всех полевых работ на каждый год производилось БГМС в соответствии с общим планом съемки и до 1937 г. утверждалось на сессии Постоянной Геомагнитной комиссии. С 1937 г. планирование происходило только в БГМС. Там же производили распределение работ между БГМС и другими учреждениями и обсерваториями гидрометслужбы. Таким образом, к февралю каждого года у всех было ясное представление, где в наступившем году надлежало работать. По количеству партий и объему работ БГМС несло на себе значительную часть плана, часто превышающую половину или даже две трети его. В особенности это имело место примерно с 1937 г., когда сплошной съемкой были открыты все населенные пространства СССР и когда главное внимание было обращено на исследование труднодоступных районов.

### Формирование партий

Перед началом летнего полевого периода, примерно в конце марта — начале апреля, площадь, подлежащая съемке, распределялась по отдельным начальникам партий. Тогда же формировался и состав каждой партии. Надо было подобрать его таким образом, чтобы обеспечить наиболее

успешное выполнение плана. При этом приходилось учитывать не только склонности каждого работника, но и особенности его характера. Наконец, распределены и приборы, с которыми будет работать каждая партия. Опыт показал, что закрепление определенного комплекта приборов и оборудования за начальниками партий, участвовавшими в полевых работах несколько лет, является наиболее целесообразным. Наблюдатель привыкал к своим приборам, хорошо знал их особенности и недостатки и более бережно относился к ним, зная, что их же он получит и в следующем году.

### Планирование работы партии в обжитом районе

Получив общее задание для партии, включающее район и примерный объем работ, начальник партии производил детальное планирование этих работ. Прежде всего подбирались карты соответствующего масштаба. Одни наиболее крупного — для нанесения на них пунктов наблюдений и последующего снятия координат и другие — более мелкого масштаба для общего планирования. На этих картах размечались пункты наблюдений и прокладывались маршруты с учетом их наимыгоднейшего направления, зависевшего от направления градиентов вертикальной силы. Обычно их прокладывали по линии наибольшего градиента нормального поля. При этом принимались во внимание существующие дороги, мосты и т. п. Для согласования работ партии со съемками на соседних участках выбирали специальные пункты, расположенные на границах района съемки; на этих пунктах наблюдения производились начальниками двух, а иногда и трех соседних партий, выполнявших съемку в тот же период. В таком случае первая партия, посетившая пункт, составив его описание, оставляла это описание либо на почте, либо у представителей местной власти. Если же с районом съемки граничили места, уже заснятые ранее, то из архива выбирали описания нескольких наиболее удобных для посещения пунктов, на которых и производили наблюдения. Все эти пункты носили название пунктов общих с другими наблюдателями.

Планирование расположения пунктов съемки и маршрутов производили так, чтобы обеспечить повторение некоторых из пунктов наблюдений внутри партии. Это облегчало контроль за устойчивостью нуля пункта вертикальных весов и постоянных теодолита.

В первые два года съемки повторения абсолютных наблюдений и проведение их на общих пунктах выполнялись в незначительной мере. Однако опыт первых лет показал существенную необходимость подобного рода наблюдений и, начиная с третьего года съемки, эта сторона работы обеспечивалась с наибольшей тщательностью. Что касается съемки с вертикальными весами, то кольцевая система маршрута с обязательными замыканиями проводилась с особой тщательностью.

От такой практики планирования приходилось отказываться только при маршрутной съемке, когда кольцевые маршруты были невозможны.

Часто в план работы партии включались и наблюдения на пунктах векового хода. Они производились по значительно расширенной программе по сравнению с рядовыми пунктами Генеральной съемки. Опыт показал, что наиболее удобно и целесообразно организовывать отдельные партии для наблюдений на пунктах векового хода, не загружая их работой по Генеральной магнитной съемке.

Составив таким образом план своих полевых работ на предстоящий сезон и получив его утверждение со стороны руководителя съемки, начальник партии составлял смету расходов на основе подсчета общего числа запланированных пунктов и учета условий передвижений и климатических особенностей заснимаемого района. Смета утверждалась руководителем ГМС совместно с главным бухгалтером. По партиям, посылав-

шимся из местных магнитных обсерваторий, сметы составлялись таким же образом, а финансирование производилось или переводом всей суммы на текущий счет организации, производившей съемку, или переводом авансов по мере выполнения полевых работ.

Планирование работ партии могло происходить успешно при условии хорошо продуманных и проверенных норм работы. Первые годы съемки, когда еще не было накоплено полевых работ, таких проверенных норм не могло быть. Поэтому бывали случаи неоправдавшегося расчета, приводившие к невыполнению плана или же при недооценке всех благоприятных возможностей к занижению норм; однако по мере накопления опыта нормы выработки постепенно уточнялись в соответствии с климатическими особенностями и условиями передвижения и работы в различных районах. Таким образом, к 1936 г. имелись уже хорошо проверенные нормы. СССР был разбит на ряд зон в соответствии с условиями работы и для каждой зоны были выработаны свои нормы, зависевшие в свою очередь от времени года. При составлении норм учитывали опыт и других организаций, проводивших полевые работы — топографических отрядов и геологоразведочных партий. В этих нормах предусматривалась увеличенная оплата, возрастающая по мере увеличения степени трудности работы заснимаемого района. Размер дополнительной полевой оплаты, составляя 100 процентов к основной зарплате в обжитых и удобных для съемки районах, возрастал по мере увеличения степени трудности района, достигая для некоторых районов 200 процентов и более.

Вместе с нормами выработывались и методы поощрения наилучшего выполнения работы. Были установлены премии за перевыполнение плана работ и за выполнение его в более короткий период. При невыполнении плана производилось снижение установленных денежных выплат. Величина премии зависела от степени увеличения запланированного объема работы. Окончательный расчет производился после завершения камеральной обработки, когда можно было судить о качестве выполненной съемки. В суждение о качестве работы были введены такие показатели, как сходимость постоянных и поправок приборов до и после полевых работ, качество и полнота записи в полевых журналах, наличие наблюдений по всем трем элементам, количество серий наблюдений по каждому элементу, рациональность отступления от плана, если они были и тому подобное.

Помимо обсуждения общего плана работ на каждый год, производившегося на сессии Геомагнитной комиссии, план работ, предназначенный для выполнения БГМС, широко обсуждался на производственных совещаниях бюро. На этих же совещаниях обсуждались вопросы, связанные со снабжением и снаряжением партии, наилучшим выполнением ими плана, выработкой норм для полевых и камеральных работ и многое другое. На этих совещаниях было внесено много ценных советов и предложений.

Осуществление этих предложений и выполнение различного рода организационных мероприятий производилось также членами этих совещаний — сотрудниками БГМС. В частности, все нормы полевой и камеральной работы были выработаны при участии рядовых работников съемки, детально знакомых с различными отраслями работы. Таким образом, общественность сыграла большую и ценную роль в деле организации и проведения съемки.

Большую положительную роль при выполнении работ по съемке принес метод социалистического соревнования — метод, которым руководствовались во все время съемочных работ. Каждая партия при отъезде в поле и при производстве камеральных работ брала на себя ряд обязательств по наилучшему и скорейшему выполнению плана и считала для себя де-

лом чести выполнение этих обязательств. Невыполнение их было большой редкостью.

Крепкая спаянность всего коллектива БГМС, дружная совместная работа, энтузиазм в работе и горячая любовь к делу много способствовали успешному выполнению работ по съемке.

### **Инструкции для производства полевых работ**

Все вопросы, связанные с непосредственным выполнением полевых астрономических и магнитных наблюдений, были изложены в инструкциях и руководствах, составленных БГМС. В этих инструкциях указывался порядок наблюдений, время наблюдений для каждого элемента и количество серий наблюдений. Там же давались указания относительно выбора места для наблюдений, составления описания пункта и порядка сокращений наблюдений в случае необходимости. В них же указывался и объем наблюдений для пунктов векового хода.

Схемы наблюдений в этих инструкциях обычно не приводились. Они были представлены в тех руководствах, которые были составлены за период Генеральной магнитной съемки и ему предшествовавший. Список руководств, вышедших за это время, прилагается (приложение 6).

Схемы астрономических и магнитных наблюдений уже приведены нами при описании методов наблюдений на магнитном пункте.

### **КОНТРОЛЬ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

#### **Поверка приборов на обсерватории**

Для получения результатов магнитных наблюдений с требуемой точностью проводился ряд мероприятий, главнейшим из которых была обязательная поверка приборов до и после полевых работ на магнитной обсерватории.

Основным требованием при поверке приборов являлось обеспечение таких условий, при которых должны быть исключены случайные погрешности, вызванные влиянием внешних условий на прибор и неизбежно сопровождающие наблюдения в поле. Поэтому поверка обычно производилась в закрытом помещении, на столбе. Перед наблюдениями нить тщательно раскручивалась и прибор выдерживался в помещении столько времени, сколько было необходимо, чтобы он принял температуру окружающего воздуха. Костюм наблюдателя не должен был содержать никаких железных частей; все предметы, содержащие железо, удалялись от прибора на соответствующее расстояние. Перед началом определения постоянных и поправок теодолита для проверки состояния его астрономической части наблюдатель производил с ним по одной серии астрономических определений поправки хронометра и азимута мира.

### **ПОВЕРКА ПРИБОРОВ ДО ПОЛЕВЫХ РАБОТ**

#### **Определение поправки магнита для склонения**

Прибор ставился на столб, с которого можно было наблюдать миру с известным азимутом. Перед наблюдениями нить тщательно раскручивалась; затем производились наведения на миру и на магнит по установленной для данного теодолита схеме. Если производилось подряд несколько серий наблюдений, то после каждых двух серий проверялась степень раскрученности нити. Наблюдения производились по крайней мере в течение двух дней, чтобы иметь хотя бы две совершенно самостоятельные установки прибора.

Вычислив по известному астрономическому и магнитному азимуту миры магнитное склонение, сравнивали его с магнитным склонением, полученным из записи самопишущих приборов обсерватории. Если разность между склонением, полученным из обсерваторских данных и наблюдаемым, оставалась постоянной в пределах точности наблюдений, то задача поверки считалась выполненной. За поправку магнита для склонения принималось среднее значение этой разности.

### Поверка инклинатора

При поверке стрелок наклона с каждой стрелкой производилось несколько серий наблюдений в течение не меньше чем двух дней. Поправка стрелки для наклона принималась средней из всех отдельных серий. Пределы сходимости поправок были шире, чем для склонения. Как уже указывалось ранее, с течением времени стрелочные инклинометры давали все более неудовлетворительные результаты и с 1935 г. они были сняты с вооружения партий.

Хотя индукционные инклинометры, как приборы абсолютные, не требовали поверки, однако и с ними производились контрольные наблюдения на обсерватории. Результаты контроля служили критерием нормальной работы прибора.

### Определение переводных множителей для измерения горизонтальной силы

**Метод Гаусса — Ламона.** При определении горизонтальной силы методом Гаусса — Ламона на обсерватории до полевых работ производились следующие наблюдения. Прежде всего определялся индукционный коэффициент магнита. Для этих целей пользовались почти исключительно абсолютным теодолитом Вильд-Фрейберг I Павловской обсерватории, который позволяет определять индукционный коэффициент методом индукции в вертикально поставленном испытуемом магните. Этот магнит помещается на шине магнитного теодолита и в зависимости от положения его северного полюса (кверху или книзу) магнит получает добавочное отрицательное или положительное намагничение, отчего изменяется его основной магнитный момент. Измеренные от меридиана углы отклонения подвешенного магнита при противоположных положениях испытуемого позволяют вычислить индукционный коэффициент.

Затем производился целый ряд определений горизонтальной силы по установленной схеме при различных температурах: средней, высокой, средней, низкой и отрицательной для зимних наблюдений в пределах от  $-10$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . После высокой температуры являлись обязательными наблюдения при обычной комнатной температуре для того, чтобы убедиться в сохранности магнитного момента магнита после работы с ним при высокой температуре. Этот ряд наблюдений служил для вычисления, во-первых, температурного коэффициента, а во-вторых, переводного множителя для определения  $H$ , так как все употреблявшиеся теодолиты были относительными.

### Метод отклонений

При определении  $H$  методом отклонений путем расчета подбирали такое расстояние, при котором в районе съемки угол отклонения имел бы величину не выше  $50-70^{\circ}$ . Для этого метода пользовались не меньше чем двумя магнитами и каждый магнит проверяли при двух расстояниях от отклоняющего. Затем со всеми магнитами при разных температурах производился ряд наблюдений угла отклонения. После наблюдения при высоких температурах требовалось возвращение к нормальной комнатной температуре, чтобы убедиться в неизменности магнитного момента испы-

туемого магнита. На основании наблюдаемых углов отклонений при различных температурах по горизонтальной силе, полученной из записи обсерваторских приборов для моментов наблюдений, вычисляли переводный множитель  $C_t$  по формуле  $C_t = H \sin \theta$ . На клетчатой миллиметровой бумаге вычерчивался график зависимости  $C_t$  от температуры — прямая линия. Этот график в дальнейшем использовался при вычислении горизонтальной силы.

### Электрический метод определения $H$

Проверка теодолита при определении горизонтальной силы электрическим методом принципиально ничем не отличалась от проверки его при определении  $H$  методом отклонений. Проверка производилась для двух нормальных элементов и для двух нормальных сопротивлений.

#### Определение переводного множителя для определения $I$ методом индукции

При определении  $I$  методом индукции к работе подготавливались две пары стержней. С каждой из них производился ряд наблюдений в течение нескольких дней. Переводный множитель вычисляли по формуле

$$C = \frac{\operatorname{tg} I}{\sin \theta},$$

где  $I$  — наклонение на обсерватории в момент наблюдений.

В первые два года применения этого метода зависимости переводного множителя от температуры обнаружено не было. В последующие же годы съемки, при использовании новых образцов динамной стали, у некоторых стержней зависимость переводного множителя от температуры оказалась явно выраженной. С этого времени проверка переводного множителя производилась при различных температурах. В случае обнаружения этой зависимости для вычислений строился график, подобный графику для вычисления  $H$  методом отклонений. Обычно употреблявшиеся стержни при диаметре 20 мм имели длину около 150 мм; при таких их размерах  $\theta$  в условиях Павловской обсерватории ( $I = 72^\circ$ ) колебался в пределах  $15-16^\circ$  при наименьшем расстоянии на шинах. У теодолита Шасселон этот угол при прочих равных условиях был порядка  $10-11^\circ$ .

В районах с наклонением  $80-85^\circ$  и более угол отклонения настолько возрастал, что наблюдать его было уже затруднительно. Поэтому приходилось предвычислять ожидаемый угол отклонения и либо увеличивать расстояние стержней на шинах, либо укорачивать стержни. Предпочтительно было, однако, укорачивать стержни, так как при их большом весе (400 г каждый) значительное удаление их от основания шин могло вызвать прогиб последних.

#### Проверка вертикальных весов

В вертикальных весах устанавливалась требуемая цена деления шкалы, определялся температурный коэффициент и абсолютные значения нуля шкалы весов.

В партиях, работавших в районах сплошной съемки, цена деления устанавливалась в  $40-60 \frac{\gamma}{\text{дел.}}$ , а для маршрутной съемки порядка  $80-100 \frac{\gamma}{\text{дел.}}$ . Добившись передвижением грузика указанных пределов, цену деления определяли при помощи колец Гельмгольца при различных силах тока, чтобы отсчеты по шкале полностью захватывали ее пределы.

После этого определяли силу поля дефлекторных магнитов, располагая их на различных расстояниях от магнитной системы весов. Определения

абсолютного значения магнитных моментов дефлекторных магнитов обычно не производили, так как не было уверенности, что отсчитанное по шкале расстояние между центрами магнитной системы и дефлекторного магнита соответствует действительному.

После определения цены деления производили компенсацию магнитной системы за температуру. Обычно полного уничтожения влияния температуры на магнитный момент системы не производили, а удовлетворялись тем, когда температурный коэффициент имел значение  $1 - 2 \gamma$  на  $1^\circ\text{C}$ . Достигнув этого путем последовательных приближений, определяли окончательно температурный коэффициент.

Для этого вертикальные весы помещали в термостат, где электрическим током можно было производить их нагревание. Проведя ряд последовательных нагреваний и охлаждений прибора и исправив отсчеты весов за вариации вертикальной силы, легко получали температурный коэффициент весов.

Если позволяли пределы шкалы при заданной цене деления, то нуль отраженной шкалы смещали настолько, чтобы по приезде к месту работы иметь его недалеко от нуля неподвижной шкалы. Если же этого нельзя было выполнить, то по приезде к месту работы производилась перестройка прибора для перемещения отраженной шкалы в поле зрения.

Установив нуль отраженной шкалы на обсерватории на желаемое деление неподвижной шкалы, определяли нульпункт весов в абсолютной мере. И затем еще раз проверяли цену деления и температурный коэффициент вертикальных весов.

### Проверка приборов после полевых работ

Объем поверочных определений после полевых работ был несколько меньше, чем до полевых работ. Для определения поправок стрелок склонения и наклонения требовалось меньшее количество серий, если поправки эти сходились с предшествовавшими.

Переводный множитель для вычисления горизонтальной силы независимо от метода наблюдений часто определяли только при комнатной температуре. Если вычисления показывали отклонение переводного множителя от ранее бывшего на величину, большую предела допустимой погрешности, то производили повторные определения при различных температурах.

Проверка вертикальных весов после полевых работ производилась в том же объеме, как и до полевых работ.

Наблюдатель, проверив все свои приборы и вычислив все постоянные и поправки, представлял их на утверждение старшему сотруднику; только после их утверждения наблюдатель мог выехать на полевые работы. Таким образом, принимались постоянные поправки после полевых работ, а также и окончательные постоянные, которыми должны были пользоваться для вычисления полевых наблюдений. В приложении 7 приводится программа проверки.

Обеспечение требуемой точности и контроля наблюдений не ограничивалось только проверкой приборов на обсерватории до и после полевых работ, но и рядом других методов.

### Посещение обсерваторий

Если в районе полевых работ или в недалеком от него расстоянии была расположена магнитная обсерватория, то наблюдателю — начальнику партии вменялось в обязанность провести на ней ряд наблюдений. По этим наблюдениям, на основании полученных для них из обсерватории значений магнитных элементов, также вычислялись постоянные и поправки приборов.

В случае какой-либо аварии с приборами, также вменялось в обязанность произвести повторную проверку в ближайшей магнитной обсерватории, или же вернуться на предыдущий пункт. В большинстве случаев начальники партии предпочитали последнее, так как до обсерватории обычно было дальше, чем до соседнего пункта наблюдений.

### Инспекторские партии

В первые пять лет съемки для целей контроля организовывались специальные инспекторские партии. Ими производились наблюдения на заранее выбранных для этого пунктах определений нескольких рядов магнитных партий, работавших в соседних друг с другом районах. Руководителями таких инспекторских партий были обычно более опытные работники. Снабжались они более точными приборами и программа их наблюдений была расширена, по сравнению с программой наблюдений на обычном пункте Генеральной магнитной съемки. Таким образом, результаты наблюдений инспекторских партий могли служить и служили контрольными для рядовых партий, производивших наблюдения на совместных пунктах. Эти же инспекторские партии производили специальные наблюдения наклонения с индукционным инклинатором; на основании точных наблюдений  $I$  выводили значение  $Z_0$  для тех рядовых партий, в которых производились наблюдения с вертикальными весами и которые наблюдали на этих «инспекторских» пунктах.

Впоследствии, однако, инспектирование партий было заменено наблюдениями на нескольких пунктах, лежащих на границах с соседними партиями, где наблюдения производились двумя, а иногда и тремя наблюдателями.

### Система кольцевых маршрутов и повторные наблюдения

Дальнейшим методом контроля полевых определений являлась система кольцевых маршрутов и повторные определения. В партиях, работавших в районах сплошной съемки, маршруты располагались так, чтобы через 12—15 абсолютных пунктов приехать на пункт, где уже были произведены определения ранее. На некоторых из таких пунктов повторяли полностью все магнитные определения, на других производили наблюдения только с вертикальными весами. В первом случае пункты назывались повторными, во втором — пунктами замыкания.

Все указанные способы контроля облегчали обработку наблюдений и давали возможность следить за состоянием прибора и за его постоянными. В случае изменения постоянных эти методы в большинстве случаев давали возможность определить время наступления и величину скачка.

### Контроль наблюдений от пункта к пункту

Для наблюдения за состоянием приборов начальнику партии вменялось в обязанность проводить контрольные вычисления на каждом пункте наблюдений.

При наблюдениях склонения производилось осреднение наблюдений на миру и магнит, а также вычислялась коллимация магнита. При наблюдениях отклонения с инклинатором вычислялся угол наклонения для каждой серии наблюдений.

При наблюдениях горизонтальной силы по методу Гаусса — Ламона вычисляли период колебаний, угол отклонения и кручения; во всех других случаях определения  $H$  вычисляли угол отклонения. Его же вычисляли и при наблюдениях наклонения методом индукции. На каждом пункте оп-

ределений с вертикальными весами вычисляли среднее значение  $\Delta Z$  из каждой серии.

Так как на каждом абсолютном пункте производилось по несколько серий наблюдений с различными магнитами или нормальными элементами для  $H$ , с различными стержнями или стрелками для  $I$ , то всегда можно было судить о закономерности изменений каждого элемента.

Согласованное измерение углов отклонения свидетельствовало о нормальном состоянии приборов. Резкое изменение в угле по одному магниту или в одной паре стержней указывало на изменение, происшедшее в магнитном моменте магнита или же в расстояниях на шинах, которые принимались для установки магнитов (стержней).

При сомнении в качестве какого-либо из наблюдений это последнее производили снова. Нередко повторные наблюдения обнаруживали ошибку при отсчете или при записи. Такие наблюдения вычеркивались с соответствующей пометкой в журнале. Если же повторные наблюдения подтверждали казавшийся сомнительным результат, то они указывали на какое-то изменение, происшедшее в приборе.

Когда в пути между абсолютными пунктами или на абсолютном пункте происходила авария с прибором, что бывало очень редко, то наблюдатель возвращался на предыдущий пункт и повторял на нем все наблюдения. Такое повторение давало возможность при обработке учесть скачок и определяло количественно изменение постоянных. Иногда он заезжал в близлежащую обсерваторию.

Совершенно такая же методика контроля применялась и при наблюдениях с вертикальными весами. Повторные наблюдения и возвращение на предыдущий пункт практиковались довольно часто. Особенную неуверенность испытывал начальник партии при наблюдениях в аномальном магнитном поле. Скачкообразное изменение отсчета от пункта к пункту наводило на мысль о случайной ошибке в отсчете или о незамеченной аварии в приборе. Только неоднократные наблюдения на одном пункте и возвращение на предыдущий выявляли причину скачков и определяли ход дальнейшей работы. При беспокойном магнитном поле наблюдатель сгущал сеть пунктов или же производил еще более детальную разведку наиболее интересных и резко выраженных аномалий. Повторные наблюдения при замыкании кольцевых маршрутов давали полную характеристику поведения вертикальных весов при полевой работе.

### Повторная посылка партий

Иногда после окончания обработки результатов наблюдений нанесение на карту полученных значений вертикальной силы и векторов  $H_a$  выявляло несоответствие нанесенных данных с величинами на территории, граничащей с районом, заснятым партией. При таких условиях приходилось направлять в этот район партию для производства повторных наблюдений с целью выявления ошибочных значений.

## Г Л А В А VI

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

#### Организация вычислений

Обработка магнитных наблюдений по Генеральной магнитной съемке обычно производилась в первую руку в том учреждении или организации, которая проводила наблюдения. Она включала вычисление постоянных и поправок приборов, координат пунктов наблюдений, астрономических и

магнитных наблюдений. Затем подлинные книжки наблюдений и материалы обработки в первую руку направлялись в БГМС, где они подвергались контролю и дальнейшей обработке. Там же производилась обработка наблюдений тех магнитных партий, которые направлялись на работу из БГМС.

Только наблюдения, производившиеся сотрудниками Одесской магнитной обсерватории под руководством М. А. Аганина, полностью обрабатывались на месте, а затем уже в готовом для печати виде, вместе с подлинными книжками наблюдений, пересылались в БГМС.

Таким образом, в Бюро Генеральной магнитной съемки были сосредоточены не только организация и руководство всеми работами по съемке, но и ценнейший всесоюзный архив магнитной съемки.

С начала работ по съемке в БГМС не было еще достаточно опыта для организации массовой обработки. Поэтому сразу трудно было найти такие организационные формы работы и такую методику вычислений, которая давала бы наилучший результат при наименьшей затрате времени. По мере накопления опыта, учась на собственных ошибках и исправляя их, БГМС выработало эти формы и методы вычислений. Обработка же магнитных наблюдений, производившихся на местах, не имела массового характера, так как в каждой из местных организаций ежегодно в поле работало не больше двух, в редких случаях трех партий. Там обработкой наблюдений занимался всегда начальник партии с помощником. Поэтому в дальнейшем будут изложены методы и организация вычислений, применявшиеся в Бюро Генеральной магнитной съемки.

Для вычисления результатов наблюдений по магнитной съемке в БГМС организовывались бригады, в которых обрабатывались наблюдения трех-четырёх партий. В состав бригады входили начальники партий и их помощники, контролер и бригадир, руководивший обработкой. Было принято за правило, что состав партии сам обрабатывал свои наблюдения. Однако это не всегда удавалось. Часть временных работников, приглашавшихся на летний полевой период и осенью возвращавшихся к своим основным занятиям, не могла участвовать в обработке. Поэтому в БГМС существовал постоянный штат вычислителей, который занимался обработкой наблюдений таких партий.

Все вычисления производились в две руки, затем они сверялись контролером и утверждались бригадиром. На бригадире же лежала обязанность утверждать все постоянные и поправки приборов, графики переводных множителей, нуля пункта вертикальных весов. Ему же вменялось в обязанность следить за правильностью обработки, разрешать вопросы, вызывающие сомнение и вести окончательный научный контроль результатов наблюдений. Бригадир, по существу, являлся и воспитателем кадров, так как ему поручалось наблюдение за работой ряда партий с момента организации полевых работ и до конца обработки. Результаты обработанных наблюдений оформлялись в виде таблиц и карт заснятого района. Таблицы и карты сопровождалась текстом — отчетом о полевых работах. Отчет включал в себя краткое описание района работ и его особенностей; описание методов наблюдений, а также и таблицы постоянных и поправок, полученных при проверке приборов и принятых при обработке; описание методики приведения и характеристику точности результатов наблюдений; описание магнитного поля заснятого района. Начиная с 1937 г. каждый начальник партии после окончания обработки докладывал о своей работе на совещании специалистов. После обсуждения работы партии выносилась оценка всей работы и утверждался отчет.

Вычисления производили по  $D$  и  $I$  с точностью до одной десятой минуты ( $0',1$ ), а по  $H$  до  $0,00001$  CGSM. По  $\Delta Z$  вычисления также производились до  $0,00001$  CGSM; нуля пункт весов ( $Z_0$ ) вычисляли до

0,00001 CGSM; когда же на основании  $Z_0$  и  $\Delta Z$  вычисляли абсолютные значения вертикальной силы, то  $\Delta Z$  округляли также до 0,0001 CGSM в соответствии с  $Z_0$ .

В сводных таблицах значений всех элементов координаты пунктов наблюдений  $D$  и  $I$  округляли до целых минут, а значения всех сил до 0,0001 CGSM.

В соответствии с принятой точностью вычислений обработка всех магнитных наблюдений, кроме  $\Delta Z$ , производилась по таблицам пятизначных логарифмов. Все астрономические наблюдения и значения магнитных элементов  $H$ ,  $Z$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $T$  вычисляли по общепринятым логарифмическим формулам.

При вычислении астрономических наблюдений были приняты некоторые упрощения. При вычислении рефракции обычно принимали в расчет только поправку рефракции за температуру; поправка же за изменение давления воздуха не вычислялась, так как она по своей величине в окончательном результате не превышала погрешности наблюдений.

Склонение солнца ( $\delta$ ) и уравнение времени ( $E$ ) принимали общее для всей серии наблюдений, отнесенное к среднему моменту наблюдений. Только в исключительных случаях, когда наблюдение производили продолжительное время, серия наблюдений разбивалась на две группы, для которых  $\delta$  и  $E$  вычислялись отдельно.

Главная задача организации обработки заключалась в стандартизации последней, в связи с чем был принят ряд схем и формул, которыми пользовались в течение всего периода работ. В течение 12 лет съемки вносились изменения и дополнения, облегчающие и ускоряющие процесс вычисления. Помимо таблиц логарифмов, широко пользовались различного рода другими таблицами.

Ниже в табл. 29, 30—I, 30—II, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 приведены схемы, по которым вычислялись астрономические и магнитные наблюдения и примеры этих вычислений.

Серьезной задачей была такая организация обработки, которая обеспечила бы отсутствие ошибок и давала возможность обнаружить, как следствие просчета, неверные ошибочные записи в журналах наблюдений.

Самой радикальной мерой, обеспечивающей отсутствие ошибок вычислительного характера, является вычисление всех материалов наблюдений в две руки, когда одни и те же наблюдения вычисляются параллельно и совершенно независимо друг от друга двумя лицами.

Вычисления так и производили, причем после окончания параллельных вычислений оба экземпляра сверялись между собой и при обнаружении расхождений вносились соответствующие исправления. Если расхождения между первой и второй рукой не превышали по углам  $0',2$  и по силам —  $2\gamma$ , то окончательный результат выводился, как среднее из двух экземпляров вычислений. Если же расхождения превосходили указанные пределы, то после обнаружения ошибки неверное вычисление исправлялось. В результате получали два совершенно одинаковых экземпляра вычислений.

Такая методика была принята для магнитных наблюдений с первого года Генеральной магнитной съемки. Для астрономических наблюдений был принят несколько иной метод контроля. Только в первые годы съемки все астрономические наблюдения вычислялись полностью в две руки. Опыт показал, что такой способ вычислений оказывается чрезвычайно трудоемким и отнимает больше половины всего времени вычислений. Из-за этого вычисления затягивались и нередко бывали случаи, что к наступлению нового полевого периода вычисления наблюдений по некоторым партиям еще не были закончены. Поэтому в дальнейшем обработка астрономических наблюдений во вторую руку производилась в несколько

## Схема вычисления широты по близмеридиональным высотам Солнца

№ 5 Илимпя. август 9 1940 г.

 $\varphi$  прибр. =  $63^{\circ}20'$ Ср. мом. =  $12^{\text{h}}04^{\text{m}}$   
 $\Delta T$  гр.  $\approx -28$  $\delta_0 = +16^{\circ}03',0$   
 $\Delta \delta = -8',4$  $\varphi = Z_0 + \delta$ Ср. грин. вр. =  $11^{\text{h}}36^{\text{m}}$  ( $11^{\text{h}},6$ ) $\delta = +15^{\circ}54',6$ Ср.  $z_0 = 47^{\circ}24',9$   
 $\delta = 15^{\circ}54',6$   
 $\varphi = 63^{\circ}19',5$ попр. к ист. вр. =  $-4^{\text{m}}30^{\text{s}}$   $t^{\circ} = 20^{\circ}$  мз =  $109^{\circ}07',2$ 

Партия Л. С. Банухина

	$R_{\odot}$	$R_{\ominus}$	$L_{\odot}$	$L_{\ominus}$	$L_{\odot}$	$L_{\ominus}$	$R_{\ominus}$	$R_{\odot}$
Верг. круг . . .	$61^{\circ}59',0$	$61^{\circ}27',5$	$156^{\circ}47',5$	$156^{\circ}15',5$	$156^{\circ}15',5$	$156^{\circ}47',0$	$61^{\circ}28',0$	$61^{\circ}59',0$
Уровень . . .	0,0	0,0	+0,4	+0,4	+0,4	+0,4	0,0	0,0
Испр. отсчет . .	61 59,0	61 27,5	156 47,9	156 15,9	156 15,9	156 47,4	61 28,0	61 59,0
$Z'$ . . . . .	47.08,2	47 39,7	47 40,7	47 08,7	47 08,7	47 40,2	47 39,2	47 08,2
Рефр.-пар. . . .	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$R_{\odot}$ . . . . .	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8
$z$ . . . . .	47 24,9	47 24,8	47 25,8	47 25,4	47 25,4	47 25,3	47 24,3	47 24,9
Хронометр . . .	$11^{\text{h}}59^{\text{m}}53^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}00^{\text{m}}49^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}02^{\text{m}}20^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}03^{\text{m}}31^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}04^{\text{m}}38^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}05^{\text{m}}37^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}07^{\text{m}}03^{\text{s}}$	$12^{\text{h}}08^{\text{m}}20^{\text{s}}$
Ист. время . . .	11 55 23	11 56 19	11 57 50	11 59 01	12 00 08	12 01 07	12 02 33	12 03 50
Час. угол . . .	4 37	3 41	2 10	0 59	0 08	1 07	2 33	3 50
Редукция . . .	0',4	0',3	0',2	0',1	0',0	0',1	0',2	0',3
$z_0$ . . . . .	$47^{\circ}24',5$	$47^{\circ}24',5$	$47^{\circ}25',6$	$47^{\circ}25',3$	$47^{\circ}25',4$	$47^{\circ}25',2$	$47^{\circ}24',1$	$47^{\circ}24',6$
		$47^{\circ}24',5$		$47^{\circ}25',4$		$47^{\circ}25',3$		$47^{\circ}24',4$
				Среднее $L$ $47^{\circ}25',4$				
								24'9
								$R$ $47^{\circ}24',4$

## Схема вычисления широты по методу Сомнера (II)

№ 2 (1) июль 13 1941 г.

$$\varphi = 70^{\circ}57',0$$

$$\lambda = 94^{\circ}56',0$$

$$\text{Ср. м.} = 12^{\text{h}}03^{\text{m}}$$

$$\Delta T_{\text{гр}} = - 3^{\text{m}}10$$

$$\delta_0 = 21^{\circ}52',6$$

$$\Delta \delta = 0,3$$

$$\text{Ср. гр. вр.} = 8^{\text{h}}53^{\text{m}}$$

$$\delta = 21^{\circ}52',3$$

$$\eta = 5^{\text{m}}32^{\text{s}}$$

$$T' = 12^{\text{h}}02^{\text{m}}42^{\text{s}}$$

$$\Delta T_{\text{ист}} = 3^{\text{m}}04^{\text{s}}34$$

$$15^{\text{h}}07^{\text{m}}16^{\text{s}}$$

$$t^{\circ} = 24^{\circ},0$$

$$\text{мз} = 181^{\circ}30',0$$

$$t' = 46^{\circ}49',0$$

Партия А. Ф. Першукевича

	$L_{\odot}$	$L_{\ominus}$	$R_{\ominus}$	$R_{\odot}$	$R_{\odot}$	$R_{\ominus}$	$L_{\ominus}$	$L_{\odot}$
Отсчет круга	236°44',5	237°20',5	125°30',0	125°35',0	125°32',0	124°51',5	238°09',5	237°38',5
$z'$	55 14,5	55 50,5	56 00,0	55 55,0	55 58,0	56 38,5	56 39,5	56 08,5
рефр. —	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
пар.								
$R_{\odot}$	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8
$z$	55 31,5	55 35,9	55 45,4	56 12,0	56 15,0	56 23,9	56 24,9	56 25,5

$$z_{\text{ист}} = 56^{\circ}04',2$$

$$h = 33^{\circ}55',8 > h_{\text{табл.}} = 21^{\circ}$$

$$\lg \sin \varphi_c = 9,97554$$

$$\lg \sin \delta = 9,57116$$

$$\lg a = 9,54670$$

$$\lg \cos \varphi_c = 9,51374$$

$$\lg \cos \delta = 9,96755$$

$$\lg \cos t = 9,83527$$

$$\lg b = 9,31656$$

$$\lg \sin t = 9,86283$$

$$\lg \sin z_c = 9,91893$$

$$\lg \sec \delta = 0,03245$$

$$\lg \sin A' = 9,81421$$

$$A' = 40^{\circ}41',5 \text{ SW}$$

$$0,35212$$

$$0,20728$$

$$\lg a - \lg b = 0,55940$$

$$\lg \cos z_c = 9,74772$$

$$z_c = 55^{\circ}59',2$$

$$\Delta z = + 5',0$$

Схема вычисления широты по методу Сомнера (II)

№ 2 (II) июль 13 1941 г.

$\varphi = 70^{\circ}57',0$   
 $\lambda = 94^{\circ}56',0$   
 Ср. м. =  $16^h 21^m$   
 $\Delta T_{гр} = 3 10$   
 Ср. гр. вр. =  $13^h 11^m$   
 $\delta_0 = 21^{\circ}51',2$   
 $\Delta \delta = 0,4$   
 $\delta = 21^{\circ}50',8$   
 $\gamma_1 = + 5^m 33^s$   
 $T'' = 16^h 20^m 44^s$   
 $\Delta T''_{уст} = 3 04 33$   
 $19^h 25^m 17^s$   
 $t = 20^{\circ},0$   
 $mз = 181^{\circ}30',0$   
 $t'' = 111^{\circ}19',2$

Партия А. Ф. Першукевича

	$L \odot$	$L \ominus$	$R \ominus$	$R \odot$	$R \odot$	$R \ominus$	$L \ominus$	$L \odot$
Отсчет круга	256°56',5	257°34',5	105°21',5	105°50',5	105°45',5	105°10',0	257°55',0	257°25',5
$z'$	75 26,5	76 04,5	76 08,5	75 39,5	75 44,5	76 20,0	76 25,0	75 55,5
рефр. —	3,4	3,5	3,5	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5
пар. $R_{\odot}$	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8
$z$	75 45,7	52,2	56,2	58,7	76 03,7	07,8	12,9	14,8

$z = 76^{\circ}01',5$

$h = 13 58,5 < h \text{ табл.} = 23^{\circ},5$

$\lg \sin \varphi_c = 9,97554$      $\lg \cos \varphi_c = 9,51374$      $\lg \sin t = 9,96921$      $0,35174$   
 $\lg \sin \delta = 9,57069$      $\lg \cos \delta = 9,96763$      $\lg \sin z_c = 9,98696$      $0,11014$   
 $\lg a = 9,54623$      $\lg \cos t = 9,56059 (n)$      $\lg \sec \delta = 0,03237$   
 $\lg b = 9,04196 (n)$      $\lg \sin A'' = 9,98854$      $\lg a - \lg b = 0,24160$   
 $A' = 76^{\circ}54' \text{ NW}$      $\lg \cos z_c = 9,38310$   
 $z_c = 76^{\circ}01',1$   
 $\Delta z = +0',4$

$A' = 40^{\circ},7 \text{ SW}$

$A'' = 76^{\circ},9 \text{ NW}$

$\Delta z' = +5',0$

$\Delta z'' = 0,4$

$\Delta \varphi = 5',1$

$\varphi_{cr} = 70^{\circ}57',0$

$\varphi_{обс} = 71^{\circ}02',1$

$\Delta T \cos \varphi_{cr} = +1',7$

$\Delta T = +21^s$

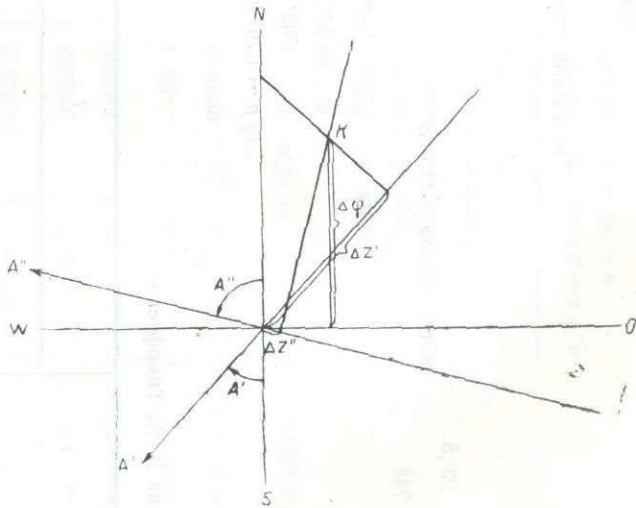


Рис. 9. Сомнеровы линии для графического определения величин  $\Delta \varphi$  и  $\Delta T \cos \varphi_{cr}$ .

Схема вычисления широты по Полярной

По полной формуле  $\varphi = 99^\circ - (z + p \cos t) + \frac{1}{2} p^2 \sin^2 t \operatorname{ctg} z \sin 1'$

31/VII 1935 г.

$t^\circ = 23^\circ,5$   
 $B = 748$

Место зенита =  $113^\circ 33'$

$\alpha = 1^h 40^m 12^s$   
 $\delta = 88^\circ 57',2$   
 $p = 1^\circ 02',8 = 62',8$   
 $\lg p = 1,79796$

$\Delta T_{\text{гр}} = + 2^m 36^s$   
 $\Delta T_{\text{гр}}^\mu = 0,43$   
 $S_0 = 20^h 30^m 45^s$   
 $\lambda = 5 \ 28 \ 13$

$\Delta T_s = 26^h 01^m 34^s,4 (2^h 01^m 34^s)$

Партия З. А. Тимофеевой

	R	R	L	L	L	L	R	R
Отсчет круга	158°17',5	158°17',5	68°49',5	68°50',0	68°50',0	68°51',0	158°12',5	158°11',0
Уровень	-0,2	-0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	-0,4	-0,8
Исправл. отсчет	158 17,3	158 17,3	68 50,3	68 50,8	68 50,8	68 51,8	155 12,1	158 10,2
$z'$	44 44,3	44 44,3	44 42,7	44 42,2	44 51,7	44 41,2	44 39,1	44 37,2
Рефракция	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$z$	44 45,2	44 45,2	44 43,6	44 43,1	44 42,6	44 42,1	44 40,0	44 38,1
$T$	15 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	15 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	15 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>
$\mu T$	02 35	02 36	02 38	02 38	02 38	02 39	02 39	02 41
$\Delta T_s$	2 01 34	2 01 34	2 01 34	2 01 34	2 01 34	2 01 34	2 01 34	2 01 34
$S$	17 50 34	17 52 30	18 03 07	18 04 27	18 07 32	18 09 04	18 12 52	18 21 50
$t = S - \alpha$	16 10 22	16 12 18	16 22 55	16 24 15	16 27 20	16 28 51	16 32 40	16 41 38
$24^h - t$	7 49 38	7 47 42	7 37 05	7 35 45	7 32 40	7 31 09	7 27 20	7 18 22
$t^\circ$	117°24',5	116°55',5	114°16',2	113°56',2	113°10',0	112°47',2	111°50',0	109°35',5
$\lg \cos t$	9,66307	9,65593	9,61388	9,60824	9,59484	9,58805	9,57044	9,52545(n)
$\lg p \cos t$	1,46103	1,45389	1,41184	1,40620	1,39280	1,38601	1,36340	1,32341(n)
$p \cos t$	-28',9	-28',4	-25',8	-25',5	-24',7	-24',3	-23',4	-21',1
$z + p \cos t$	44°16',3	44°16',8	44°17',8	44°17',6	44°17',7	44°17',8	44°16',6	44°17',0
Среднее	44°16',6		44°17',7		44°17',8		44°16',8	

Среднее  $R = 44^\circ 16',7$   
 $L = 44 \ 17,8$

Среднее =  $44^\circ 17',2$   
 $- m = - 0,5$

$a = z + p \cos t - m = 44^\circ 16',7$   
 $\varphi = 90^\circ - a = 45^\circ 43',3$

Среднее  $t = 16^h 26^m (7^h 34^m)$   
 $z = 44^\circ 41',6$

$\lg \sin t = 9,9625$

$2 \lg \sin t = 9,925$

$2 \lg p = 3,596$

$\lg \operatorname{ctg} z = 0,005$

$\lg \sin 1' = 6,464$

$\lg 0,5 = 9,699$

$\lg m = 9,689$

$m = 0',49$

Схема вычисления поправки хронометра по зенитным расстояниям солнца

Таблица 32

№ 50. Федосеевка, 31/VIII 1935 г., „Комбайн“ № 33

$\varphi = 47^{\circ}10',4$   
 $\lambda = 37^{\circ}42',8$

Средний момент =  $6^{\text{h}}31^{\text{m}}$   
 $\Delta T_{\text{гр}} = -1\ 54$

$\delta_0 = 9^{\circ}04',8''$   
 $\Delta\delta = 04',7$

$E = -0^{\text{m}}39^{\text{s}},0$   
 $\Delta E = +3',5$

$\varphi - \delta = 38^{\circ}10',4$   
 $\frac{\varphi - \delta}{2} = 19\ 05',2$

Среднее гринвичское время  $4^{\text{h}}37^{\text{m}}(4^{\text{h}},6)$  $\delta = 9^{\circ}00',0$  $E = -0^{\text{m}}35^{\text{s}},5$  $t^{\circ} = 19^{\circ},2$ ; место зенита =  $179^{\circ}53'$  $\lg \sec \varphi = 0,16763$  $\lg \sec \delta = 0,00538$ 

Сумма = 0,17301

Партия Б. С. Рубинсона

	$L\bar{\odot}$	$L\odot$	$R\odot$	$R\bar{\odot}$	$R\odot$	$R\bar{\odot}$	$L\odot$	$L\bar{\odot}$
Отсчет круга	253°20',5	252°19',0	108°05',2	107°56',2	108°14',8	108°59',8	250°25',8	250°37',5
Уровень	0,0	0,0	-0,4	-0,2	-0,6	-0,3	0,2	0,0
Исправленный отсчет	253 20,5	252 19,0	108 04,8	107 56,0	108 14,2	108 59,5	250 26,0	250 37,5
$z'$	73 21,5	72 26,0	71 48,2	71 57,0	71 38,8	70 53,5	70 33,0	70 44,5
Рефракция—параллакс	3,0	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,6
$R_{\odot}$	-15,8	15,8	15,8	-15,8	-15,8	15,8	15,8	-15,8
$z'$	73 14,7	72 44,6	72 06,7	71 43,9	71 25,7	71 11,9	70 51,3	70 31,3
$\frac{z}{2}$	36 37,4	36 22,3	36 03,4	35 52,0	35 42,8	35 36,0	35 25,6	35 15,6
$\frac{z}{2} + \frac{\varphi - \delta}{2}$	55 42,6	55 27,5	55 08,6	54 57,2	54 48,0	54 41,2	54 30,8	54 20,8
$\frac{z}{2} - \frac{\varphi - \delta}{2}$	17 32,2	17 17,1	16 58,2	16 46,8	16 37,6	16 30,8	16 20,4	16 10,4
$\lg \sin \frac{z + (\varphi - \delta)}{2}$	9,91708	9,91578	9,91412	9,91312	9,91230	9,91169	9,91076	9,90985
$\lg \sin \frac{z - (\varphi - \delta)}{2}$	9,47902	9,47294	9,46519	9,46045	9,45657	9,45368	9,44922	9,44490
$\lg (\sec \varphi \sec \delta)$	0,17301	0,17301	0,17301	0,17301	0,17301	0,17301	0,17301	0,17301
$\lg \sin^2 \frac{t}{2}$	9,56911	9,56173	9,55232	9,54658	9,54188	9,53838	9,53299	9,52776
$t$	$6^{\text{h}}59^{\text{m}}55^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}02^{\text{m}}55^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}06^{\text{m}}37^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}08^{\text{m}}51^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}10^{\text{m}}41^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}12^{\text{m}}01^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}14^{\text{m}}05^{\text{s}}$	$7^{\text{h}}16^{\text{m}}03^{\text{s}}$
Хронометр	6 23 10	6 26 03	6 26 51	6 32 06	6 34 58	6 35 19	6 37 18	7 39 17
$\Delta T_{\text{ист}}$	0 36 45	36 50	36 46	36 45	36 43	36 42	36 47	36 46
Среднее		$36^{\text{m}}47^{\text{s}},5$		$36^{\text{m}}45^{\text{s}},5$		$36^{\text{m}}42^{\text{s}},5$		$36^{\text{m}}46^{\text{s}},5$
			$36^{\text{m}}46^{\text{s}},5$			$36^{\text{m}}44^{\text{s}},5$		

$$\Delta T_{\text{ист}} = +0^{\text{h}}36^{\text{m}}45^{\text{s}},5$$

$$- E = 0\ 00\ 35,5$$

$$\Delta T_{\text{мест}} = 0^{\text{h}}37^{\text{m}}21^{\text{s}}$$

$$- \lambda = -2\ 30\ 51$$

$$\Delta T_{\text{гр}} = -1^{\text{h}}53^{\text{m}}30^{\text{s}}$$

## Схема вычисления широты по Полярной

Таблица 33

(по таблицам ежегодника)

№ 22

$\lambda = 82^{\circ}03',2$

$t^{\circ} = 23^{\circ},5$

$B = 748$

31/VII 1938 г.

Место зенита =  $113^{\circ}33'$ 

$\Delta T_{\text{гp}} = + 2^{\text{m}}36^{\text{s}}$

$\Delta T_{\text{гp}\mu} = 00\ 43$

$S_0 = 20^{\text{h}}30\ 45$

$\lambda = 5\ 28\ 13$

$\Delta T^{\text{s}} = 26^{\text{h}}01^{\text{m}}34^{\text{s}},43\ (2^{\text{h}}01^{\text{m}}34^{\text{s}})$

Партия Э. А. Тимофеевой

	R	R	L	L	L	L	R	R
Отсчет круга	158°17',5	158°17,5	68°49',5	68°50',0	68 50 ,5	68°51',0	158°12',5	158°11',0
Уровень	-0,2	-0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	-0,4	-0,8
Исправленный отсчет	158 17,3	158 17,3	68 50,3	68 50,8	68 51,3	68 51,8	158 12,1	158 10,2
$z'$	44 44,3	44 44,3	44 42,7	44 42,2	44 41,7	44 41,2	44 39,1	44 37,2
Рефракция	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$z$	44 45,2	44 45,2	44 43,6	44 43,1	44 42,6	44 42,1	44 40,0	44 38,1
		R			L			
		Среднее $z$	44°42',1		Среднее	44°42',8		
		$h$	45 17,9			45 17,2		
		$T$	16 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>			16 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>		
		$\mu T$	02 38			02 38		
		$\Delta T_s$	2 01 34			2 01 34		
		$S_{\mu}$	18 04 42			18 05 02		
		I	0°25',28"			0°25',23"		
		II	00,31			00,31		
		III	- 2			- 2		
		$\varphi$	0 25,57			0 25,52		
			45 43,9			45 43,1		
				$\varphi = 45^{\circ}43',5$				

Схема вычисления азимута миры по часовому углу

Таблица 34

№ 26. Анадырь, рыбкомбинат

сентябрь 6 1940 г.

$$\begin{aligned} \delta &= 64^{\circ}47',7 \\ \delta &= 6^{\circ}15',9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ср. мом.} &= 20^{\text{h}}45^{\text{m}} \\ \Delta T_{\text{гр}} &= 00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_0 &= 6^{\circ}12'53'' \\ \Delta\delta &= +3\ 00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z &= 68^{\circ}16' \\ R_{\odot} \text{ csc } z &= 17',1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi + \delta &= 71^{\circ}03',6 \\ \varphi - \delta &= 58\ 31,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ср. гр. вр.} &= 20^{\text{h}}45^{\text{m}} \\ \eta_0 &= -1^{\text{m}}31^{\text{s}} \\ \Delta\eta &= -3 \end{aligned}$$

$$\delta = 6^{\circ}15'53'' \quad (6^{\circ}15',9)$$

$$\frac{\varphi + \delta}{2} = 35\ 31,8$$

$$\begin{aligned} \eta &= -1^{\text{m}}34^{\text{s}} \\ \Delta\eta &= -3 \end{aligned}$$

$$\lg \sin \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,76427$$

$$\lg \cos \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,91053$$

$$\frac{\varphi - \delta}{2} = 29\ 15,9$$

$$\eta = -1^{\text{m}}34^{\text{s}}$$

$$\lg \cos \frac{\varphi - \delta}{2} = 9,94070$$

$$\lg \sin \frac{\varphi - \delta}{2} = 9,68918$$

Партия Н. Е. Попкова

$$\Delta T_{\text{ист}} = 11^{\text{h}}53^{\text{m}}28^{\text{s}}$$

9,82357

0,22135

	$L \odot$	$L \ominus$	$R \odot$	$R \ominus$	$R \odot$	$R \ominus$	$L \odot$	$L \ominus$
Хрон.	20 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,2	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> ,5	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> ,5	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,0	20 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> ,0	20 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,5	20 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,0	20 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,0
Ист. вр.	8 35 54,0	8 36 35,5	8 38 35,5	8 39 05,0	8 39 37,0	8 40 06,5	8 41 20,0	8 42 00,0
$t^{\text{h}}$	3 24 06,0	3 23 24,5	3 21 24,5	3 20 55,0	3 20 23,0	3 19 53,5	3 18 40,0	3 18 00,0
$t^{\circ}$	51°01',5	50°51',1	50 21',1	50°13',8	50°05',8	49°58',4	49°40',0	49°30',0
$\frac{t}{2}$	25 30,8	25 25,6	25 10,6	25 06,9	25 02,9	24 59,2	24 50,0	24 45,0
$\lg \operatorname{tg} \frac{t}{2}$	9,67876	9,67706	9,67216	9,67095	9,66963	9,66841	9,66537	9,66371
$\lg \operatorname{tg} \frac{a-q}{2}$	9,50233	9,50063	9,49573	9,49452	9,49320	9,49198	9,48894	9,48728
$\lg \operatorname{tg} \frac{a+q}{2}$	9,90011	9,89841	9,89351	9,89230	9,89098	9,88976	9,88672	9,88506
$\frac{a-q}{2}$	17°38',2	17°34',3	17°23',3	17°20',5	17°17',5	17°14',8	17°08',0	17°04',3
$\frac{a+q}{2}$	38 28,0	38 21,5	38 02,7	37 58,0	37 53,0	37 48,3	37 36,7	37 30,3
$a$	56 06,2	55 55,8	55 26,0	55 18,5	55 10,5	55 03,1	54 44,7	54 34,6
Гор. круг	148 18,9	149 05,0	329 43,0	329 15,0	329 32,5	330 06,5	150 15,5	149 51,0
$R_{\odot} \text{ csc } z$	+17,1	-17,1	-17,1	+17,1	+17,1	-17,1	-17,1	+17,1
Испр. отчет	148 35,1	148 47,9	149 25,9	149 32,1	149 39,6	149 49,4	149 58,4	150 08,1
Место S	204 41,3	204 43,7	204 51,9	204 50,6	204 50,1	204 52,5	204 43,1	204 42,7
	204°42',5		204°51',2		204°51',3		204°42',9	

$$\text{Ср. } R = 204^{\circ}51',2$$

$$\text{Ср. } L = 204\ 42,7$$

$$\text{Ср. место } S = 204^{\circ}47',2$$

$$\text{мира} = 213^{\circ}27',1$$

$$\text{азимут миры} = 8^{\circ}40',2 \text{ от } S \text{ к } W$$

Схема I вычислений азимута по Полярной

№ 9 Пончозеро, 5/IV 1934 г.

$\varphi = 66^{\circ}53',8$   
 $\lambda = 34^{\circ}22',3$   
 $\varphi + \delta = 155^{\circ}51',0$   
 $\varphi - \delta = 22^{\circ}03',4$   
 $\frac{\varphi + \delta}{2} = 77^{\circ}55',5$   
 $\frac{\varphi - \delta}{2} = 11^{\circ}01',7$

$\delta = 88^{\circ}57',2$   
 $\Delta T_{гр} = 1^h 02^m 16^s$   
 $\Delta T_{гр}^{\mu} = 10,1$   
 $\lambda = 2^h 17^m 29,2$   
 $S_0 = 12^h 50^m 25,5$   
 $-\alpha = -1^h 37^m 40,7$   


---

 $14^h 32^m 31,1$   
 $\sim 14^h 32^m 31^s$

$\lg \sin \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,99028$   
 $\lg \cos \frac{\varphi - \delta}{2} = \frac{9,99191}{9,99837}$   
 $\lg \cos \frac{\varphi + \delta}{2} = 9,32054$   
 $\lg \sin \frac{\varphi - \delta}{2} = \frac{9,28171(n)}{0,03883(n)}$

Партия Н. Д. Медведева

	R	R	L	L	L	L	R	R
Хронометр T	18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup>	31 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	51 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	54 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	58 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	08 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	12 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>
$\mu T$	32,2	32,6	35,8	36,3	36,9	37,7	38,7	39,3
$t^h$	9 04 41	9 06 58	9 26 39	9 30 22	9 33 48	9 38 24	9 44 24	9 47 58
$\frac{t^h}{2}$	4 32 21	4 33 29	4 43 20	4 45 11	4 46 54	4 49 12	4 52 12	4 53 59
$\lg \operatorname{tg} \frac{t}{2}$	0,39550	0,40174	0,45892	0,47036	0,48119	0,49602	0,51604	0,52825
$\lg \operatorname{tg} \frac{A-q}{2}$	0,39387	0,40011	0,45729	0,46873	0,47956	0,49439	0,51441	0,52662
$\lg \operatorname{tg} \frac{A+q}{2}$	0,43433	0,44057	0,49775	0,50915	0,52002	0,53485	0,55488	0,56708(n)
$\frac{A-q}{2}$	68°0',7	68°17',8	70°45',9	71°13',8	71°39',7	72°14',2	72°59',5	73°26',2
$\frac{A+q}{2}$	-69 48,2	-70 04,2	-72 21,9	-72 47,8	-73 11,8	-73 43,8	-74 25,7	-74 50,3
A	-1 47,5	-1 46,4	-1 36,0	-1 34,0	-1 32,1	-1 29,6	-1 26,2	-1 24,1
Испр. отчет	88°38',5	88°39',5	268°18',5	268°20',8	268°22',1	268°24',8	89°00',0	89°01',5
Место N	90 26,0	90 25,9	89 54,5	89 54,8	89 54,1	89 54,4	90 26,2	90 25,6
Среднее	90°26',0		89°54',6		89°54',2		90°25',9	

Среднее R = 90°26',0  
 L = 89 54,4

Среднее N = 90°10',2  
 Место S = 270 10,2  
 Мира = 308 26,8

Азимуты мира = 38°16',6 от S к W

$$\operatorname{tg} \frac{A-q}{2} = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\cos \frac{\varphi - \delta}{2}} \operatorname{tg} \frac{t}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A+q}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi - \delta}{2}} \operatorname{tg} \frac{t}{2}$$

## Схема вычисления азимута мира по зенитным расстояниям Солнца

№ 1 Каменец-Подольск

июнь 3 1938 г.

$\varphi = 48^{\circ}40',6$

Ср. м. =  $18^{\text{h}}23^{\text{m}}$

$\delta_0 = 22^{\circ}12'12''$

$\lambda = 26\ 34,6$

$\Delta T$  грин. =  $-3\ 00$

$\Delta\delta = 4\ 58$

Ср. грин.  $T = 15^{\text{h}}23^{\text{m}}(15^{\text{h}},4)$

$\delta = 22\ 17\ 10$

$t^{\circ} = 28^{\circ},0$

$\varphi + \delta = 70^{\circ}57',8$

мз =  $179^{\circ}42',8$

$\frac{\varphi + \delta}{2} = 35^{\circ}28',9$

$\eta_0 = -2^{\text{m}}11^{\text{s}}$

$\lg \sec \varphi = 0,18025$

$\Delta\eta = +6$

$\lg \sec \delta = 0,03372$

$\eta = -2^{\text{m}}05^{\text{s}}$

сумма =  $0,21397$

Партия К. В. Мартыновой

	$L \odot$	$L \ominus$	$R \odot$	$R \ominus$	$R \odot$	$R \ominus$	$L \odot$	$L \ominus$
Верг. круг	244°06',0	244°53',5	114°11',0	114°29',0	114°14',5	113°26',0	246°15',5	246°00',5
$z'$	64 23,2	65 10,7	65 31,8	65 13,8	65 28,3	66 16,8	66 32,7	66 17,7
Рефр.—пар.	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
$R$	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8	+15,8	-15,8	-15,8	+15,8
$z$	64°40',8	64°56',8	65°17',8	65°31',5	65°46',0	66°03',0	66°18',9	66°35',5
$\frac{z}{2}$	32 20,4	32 28,4	32 38,9	32 45,8	32 53,0	33 01,5	33 09,4	33 17,8
$S$	67 49,3	67 57,3	68 07,8	68 14,7	68 21,9	68 30,4	68 38,3	68 46,7
$S - \delta$	45 32,1	45 40,1	45 50,6	45 57,5	46 04,7	46 13,2	46 21,1	46 29,5
$S - \varphi$	19 08,7	19 16,7	19 27,2	19 34,1	19 41,3	19 49,8	19 57,7	20 06,1
$\lg \cos S$	9,57691	9,57442	9,57112	9,56895	9,56666	9,56395	9,56140	9,55868
$\lg \operatorname{cosec} z$	0,04386	0,04291	0,04168	0,04089	0,04006	0,03910	0,03822	0,03730
$\lg \sin(S - \delta)$	9,85350	9,85449	9,85578	9,85663	9,85750	9,85854	9,85949	9,86050
$\lg \sin^2 \frac{a}{2}$	9,65452	9,65207	9,64883	9,64672	9,64447	9,64184	9,63936	9,63673
$\lg \sin(S - \varphi)$	9,51582	9,51872	9,52249	9,52496	9,52751	9,53049	9,53326	9,53617
$\lg \sin^2 \frac{t}{2}$	9,58329	9,58718	9,59224	9,59556	9,59886	9,60300	9,60672	9,61064
$t$	$17^{\text{h}}05^{\text{m}}54^{\text{s}}$	$07^{\text{m}}32^{\text{s}}$	$09^{\text{m}}39^{\text{s}}$	$11^{\text{m}}04^{\text{s}}$	$12^{\text{m}}29^{\text{s}}$	$14^{\text{m}}16^{\text{s}}$	$15^{\text{m}}52^{\text{s}}$	$17^{\text{m}}35^{\text{s}}$
Хронометр	18 17 06	18 39	20 28	22 10	23 35	25 07	27 01	28 37
$\Delta T$ ист.	-1 11 12	11 07	10 49	11 06	11 06	10 51	11 09	11 02
	10	15	58		58		06	
Гор. круг	195°00',0	195°51',5	15°46',5	16°38',0	16°55',0	16°37',0	197°22',0	197°03',5
$R \operatorname{cosec} z$	+17,5	-17,4	+17,4	-17,4	-17,3	+17,3	-17,3	+17,2
Испр. отсчет	195°17',5	195°34',1	16 03,9	16 20,6	16 37,7	16 54,3	197 04,7	197 20,7
$a$	84 25,0	84 07,5	83 44,5	83 29,5	83 13,6	82 55,2	82 37,9	82 19,6
$MS$	99 42,5	99 41,6	99 48,4	99 50,1	99 51,3	99 49,5	99 42,6	99 40,3
	42,0		49,2		50,4		41,4	

Средн.  $R = 99^{\circ}49',8$

$\Delta T$  ист. =  $-1^{\text{h}}11^{\text{m}}02^{\text{s}}$

Средн.  $L = 99^{\circ}41',7$

$\eta = -02\ 05$

Средн. место  $S = 99^{\circ}45',8$

$\Delta T$  мест =  $-1\ 13\ 07$

Мира  $299^{\circ}17',1$

$-\lambda = -1\ 46\ 18$

Аз. мира  $199^{\circ}31',3$  от  $S$  к  $W$

$\Delta T$  грин. =  $-2^{\text{h}}59^{\text{m}}25^{\text{s}}$

$$\sin^2 \frac{t}{2} = \sin \frac{z + (\varphi - \delta)}{2} \sin \frac{z - (\varphi - \delta)}{2} \sec \varphi \sec \delta$$

$$\sin^2 \frac{a}{2} = \sec \varphi \cos S \operatorname{cosec} z \sin(S - \delta)$$

## Схема II вычисления азимута по Полярной

№ 9. Пончозеро, 5/IV 1934 г. Наблюдатель Н. Д. Медведев

$\varphi = 66^{\circ}53',8$

$\lambda = 34\ 22,3$

$\Delta T_{\text{гр}} = 1^{\text{h}}02^{\text{m}}16^{\text{s}},0$

$\lg \sin \varphi = 9,96359$

$\Delta T_{\text{гр}}^{\mu} \quad 10,1$

$\lambda = 2\ 17\ 29,2$

$S_0 = 12\ 50\ 25,5$

$-\alpha = -1\ 37\ 49,7$

$\delta = 88^{\circ}57',2$

$\alpha = 1^{\text{h}}37^{\text{m}}49^{\text{s}},7$

$\lg \cos \varphi = 9,59372$

$\lg \operatorname{tg} \delta = 1,73828$

$\Sigma = 1,33200$

$14^{\text{h}}32^{\text{m}}31^{\text{s}},1 \approx 14^{\text{h}}32^{\text{m}}31^{\text{s}}$

	R	R	L	L	L	L	R	R
Хронометр T	18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup>	31 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	51 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	54 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	58 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	08 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	12 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>
$\mu T$	32	33	36	36	37	38	39	39
t <sup>h</sup>	9 04 41	9 06 58	9 26 39	9 30 22	8 33 48	9 38 24	9 44 24	9 47 58
$\lg \operatorname{ctg} t$	0,01781	0,02642	0,10192	0,11646	0,13000	0,14834	0,17265	0,18734 (n)
$\lg \sin t$	9,84040	9,83587	9,79259	9,78354	9,77490	9,76289	9,74644	9,73620
$\lg \sin \varphi \operatorname{ctg} t (\lg b)$	9,98140	9,99001	0,06553	0,08005	0,09359	0,11193	0,13624	0,15093 (n)
$\lg \frac{\cos \varphi \operatorname{tg} \delta}{\sin t} (\lg a)$	1,49160	1,49613	1,53941	1,54846	1,55710	1,56911	1,58556	1,59580 (n)
$+\alpha$	0,01320	0,01334	0,01434	0,01452	0,01468	0,01490	0,01518	0,01532
$\lg \operatorname{ctg} A$	1,50480	1,50947	1,55375	1,56298	1,57178	1,58401	1,60074	1,61112 (n)
$\lg a - \lg b$	1,51020	1,50612	1,47388	1,46841	1,46351	1,45718	1,44932	1,44487
A	-1°47',5	-1°46',4	-1°36',0	-1°34',0	-1°32',1	-1°29',6	-1°26',2	-1°24',1
Горизонтальный круг	88 38,5	88 39,5	268 18,5	268 20,8	268 22,0	268 54,8	89 00,0	89 01,5
Место N	90 26,0	90 25,9	89 54,5	89 54,8	89 54,1	89 54,4	90 26,2	90 25,6
Среднее	90°26',0		89°54',6		89°54',2		90°25',9	
					Среднее R		90°26',0	
					L		89 54,4	
					Место N		90 10,2	
					Место S		270 10,2	
					Мира		308 26,8	
					Азимут мира 38°16',6 от S к W			

$$\operatorname{ctg} A = \sin \varphi \operatorname{ctg} t - \frac{\cos \varphi \operatorname{tg} \delta}{\sin t}$$

## Схема вычисления магнитного склонения

Поправка прибора = +0' 9

Партия Л. И. Пионтковского, 1939 г.

№	Название пункта	Дата	Время по хроном.	Среднее гринвичское время	Астрономический азимут мира	Магнитный азимут мира	$D_{\text{набл}}$	$D_{\text{испр}}$
4	Долоново	25/VII	17 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	9 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	67°31',0	65°57',6	1°33',4	1°34',3
		25/VII	18 17	10 16	67 31,0	65 54,9	1 36,1	1 37,0

Таблица 39

## Схема вычисления горизонтальной силы по методу Гаусса—Ламона

 $2\sigma = 0,000025$ ;  $3m = 0,000054$ ;  $C = 0,44080$ ;  $\gamma = 0,01239$ ;  $\frac{\gamma}{2} = 0,00620$ ;  $\mu = 0,00058$ 

№	Название	Дата	Время наблюдений		$T$	$t$	$\Delta'$
25	Синеевка	26/VII	15 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> — 16 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>		3 <sup>s</sup> ,2738	26°,2	18,2
$\theta$	$\tau$	$s$	$t - \tau$	$\frac{\mu + 2\sigma}{2}(t - \tau)$	$\frac{3m - 2\sigma}{2}\tau$	$\frac{\gamma}{2}H$	
30°41',4	26°,2	7 <sup>s</sup>	0,0	0	0,00037	0,00117	
$\frac{\gamma}{2}H \sin \theta$	$\frac{a}{2}\Delta'$	$bs$	[...]	$\lg T$	$\frac{1}{2}\lg \sin \theta$	$\lg T + \lg \sin \theta$	
0,00061	0,00042	0,00008	0,99735	0,51505	9,85395	0,36900	
$\lg C$	$\lg [\dots]$	$\lg C + \lg [\dots]$	$\lg H_{\text{прибл}}$	$H_{\text{прибл}}$	$\lg H$	$H$	
9,64424	9,99885	9,64309	9,27524	0,18847	9,27409	0,18797	
$t + \tau$	$\frac{\mu + 2\sigma}{2}(t + \tau)$	[...]	$\lg [\dots]$	$\frac{\lg [\dots] + \frac{1}{2}\lg \sin \theta}{+}$	$\lg \frac{M_0}{B}$	$\frac{M_0}{B}$	
52°,4	0,01572	1,01503	0,00648	9,86043	9,34538	0,22150	

Схема вычисления горизонтальной силы (электрический метод)

№	Название пункта	Дата	Время по хроно.	Среднее гриничское время	$\theta$
2	Щучье I эл. . . . . " II эл. . . . .	12/VI	4 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 4 30	0 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 0 50	55°10',4 55 10,7
$t^\circ$	$C_t$	$\lg C_t$	$\lg \sin \theta$	$\lg H$	$H$
21°,8 21,2	0,14152 0,14153	9,15083 9,15084	9,91428 9,91431	9,23655 9,23653	0,17240 0,17240

Таблица 41

Схема вычисления горизонтальной силы (метод отклонений)

№	Название пункта	Дата	Время по хроно.	Среднее гриничское время	$\theta$	
3	Кего (Архангельск) . . . . . " " . . . . .	25/VII 25/VII	12 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 12 38	9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 9 38	32°27',5 70 59,1	
$t$	Индекс магнита	$C_t$	$\lg C_t$	$\lg \sin \theta$	$\lg H$	$H$
21°,8 21,8	Большой Малый	0,07006 0,12324	8,84546 9,09074	9,72972 9,97563	9,11574 9,11511	0,13054 0,13035

Таблица 42

Журнал обработки наблюдений с вертикальными весами

Партия Т. А. Шадринной, 1940 г.

Название	Время наблюдений	Гриничское время	$t^\circ$	Отсчет	Отсчет в гаммах	$\frac{\Delta Z}{\Delta t}$	Исправленный отсчет	Дата
На абсолютном пункте № 12 Дубровная	10 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	22°,0	30,0	3 000	-2	2 998	27/VI

Таблица 43

Схема вычисления наклонения ( $I$ ) по методу индукции $A = 11,0405 \quad \lg A = 1,04299$ 

№	Название пункта	Дата	Время по хронометру	Среднее гриничское время	$\theta$	$\log \sin \theta$	$\log \lg I$	$I$
5	Дача Ковалевского	24/VII	10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	9°59',8	9,23953	0,28252	62°26',7

сокращенном объеме. Полностью во вторую руку вычисляли только части, включающие данные Астрономического ежегодника, которые брались общие для всей серии, для среднего момента наблюдений и несколько столбцов, соответствующие нескольким наведениям на светило. Обычно выбирали по первой руке такие наведения, которые вызывали сомнение своими отклонениями от среднего значения. Если же ни одно наведение не вызывало сомнения, то вычисляли только два наведения — одно при круге  $R$  и другое при круге  $L$ .

Такой метод вычислений значительно сократил время, потребное для вычислений.

Для пунктов векового хода все астрономические вычисления производили полностью в две руки. Исходными данными для какого угодно количества экземпляров вычислений является единственный источник — подлинный журнал магнитных наблюдений. Осреднение записанных отсчетов, вывод средних значений температуры, времени и вычисление углов в первые годы съемки производилось только самим наблюдателем в этом журнале. Проверку этих значений выполняло второе лицо в том же журнале, причем проведенные значения отмечались в нем знаком  $V$ . Выверенные таким образом величины являлись исходными данными для вычислений. Если при указанном методе осреднений оставались незамеченными ошибки, то их в дальнейшем, при сверке вычислений первой и второй руки, обнаружить не представлялось возможным. Опыт показал, что при этом отдельные ошибки в осреднениях действительно иногда оставались незамеченными и пропущенными.

Поэтому в дальнейшем перешли к другому методу контроля исходных для вычисления величин. В первую руку осреднения производили также в журнале наблюдений. В особый, второй, журнал вписывали наблюдательные отсчеты по кругу и затем в этом втором журнале совершенно независимо вторично производили осреднения. После этого оба журнала сверяли между собой. Такой метод оказался гораздо более совершенным, так как каждая ошибка в исходных величинах сразу же обнаруживалась. Впоследствии такого же рода параллельные осреднения были произведены и для тех партий, где раньше осреднения и его проверка были сделаны только в полевом журнале.

Получив таким образом два идентичных источника исходных данных, каждым из них пользовались для вычислений в отдельности, одним для первой и другим для второй руки. Сверка двух экземпляров вычисленных магнитных наблюдений выявляла не только ошибки в вычислениях, но и незамеченные при проверке исходных данных расхождения в двух экземплярах осредненных величин.

После окончания вычислений и приведения к середине года всех магнитных наблюдений составляли сводные таблицы результатов наблюдений для каждой партии в двух экземплярах, отдельно по первой и второй руке вычислений; сводные таблицы также сверялись между собой контролером.

Таким образом, этот формальный контроль параллельных вычислений, преследовавший исключение ошибок вычислительного характера, производился трижды; сверяли: исходные данные для вычислений, вычисленные значения по каждому элементу и, наконец, сводные таблицы.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ВЕСАМИ

Наблюдения с вертикальными весами на маршрутах имели целью выяснить характер магнитного поля и выявить величину и направление простиранья аномалий. Карты магнитных аномалий, построенные по таким наблюдениям, представляли только общую картину магнитных анома-

лий. Никаких расчетов прикладного характера по ним нельзя было производить. Обработку этих наблюдений производили более упрощенным способом по сравнению с обработкой наблюдений на абсолютных пунктах. Осреднение наблюденных величин в журнале производилось наблюдателем в поле и при камеральной обработке контроль производился вторым лицом в том же журнале с последующей отметкой знаком V.

Перевод делений шкалы в гаммы, введение поправки за температуру и вариации проводили также в одну руку. Цену деления и температурный коэффициент вычисляли в две руки.

Как уже указывалось ранее, цена деления определялась один раз в день по преимуществу на абсолютных пунктах. В местах ночлега производились наблюдения  $\Delta Z$  на одном пункте утром и вечером для последующего вычисления температурного коэффициента.

На основании этих данных и поверки весов на обсерватории вычисляли цену деления и температурный коэффициент. Цена деления обыкновенно оказывалась одинаковой для всего или части периода работ при округлении до  $1 \gamma$ ; если температурный коэффициент был невелик — порядка  $1-2 \gamma$ , он в расчет не принимался вовсе. Для вычисления нуля пункта вертикальных весов принимали в расчет значения его, полученные на обсерватории, на каждом абсолютном пункте, на всех повторных и общих пунктах. На основании всех этих данных значения нуля пункта, округленные до  $10 \gamma$ , наносили на миллиметровую бумагу в хронологическом порядке и по этим данным составляли график его значений. Обычно это была горизонтальная линия, уровень которой иногда изменялся скачком, соответствующим скачку нуля пункта, выявленному при замыкании. Такое сопоставление величины  $Z_0$  на замыканиях и на общих пунктах имело большое значение для учета всех изменений нуля пункта и повышало точность определений.

К значению нуля пункта, снятому с графика, прибавлялось значение  $\Delta Z$  также округленной до  $10 \gamma$ . Эта сумма представляет собой абсолютное значение  $Z$ . Вычисленные величины  $Z$  на абсолютных пунктах проверяли во вторую руку. Контроль же промежуточных значений  $Z$  на маршрутах производился после нанесения их на карту путем сопоставления между собой. Для сомнительных значений производилась полная проверка всех вычислений и исправления их в случае нахождения ошибок.

### Вычисление наклона

Значения наклона, помещаемые в сводной таблице результатов наблюдений, получали различными способами, в зависимости от метода наблюдения. При наблюдениях стрелочным или индукционным инclinатором или методом индукции, при отсутствии вертикальных весов значения наклона получали осреднением наблюденных и приведенных к середине года серий наблюдений на каждом пункте.

Если же в партии производили наблюдения с вертикальными весами, а наклонение определяли методом индукции, то значение  $I$  служило только для вывода нуля пункта весов. Значение вертикальной силы получали из наблюдений с весами, а наклонение вычисляли по общеизвестной формуле  $\text{tg } I = \frac{Z}{H}$ , причем для значения горизонтальной силы принимали величину ее, полученную из наблюдений на абсолютном пункте и приведенную к середине года наблюдений; величину  $Z$  брали также приведенную к середине года.

При таком методе получения  $I$  точность наклона была выше, чем из наблюденных на пункте значений. Случайные ошибки наблюдений  $I$  при осредненной величине нуля пункта весов частично исключались и, следовательно, влияли на окончательный результат в меньшей степени.

## КОНТРОЛЬ НАБЛЮДЕНИЯ ПО СУЩЕСТВУ

Проверенные описанными способами результаты наблюдений каждой партии, сведенные в одну таблицу, подвергались еще контролю по существу тремя методами.

### Первый метод контроля

Сводная таблица магнитных элементов критически просматривалась специалистом, который отмечал все значения магнитных элементов, вызывавшие у него сомнения. Так как наблюдения одной партии были обычно в ограниченном по площади районе, то магнитные элементы в этом районе в случае отсутствия аномалий довольно близки друг к другу или же изменяются закономерно.

Если же обнаруживалось незакономерное изменение какого-либо элемента на одном или нескольких пунктах наблюдений, то все наблюдения этого элемента просматривались по существу; нередко такой просмотр обнаруживал просчеты, которые и исправлялись. Если просчетов не было, то проверялись все осреднения и вычисления, которые в подавляющем большинстве случаев оказывались правильными.

### Второй метод контроля

Для контроля полученного материала составлялись сравнительные таблицы результатов наблюдений на общих пунктах. Значения магнитных элементов, полученные в данном пункте различными наблюдателями, приводились к году наблюдений контролируемой партии и составлялись разности значений по каждому элементу.

В случае значительных расхождений пересматривали как наблюдения, так и вычисления и результаты исправляли, если причины расхождения крылись в явных просчетах при вычислениях или наблюдениях.

Эти сопоставления оказывались особенно полезными, если имели место изменения постоянных приборов. Нередко удавалось установить время происшедшего изменения, особенно если общих пунктов было достаточное количество.

Эти же сравнительные пункты позволяли установить и систематические погрешности, проистекавшие от неправильно принятых при вычислениях значений постоянных и поправок приборов.

### Третий метод контроля

Третьим методом контроля являлись карты аномального значения вертикальной силы  $Z_a$  и векторов аномальной горизонтальной силы  $H_a$ .

На основании данных Генеральной магнитной съемки в БГМС были построены для всего СССР карты нормального поля сначала эпохи 1935 г. [45], а затем эпохи 1940 г. по всем семи элементам земного магнетизма. На основании этих карт получали значения  $Z_a$ ,  $X_a$ ,  $Y_a$  для каждого пункта наблюдений контролируемой партии. Для каждого абсолютного пункта на особой карте строился вектор  $H_a$  (по значениям  $X_a$  и  $Y_a$ ) в масштабе  $200 \gamma$  в 1 см. Значения  $Z_a$  как на абсолютном пункте, так и на промежуточных точках наблюдений вертикальными весами, если таковые имелись также наносили на эту карту; затем на ней проводились изолинии  $Z_a$  через каждые  $200 \gamma$ . Эта карта представляет карту региональных магнитных аномалий.

Ряд значительных по длине векторов  $H_a$ , направленных к общему центру, как известно, указывает на наличие источника, вызывающего маг-

## Сводная таблица результатов магнитных наблюдений, приведенных к эпохе 1940 г.

Партия И. М. Пудовкина, 1940 г.

№	Название пункта	$\varphi$	$\lambda$	$D$	$I$	$H$	$Z$	$X$	$Y$	$T$
1	Кашира . . . . .	54°50'	38°09'	6°50'	69°20'	0,1762	0,4671	0,1749	0,0210	0,4992
2	Коломенская . . . . .	54 22	38 15	6 43	68 56	,1789	,4645	,1776	,0209	,4977
3	Вязовка . . . . .	53 46	38 09	6 18	68 30	,1814	,4604	,1803	,0199	,4948
4	Прудская . . . . .	54 14	39 02	7 09	69 03	,1771	,4625	,1757	,0220	,4952
5	Захунта . . . . .	53 42	40 05	6 25	68 54	,1786	,4629	,1775	,0200	,4961
6	Дегтяное . . . . .	53 43	40 13	7 05	68 37	,1809	,4622	,1795	,0223	,4963
7	Еголдаево . . . . .	53 44	40 18	7 26	68 22	,1836	,4627	,1820	,0238	,4977
8	Кензино . . . . .	53 46	40 23	7 52	68 22	,1838	,4634	,1821	,0251	,4986
9	Погореловка . . . . .	53 47	40 29	8 15	68 16	,1855	,4652	,1835	,0266	,5008
10	Самодуровка . . . . .	53 48	40 34	8 25	68 28	,1854	,4698	,1834	,0271	,5051
11	Александровка . . . . .	53 51	40 37	8 03	68 40	,1842	,4718	,1824	,0258	,5065
12	Купальская . . . . .	53 53	40 42	7 57	69 04	,1812	,4736	,1794	,0251	,5071
13	Сапожок . . . . .	53 56	40 42	7 53	69 14	,1801	,4752	,1784	,0247	,5082
14	Коровка . . . . .	54 01	40 41	7 29	69 51	,1764	,4807	,1749	,0230	,5120
15	Михей . . . . .	54 01	40 46	6 19	70 20	,1709	,4782	,1699	,0188	,5078
16	Кривель . . . . .	54 03	40 51	7 00	69 52	,1711	,4665	,1698	,0208	,4969
17	Песочное . . . . .	54 06	40 49	7 26	69 25	,1748	,4655	,1734	,0226	,4972
18	Никитино . . . . .	54 10	40 51	7 55	69 08	,1776	,4661	,1759	,0245	,4988
19	Сановка . . . . .	54 13	40 52	9 14	69 00	,1793	,4670	,1770	,0288	,5003
20	Сасыкино . . . . .	54 15	40 50	8 07	68 58	,1798	,4676	,1781	,0254	,5010
21	Шилово . . . . .	54 20	40 54	8 34	69 08	,1798	,4715	,1778	,0268	,5046
22	Введеновка . . . . .	53 40	40 03	6 10	69 02	,1784	,4654	,1774	,0192	,4984
23	Журавинка . . . . .	53 38	39 57	6 26	68 56	,1800	,4671	,1789	,0202	,5006
24	Салтыково . . . . .	53 35	39 56	6 18	68 59	,1788	,4654	,1774	,0227	,4985
25	Дашино . . . . .	53 32	39 49	6 15	68 50	,1814	,4687	,1803	,0198	,5025
26	Ведное . . . . .	53 30	39 47	6 29	68 52	,1809	,4681	,1798	,0204	,5018
27	Кораблино . . . . .	53 26	39 45	6 36	68 57	,1802	,4681	,1790	,0207	,5016
28	Епинетово . . . . .	53 23	39 40	6 36	68 50	,1816	,4691	,1804	,0209	,5031
29	Топки . . . . .	53 21	39 35	6 38	68 31	,1842	,4682	,1830	,0213	,5031
30	Карповка . . . . .	53 18	39 31	6 57	68 23	,1857	,4685	,1844	,0225	,5040
31	Тамбов . . . . .	52 43	41 24	6 42	68 13	,1868	,4674	,1855	,0218	,5034

итную аномалию; такое направление векторов должно быть подтверждено повышенными значениями  $Z_a$  в этой области. Несоответствие длины и направлений векторов  $H_a$  со значениями  $Z_a$  указывало на вероятность допущенных при наблюдениях или вычислениях ошибок. Сравнение подобных карт двух соседних областей иногда выявляло систематические ошибки, допущенные при обработке, если полученные значения  $Z_a$  оказывались несогласными со значениями  $Z$ , в районах, соседних с данным. Такого рода контроль не только позволял устранить ошибки отдельных определений, но и помог установить, что результаты определений наклона в трех партиях сомнительны. Наблюдения на территории этих партий были частично или полностью повторены и сомнительные данные были заменены новыми, полученными на основании повторных контрольных наблюдений.

После проведения контроля партий по всем его видам на сводных таблицах партии ставилось два штампа: «проверено» и «проверено по картам» с подписью ответственного за обработку лица. Этим заканчивалась обработка наблюдений каждой партии в отдельности. В табл. 44 приведена сводная таблица результатов наблюдений, приведенных к одной общей эпохе.

## ГЛАВА VII

### ПРИВЕДЕНИЕ МАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ К СЕРЕДИНЕ ГОДА

Генеральной магнитной съемкой охвачена обширная территория СССР — от 35 до 80° северной широты и от 20 до 190° восточной долготы, причем вся работа произведена более чем за 10-летний период. При этих условиях вопрос о приведении магнитных наблюдений к одной эпохе приобрел особо важное значение: вариации магнитного поля в различных частях территории Советского Союза протекают существенно по-разному, а сеть магнитных обсерваторий в СССР, хотя и является самой большой в мире, все же не может с достаточной степенью подробности осветить все особенности в распределении магнитных вариаций. Эти обстоятельства и обусловили весьма существенные трудности при выборе исходных материалов для приведения и методики приведения, которые не могли иметь места при зарубежных съемках, производившихся на ограниченных территориях, в непосредственной близости к магнитным обсерваториям.

Дальнейшее изложение методики приведения наблюдаемых значений к одной эпохе мы разделим на две основные части:

1. Приведение к середине года наблюдений, т. е. исправление магнитных наблюдений за суточные и годовые вариации, а также исключение из наблюдений возмущенной части вариации.

2. Приведение наблюдений, произведенных в разные годы и уже приведенных к середине года наблюдений к одной общей эпохе, т. е. исправление наблюдений за вековой ход.

### ПРИВЕДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ К СЕРЕДИНЕ ГОДА НАБЛЮДЕНИЙ

Прежде чем приступить непосредственно к описанию методов приведения, применявшихся в период Генеральной магнитной съемки, необходимо вкратце остановиться на характеристике основных видов магнитных вариаций.

#### Характеристика магнитных вариаций

Как известно, магнитные вариации в простейшем случае могут быть разделены на следующие части:

1. Солнечно-суточные вариации, представляющие собой периодиче-

ские изменения магнитного поля в течение солнечных суток. Солнечно-суточные вариации, осредненные за некоторый, достаточно большой промежуток времени, дают так называемый нормальный суточный ход, освобожденный от отдельных случайных особенностей, не характерных для вариаций данного типа.

Нормальный суточный ход любого магнитного элемента изображается плавной кривой в виде простой или двойной волны. Моменты наступления экстремальных значений зависят от местного времени и от широты места. Амплитуда нормального суточного хода зависит от широты места, от сезона и от степени возмущенности года. Солнечно-суточный ход вычисляются по всем дням месяца, по пяти международным спокойным дням месяца и по пяти наиболее возмущенным дням месяца. В последнем случае амплитуда суточного хода оказывается наибольшей. В практике работ по Генеральной магнитной съемке использовался для приведения суточный ход, выведенный только по всем дням, поэтому во всем дальнейшем изложении под термином суточный ход мы будем понимать ход, выведенный по всем дням месяца.

На территории СССР наблюдается суточный ход двух основных типов:

а) Среднеширотный тип суточного хода. Он характеризуется тем, что наибольшее восточное склонение наблюдается в 8—9 часов, наименьшее — в 13—14 часов, горизонтальная сила имеет резкий минимум в 11—12 часов, максимальное наклонение наблюдается в 10—12 часов, вертикальная сила имеет максимум в утренние часы, минимум — в дневные часы.

Амплитуды суточного хода для средних широт в зависимости от сезона и от магнитной активности года приведены в табл. 45.

Таблица 45

Амплитуда суточного хода  $D$ ,  $I$ ,  $H$ ,  $Z$  в средних широтах

	Годы высокой активности		Годы низкой активности	
	зима	лето	зима	лето
Склонение $D$ . . . . .	6'	16'	4'	12'
Наклонение $I$ . . . . .	1'	3'	1'	2'
Горизонтальная сила $H$ . . . . .	15γ	50γ	7γ	35γ
Вертикальная сила $Z$ . . . . .	10γ	20γ	6γ	15γ

Приведенные в табл. 45 значения указывают только порядок величин. В действительности, в отдельные годы и отдельные месяцы средние значения амплитуд могут быть и иными, хотя порядок величин в подавляющем большинстве случаев останется тем же.

Естественно, что в отдельные дни, особенно возмущенные, действительная амплитуда может очень сильно отличаться от средней. По приведенным в таблице данным ясно видно, что в летние месяцы, когда производится основная масса работ по магнитной съемке, амплитуда суточного хода значительно больше, чем в зимние месяцы.

б) Полярный тип суточного хода. Переход от среднеширотного типа суточного хода к полярному для территории СССР наблюдается приблизительно на широте  $62-65^\circ$ . При этом переходе прежде всего резко возрастают амплитуды изменений магнитных элементов. Так, например, в магнитной обсерватории Бухта Тихая ( $\varphi = 80^\circ 20'$ ,  $\lambda = 52^\circ 48'$ ) ампли-

туда суточного хода по склонению превышает  $1^\circ$ , по горизонтальной силе  $100 \gamma$ , по наклонению  $5'$ . Кроме изменения амплитуды, изменяются моменты наступления экстремальных значений: по склонению время наступления максимума сдвигается ближе к началу суток, минимум наступает в вечерние часы, горизонтальная сила достигает минимума примерно в те же часы, но в утренние часы появляется резко выраженный максимум, не имеющий места в средних широтах. Максимальное наклонение наблюдается в утренние часы, а в полуденное время появляется отчетливо выраженный минимум.

При переходе от средних широт к южным в пределах Советского Союза тип суточного хода также несколько меняется. Однако это изменение для практики работ по Генеральной съемке СССР имеет небольшое значение, так как оно сопровождается не увеличением, а уменьшением амплитуды суточного хода и этот тип суточного хода имеет место лишь на небольшой части территории Советского Союза — его южной окраине.

2. Лунно-суточный ход представляет собой также периодическое изменение магнитного поля с периодом лунные сутки. Амплитуда лунно-суточного хода настолько мала, что в практике работ по магнитной съемке этой вариацией во всех случаях можно пренебречь.

3. Годовой ход. По последним исследованиям В. И. Афанасьевой [46] годовой ход элементов  $D$ ,  $I$ ,  $H$  в средних широтах представляется, как правило, в виде двойной волны с максимумами в декабре и июне и минимумами в марте и сентябре. Амплитуда годового хода вообще невелика (по склонению, например, не превышает  $2'$ ), поэтому устранение этой вариации не является существенным. В практике работ по Генеральной магнитной съемке, имея в виду малую амплитуду годового хода и для ускорения обработки материалов наблюдений часто отождествляли среднегодовое значение элемента со средним значением его за июнь и июль. Расхождение между этими величинами, как правило, лежало в пределах возможной погрешности приведения.

4. Магнитные возмущения и магнитные бури — аperiodические изменения магнитных элементов, по амплитуде значительно превышающие нормальный суточный ход, причем амплитуда изменений магнитных элементов во время бурь зависит от широты места; при приближении к полярным областям амплитуда возрастает.

Магнитные бури можно подразделить на мировые, охватывающие практически мгновенно весь земной шар, и местные, наблюдаемые обычно только в полярных областях.

Заканчивая на этом наш краткий обзор магнитных вариаций, необходимо отметить, что все изложение велось с точки зрения использования вариаций для целей Генеральной магнитной съемки, поэтому при изложении был сделан ряд практически допустимых упрощений.

### Выбор момента приведения

Вопрос о том, к какому моменту времени приводить все магнитные наблюдения, произведенные в один год, не является особо существенным. Необходимо лишь все наблюдения привести к общему уровню. Результаты наблюдений большинства зарубежных съемок приводились либо к значению элементов на 0 часов 1 января года наблюдений, либо к значению на 0 часов 1 июля года наблюдений. Однако при таком выборе моментов приведения есть опасность, что эти моменты придутся на магнитные возмущения и тогда все приведенные значения окажутся несколько завышенными или заниженными относительно характерной для данного года величины. Во избежание этой опасности результаты наблю-

дений по Генеральной магнитной съемке приводились не к какому-либо определенному моменту, а к среднегодовому значению элемента в точке наблюдений.

### Общая формула приведения

Имея в виду характерные особенности магнитных вариаций, наблюдаемое значение магнитного элемента в какой-либо момент времени может быть представлено в виде суммы

$$P_{\text{набл}} = P_{\text{ср. г}} + \Delta_1 P + \Delta_2 P + \Delta_3 P + \Delta_4 P, \quad (8)$$

где  $P_{\text{набл}}$  — наблюдаемое значение элемента,  $P_{\text{ср. г}}$  — среднегодовое значение элемента,  $\Delta_1 P = P'_t - P_{\text{ср. с}}$  — нормальный суточный ход, представляющий собой разность между нормальным значением элемента в момент наблюдений  $P'_t$  и среднесуточным значением  $P_{\text{ср. с}}$ ,  $\Delta_2 P = P''_t - P'_t$  — возмущенная часть вариации, представляющая собой разность между значением магнитного элемента в момент наблюдений  $P''_t$  и нормальной частью суточного хода в этот же момент  $P'_t$ ,  $\Delta_3 P = P_{\text{ср. с}} - P_{\text{ср. м}}$  — разность между среднесуточным значением элемента  $P_{\text{ср. с}}$  и его среднемесячным значением  $P_{\text{ср. м}}$ ,  $\Delta_4 P = P_{\text{ср. м}} - P'_{\text{ср. г}}$  — разность между среднемесячным значением элемента и его среднегодовым значением  $P'_{\text{ср. г}}$ .

Очевидно, что среднегодовое значение элемента может быть вычислено по формуле

$$P_{\text{ср. г}} = P_{\text{набл}} - [\Delta_1 P + \Delta_2 P + \Delta_3 P + \Delta_4 P]. \quad (9)$$

Таким образом, процесс приведения результатов магнитных наблюдений к середине года практически сводился к определению суммы, стоящей в скобках, и вычитанию ее из наблюдаемого значения элемента.

Если пункт наблюдений расположен в непосредственной близости от магнитной обсерватории, где все величины правой части формулы (9) известны с высокой степенью точности и без сомнения могут быть отнесены к пункту наблюдений, то общая формула для приведения принимает крайне простой вид. В самом деле, написав формулу (9) в развернутом виде

$$P_{\text{ср. г}} = P_{\text{набл}} - [(P'_t - P_{\text{ср. с}}) + (P''_t - P'_t) + (P_{\text{ср. с}} - P_{\text{ср. м}}) + (P_{\text{ср. м}} - P'_{\text{ср. г}})]$$

и произведя очевидные сокращения, получим

$$P_{\text{ср. г}} = P_{\text{набл}} - [P''_t - P'_{\text{ср. г}}]. \quad (10)$$

Однако существующая сеть магнитных обсерваторий СССР не может обеспечить надежное знание магнитных вариаций во всех частях Советского Союза. Поэтому, прежде чем приступить непосредственно к приведению, необходимо сначала установить, данными какой обсерватории в каждом отдельном случае целесообразнее пользоваться и какой метод приведения применить, чтобы получить наилучший результат.

### Радиус действия магнитной обсерватории

При решении этого вопроса весьма существенным было правильно определить так называемый радиус действия магнитной обсерватории, т. е. то расстояние от обсерватории, на котором магнитные вариации с заданной степенью точности можно считать протекающими так же, как и в обсерватории. Повидимому, наиболее просто радиус действия мог быть определен постановкой специальных экспериментальных работ при помощи вариационных переносных станций. Наличие же достаточного числа

простых в обращении портативных переносных вариационных станций могло бы вообще освободить от решения этого вопроса, так как установка такой вариационной станции непосредственно в районе работ доставила бы все необходимые для приведения данные о магнитных вариациях. Однако установку временных вариационных станций или магнитных обсерваторий применяли только в отдельных исключительных случаях. Так, например, при съемке, проводимой еще Российской Академией наук в 1909—1914 гг., была построена временная магнитная обсерватория в Шенкурске на время производства магнитной съемки Вельского удельного округа и в Нижнем Ольчедаеве на время съемок в Бессарабии.

При проектировании Генеральной магнитной съемки СССР также предполагали устанавливать в районе работ временные вариационные станции. Однако в связи с грандиозными масштабами этой съемки установку станций осуществить не удалось; съемку производили одновременно на большой территории и поэтому она требовала бы одновременной работы нескольких вариационных станций. Имевшиеся же в то время в наличии вариационные приборы были обсерваторского типа, трудноприменимые в походных условиях. Достаточно удобной, портативной, легко устанавливаемой и не требующей обслуживающего персонала высокой квалификации, станции не было. Поэтому в период Генеральной магнитной съемки временные вариационные станции или магнитные обсерватории устанавливались только для решения отдельных специальных вопросов. Так, в 1936 г. в Джубге работала временная обсерватория для изучения магнитных вариаций во время солнечного затмения, временная вариационная станция на Курских магнитных аномалиях — для изучения вариаций в аномальном поле и тому подобное.

Недостаток вариационных станций привел к тому, что определение или хотя бы приближенная оценка радиуса действия магнитной обсерватории являлась совершенно необходимой. Поэтому уже на первой сессии Постоянной Геомагнитной комиссии в ноябре 1930 г., т. е. еще до начала Генеральной магнитной съемки этот вопрос подвергся широкому обсуждению [37]. В результате развернувшейся дискуссии, сессия согласилась считать радиус действия магнитной обсерватории условно равным 500 км. Однако из-за недостатка фактического материала, который позволял бы достаточно веско обосновать это решение, сессия отметила в своих постановлениях необходимость постановки специальных исследований в этом направлении. Такое исследование было выполнено аспирантом ГГО Б. М. Добролюбским под руководством Б. П. Вейнберга по материалам постоянно и длительно работающих обсерваторий СССР (Павловск, Казань, Свердловск).

На основании проведенного исследования Б. П. Вейнберг считал возможным предложить следующие рекомендации для приведения наблюдаемых значений склонения к середине года:

«а. При требовании точности в  $0,5-1',0$  в  $D$  пользоваться ординатами для того же физического момента времени на расстоянии до 500 км, избегая по возможности производить определения в полуденные часы летом, во избежание возможного влияния периодического суточного хода.

б. При достаточной точности  $3-4'$  пользоваться ординатами для того же момента местного времени на расстоянии 2000 и даже 3000 км, вводя поправку на разность осредненных суточных ходов, зависящую от магнитной широты.

в. Ввести с этого же сезона (1932 г.) летних работ службу оповещения по радио по данным наиболее восточной и регулярно работающей магнитной обсерватории (Зуй), о магнитной характеристике предыдущей ночи» [39].

Как видно из приведенной выдержки, выводы Б. П. Вейнберга, во-первых, относятся только к магнитному склонению, а во-вторых, разрешают далеко не все вопросы, возникающие даже и при выборе методики приведения склонения в средних широтах. В частности, эти выводы основаны на результатах сравнения среднемесячных суточных ходов, а потому не могут дать никаких указаний об исключении из наблюдений части вариации, вызванной магнитным возмущением.

Были и другие попытки хотя бы приближенно определить радиус действия обсерватории. Так, Н. Н. Трубячинский сравнивал суточные ходы в обсерваториях в Павловске, Кандалакше и Нижнем Ольчедаве и установил весьма существенную разницу между ними [37, 39]. В 1932 г. Уральским геофизическим институтом было проведено исследование суточного хода  $Z$ , в результате чего был сделан вывод, что данными магнитной вариационной станции можно пользоваться на расстоянии до 400 км [40].

Все эти выводы очень близки между собой, но относятся лишь к магнитным вариациям в средних широтах и даже и для них не могут считаться исчерпывающими из-за крайней скудости материала, на котором они основаны.

### Исследования амплитуды суточного хода

Изменение амплитуды средних суточных ходов в зависимости от широты являлось предметом ряда исследований. Так, еще Бауэром [47] были даны формулы для расчета амплитуды нормального суточного хода склонения  $D$  и наклона  $I$  в точке с любой магнитной широтой ( $\psi$ ). Формулы Бауэра имеют вид

$$d = \frac{K}{\cos^2 \psi}, \quad i = \frac{K'}{1 + 3 \sin^2 \psi},$$

где  $d$  — амплитуда суточного хода склонения,  $i$  — амплитуда суточного хода наклона,  $K$  и  $K'$  — коэффициенты, постоянные для всего земного шара,  $\psi$  — магнитная широта пункта, вычисляемая по формуле

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1}{2} \operatorname{tg} I,$$

где  $I$  — магнитное склонение.

В 1925 г. аналогичное исследование провела Е. В. Кракау для амплитуд суточного хода магнитного склонения ( $d$ ) [48] и в 1928 г. для горизонтальной силы ( $h$ ) [49]. Эмпирические формулы, выведенные Е. В. Кракау, позволяют вычислить амплитуду среднего суточного хода этих элементов в любой точке по известной амплитуде в другой точке, если известна магнитная широта обеих точек. Эти формулы имеют вид:

$$d = d_0 \frac{0,6 + \operatorname{tg} \psi}{0,6 + \operatorname{tg} \psi_0}, \quad (11)$$

$$h = h_0 \frac{2 - 1,09 \cos 2\psi + \cos 4\psi}{2 - 1,09 \cos 2\psi_0 + \cos 4\psi_0}, \quad (12)$$

где  $d$  и  $h$  — амплитуды суточных ходов соответственно склонения и горизонтальной силы в точке с координатами  $\varphi$  и  $\lambda$ ,  $d_0$ ,  $h_0$  — то же, в точке с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ ,  $\psi$  — магнитная широта точки с географическими координатами  $\varphi$  и  $\lambda$ ,  $\psi_0$  — то же, для точки с географическими координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ .

Практически за точку с координатами  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$  принимается магнитная обсерватория, где амплитуда среднего суточного хода известна с высокой степенью точности.

Е. В. Кракау подвергла исследованию амплитуды суточных ходов только для средних широт. Поэтому ее выводы применимы лишь для зоны средних широт, где тип суточного хода остается неизменным.

В 1943 г. опубликована работа К. К. Федченко [50], в которой он, произведя исследование географического распределения амплитуды суточного хода магнитного склонения в высоких широтах, дает следующую формулу для расчета амплитуды:

$$d = (2,4 + 0,014r)(0,4 + \sec^2\psi),$$

где  $r$  — число солнечных пятен, выраженное в числах Вольфа,  $\psi$  — магнитная широта пункта.

На основании формулы Федченко для расчета амплитуды суточного хода склонения в пункте наблюдений с магнитной широтой  $\psi$  по амплитуде в обсерватории с магнитной широтой  $\psi_0$  может быть предложена следующая формула:

$$d = \frac{0,4 + \sec^2\psi}{0,4 + \sec^2\psi_0} d_0.$$

В практике обработки результатов наблюдений Генеральной магнитной съемки самое широкое применение нашли формулы Кракау. Для более удобного пользования ими при вычислении амплитуд суточного хода для целей приведения были рассчитаны коэффициенты, получившие теперь общепринятое название коэффициентов Кракау, которые позволяют легко подсчитать амплитуду среднего суточного хода склонения и горизонтальной силы по формулам:

$$d = K_D d_0, \quad h = K_H h_0,$$

где  $K_D$ ,  $K_H$  — коэффициенты Кракау, рассчитанные по формулам (11) и (12) соответственно для склонения и горизонтальной силы.

Необходимо отметить, что выведенные Е. В. Кракау зависимости амплитуды суточных ходов от магнитной широты хорошо согласовались с данными наблюдений. Несмотря на то, что после опубликования работ Е. В. Кракау прошло более 25 лет, до сих пор не вышло ни одной работы, которая каким-либо образом улучшила результаты, полученные Е. В. Кракау. Практическая ценность ее выводов очевидна: используя данные сравнительно небольшого числа магнитных обсерваторий, оказалось возможным применением формул Кракау улучшить приведение результатов полевых магнитных определений для всей среднширотной зоны обширной территории Советского Союза.

### Исходный материал для приведения

Как мы уже указывали ранее, отсутствие походных магнитных вариационных станций привело к тому, что все результаты наблюдений Генеральной магнитной съемки были приведены по данным магнитных обсерваторий. В практике работ при приведении использовался следующий материал из обсерваторий:

1. Ленты магнитографов с непрерывной фотографической записью магнитных вариаций.
2. Таблицы ежечасных значений.
3. Средние суточные хода различных обсерваторий, выведенные для каждого месяца года наблюдений или нормальные суточные хода этих обсерваторий, полученные осреднением суточных ходов за ряд лет.

Выбор того или иного исходного материала для приведения определялся в каждом отдельном случае в зависимости от требуемой точности.

приведения и от фактического наличия материала. Наиболее широкое применение нашли при приведении таблицы ежечасных значений; реже всего использовались ленты магнитографов.

### Виды приведения

Выбор методики приведения в каждом случае был обусловлен следующими основными факторами:

- 1) расстояние от района работ до ближайшей обсерватории,
- 2) широта места наблюдений,
- 3) степень возмущенности магнитного поля во время наблюдений,
- 4) наличие необходимых данных магнитных обсерваторий,
- 5) требуемая точность приведения.

В зависимости от этих основных факторов применяли следующие четыре основных вида приведения:

1. Приведение по нормальному (среднему) суточному ходу по местному времени.
2. Приведение по таблицам ежечасных значений по местному или гриничскому времени.
3. Приведение по лентам магнитографов по местному или гриничскому времени.
4. Смешанное приведение.

### Приведение по нормальному суточному ходу

Приведение по нормальному суточному ходу осуществлялось следующим образом: из таблиц нормального суточного хода или среднего суточного хода ближайшей к пункту наблюдений обсерватории по среднему местному времени для среднего момента каждой серии наблюдений путем линейной интерполяции между соседними среднечасовыми значениями для месяца наблюдений находили величину отклонения элемента от его среднегодового значения. Полученную величину с обратным знаком придавали наблюденному значению элемента на пункте и результат принимали за среднегодовое значение элемента в данной точке.

Если магнитная широта пункта значительно отличалась от магнитной широты обсерватории, то величину приведения умножали на коэффициент Кракау. Практически коэффициентом Кракау пользовались в тех случаях, когда его величина выходила за пределы 0,8—1,2.

При использовании этого метода часто употребляли нормальные суточные ходы, выведенные по данным Павловской магнитной обсерватории за период с 1873 по 1905 г. [51]. В отдельных случаях пользовались средними суточными ходами магнитных обсерваторий в Высокой Дубраве (Свердловск), Зуе (Иркутск), Келесе (Ташкент) и другими.

Этот метод учитывает только нормальный суточный и годовой ход магнитных элементов, т. е. величины  $\Delta_1 P$  и  $\Delta_4 P$  в общей формуле приведения (8). Возмущенная часть хода и разность между среднесуточным и среднемесячным значениями элемента ( $\Delta_2 P$  и  $\Delta_3 P$  в той же формуле) не могут быть учтены. Отсюда вытекает и основной недостаток метода — его сравнительно низкая точность в тех случаях, когда наблюдения приходились на возмущенные дни или дни, следующие за сильными магнитными возмущениями. Как известно, в последнем случае горизонтальная сила в течение длительного промежутка времени сохраняет пониженное значение, а это обстоятельство не может найти отражения в средних суточных ходах. Бесспорное преимущество метода перед всеми другими — его исключительная простота и малая трудоемкость.

Наиболее часто этим методом приведения пользовались в первые годы

Генеральной магнитной съемки. Так, из просмотренных нами материалов 23 экспедиций 1931 г., 15 экспедиций пользовалось этим методом, причем все они, независимо от района работ, использовали нормальный суточный ход Павловской магнитной обсерватории. Из этих 15 экспедиций 6 привели этим методом все три наблюдаемые магнитных элемента ( $D, I, H$ ), а остальные 9 — только наклонение  $I$ . В последующие годы съемки этот метод находил все меньше и меньше применения и то главным образом лишь для приведения магнитного наклонения — элемента, на котором магнитные возмущения сказываются наиболее слабо.

### Приведение по таблицам ежечасных значений

При приведении по таблицам ежечасных значений применяли два способа: приведение по местному времени и приведение по гриничскому времени.

А. Приведение по среднему местному времени. Приведение по этому способу осуществляли следующим образом: среднечасовое значение элемента из таблицы ежечасных значений условно относили к середине часа. Затем по среднему местному времени для пункта наблюдений интерполяцией между соответствующими среднечасовыми значениями для данных суток находили значение элемента в обсерватории. Разность между среднегодовым его значением в обсерватории и найденным значением принимали за величину приведения наблюденных значений на пункте. В необходимых случаях величину приведения умножали на коэффициент Кракау. Техника вычислений величины приведения была несколько усложнена тем, что в таблицах ежечасных значений и результатов наблюдений на пункте применяется гриничское время. Поэтому, чтобы получить значение элемента в обсерватории, соответствующее заданному моменту местного времени на пункте, гриничское время наблюдений на пункте исправляли за разность долгот между пунктом и обсерваторией: в этот момент в обсерватории будет протекать та же фаза суточного хода, что и на пункте наблюдений. Если назвать это время временем приведения, то оно легко может быть вычислено из соотношения:

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{гр}} + (\lambda_{\text{п}} - \lambda_0),$$

где  $T_{\text{пр}}$  — время приведения,  $T_{\text{гр}}$  — гриничское время наблюдений,  $\lambda_{\text{п}}$  и  $\lambda_0$  — соответственно долгота пункта наблюдений и обсерватории, выраженное в часовой мере.

Основные достоинства метода — его сравнительная простота и возможность учесть не два, как в предыдущем случае, а три члена в общей формуле приведения (8) —  $\Delta_1 P$ , —  $\Delta_2 P$  и —  $\Delta_4 P$ . Недостаток метода — невозможность учесть магнитное возмущение, если пункт наблюдений и обсерватория, данными которой пользуются для приведения, находятся на большом расстоянии по долготе. Поэтому этот метод применяли главным образом в тех случаях, когда наблюдения были произведены в спокойные в магнитном отношении дни.

Б. Приведение по одинаковым физическим моментам. Получение поправки при приведении этим способом принципиально ничем не отличается от предыдущего: интерполяцией между соответствующими среднечасовыми значениями по таблице находили значение элемента для нужного момента времени и составляли разность между найденным значением и среднегодовым. Отыскание поправки в этом случае несколько упрощалось тем, что здесь отпадала необходимость какого-либо пересчета времени, так как таблицы ежечасных значений и рабочие таблицы наблюдений на пунктах съемки составляются по гриничскому времени.

Основное достоинство метода заключается в том, что он позволяет в некоторой степени учесть магнитное возмущение в момент наблюдений, т. е., кроме членов  $\Delta_2 P$  и  $\Delta_4 P$ , учесть также и член  $\Delta_1 P$ . Что же касается учета нормальной части суточного хода  $\Delta_1 P$ , то если разность долгот пункта и обсерватории не превосходит 0,5—1,0 часа, то практически одновременно с учетом возмущения учитывается с достаточной точностью и нормальная часть хода. При разности долгот, большей  $1^h$ , этот метод не применялся вовсе. Недостаток метода — невозможность учесть возмущение в полной мере, так как для приведения используются уже осредненные значения за час, а не непосредственные значения в момент наблюдений.

Этот метод применяли в тех случаях, когда наблюдения были произведены в возмущенные часы, причем амплитуда возмущения была настолько велика, что нормальной частью суточного хода оказывалось возможным пренебречь. Естественно, что при  $\lambda_p = \lambda_0$  разница между методами А и Б пропадает.

Приведение по таблицам ежечасных значений наиболее широко применяли с 1933 по 1938 г., т. е. в годы максимального развития работ по Генеральной магнитной съемке.

### Приведение по лентам магнитографа

Для приведения по лентам магнитографа с последних снимали значение элемента в обсерватории либо для среднего момента серии наблюдений, либо среднее значение для периода наблюдений. В отдельных редких случаях, когда наблюдения были произведены в моменты сильного магнитного возмущения, с лент магнитографа снимали значения для момента каждого отчета серии полевых наблюдений, а затем выводили среднее значение для всей серии. Далее, как обычно, составляли разность между полученным таким образом значением элемента и его среднегодовым значением, которую принимали с обратным знаком за поправку приведения к середине года. Для получения значений с лент пользовались как местным, так и гриничским временем. Местное время употребляли в тех случаях, когда наблюдения были произведены в спокойное время, гриничское — когда наблюдения падали на возмущенные часы.

Основное достоинство приведения по лентам магнитографа в том, что точность его может быть очень высокой, так как она зависит только от качества работы обсерватории. Однако, если действительные суточные хода в пункте наблюдений и в обсерватории, по которой производится приведение, различны, т. е., если пункт наблюдений и обсерватория удалены друг от друга на значительное расстояние, то метод теряет свое преимущество и пользование им становится нецелесообразным. К недостаткам метода надо отнести его сравнительно большую трудоемкость и необходимость иметь в распоряжении основной архивный материал обсерватории — ленты магнитографа.

Приведение по лентам магнитографа наиболее широко применяли в тех случаях, когда наблюдения были произведены сравнительно недалеко от обсерватории в возмущенные часы, а от результатов наблюдений требовалась повышенная точность (наблюдения на пунктах векового хода).

### Смешанное приведение

Смешанное приведение начали применять лишь с 1939 г. в основном для приведения результатов наблюдений на пунктах векового хода. Этот метод принципиально позволяет учесть все величины, входящие в общую

формулу приведения, т. е. решить наиболее трудную его задачу: одновременно учесть и нормальный суточный ход, протекающий по местному времени, и магнитное возмущение, наступающее в один физический момент для всего земного шара.

Исходным материалом для приведения этим методом служили, с одной стороны, ленты магнитографа или таблицы ежечасных значений, а с другой стороны — среднемесячные суточные хода для месяца наблюдений.

Нахождение величины приведения при этом вели следующим образом:

1. Для момента наблюдений по гриничскому времени с ленты магнитографа (или из таблицы ежечасных значений) выбирали значение элемента в обсерватории.

2. По гриничскому времени наблюдений из среднемесячного суточного хода для месяца наблюдений находили среднее за месяц значение элемента в момент наблюдений.

3. Составляли разность (1) — (2). Эта разность соответствовала возмущенной части суточного хода в момент наблюдений.

4. По местному времени наблюдений (практически гриничское время + разность долгот между пунктом и обсерваторией) находили значение элемента из среднемесячного суточного хода для месяца наблюдений. Разность между этим и среднегодовым значением элемента представляла собой сумму нормальной и годовой вариации для момента наблюдений и включала разность между среднесуточным и среднемесячным значением элемента.

5. Складывали разность (1) — (2) и значение, полученное в результате операции (4). Полученную величину, включающую возмущенную часть хода в момент наблюдений по гриничскому времени и нормальную часть хода в момент наблюдений по местному времени, принимали за величину приведения на пункте к середине года и придавали с обратным знаком к наблюденному значению.

Если магнитная широта пункта и обсерватории значительно отличались друг от друга, то ординату нормального суточного хода, полученную в результате операции (4), умножали на коэффициент Кракау.

Этот вид приведения по своей идее является более совершенным, чем все предыдущие и мог бы быть принят в качестве основного метода. Однако практика показала, что пользование им часто не приводит к результатам существенно лучшим, чем при приведении другими способами. Это, повидимому, может быть объяснено тем, что при наблюдениях в спокойные дни достаточно исправлять результаты наблюдений только за нормальный суточный ход (приведение по местному времени); если же наблюдение падает на возмущенные часы, причем пункт расположен далеко от обсерватории, то при таких условиях трудно ожидать хороших результатов приведения любым методом, так как возмущение протекает различно в двух удаленных друг от друга пунктах. При этих условиях нельзя утверждать, что найденная указанным выше способом возмущенная часть вариации в обсерватории полностью соответствует этой части вариации на пункте.

Эти обстоятельства, наряду с большой трудоемкостью метода, привели к тому, что он нашел довольно ограниченное применение главным образом при обработке наблюдений на пунктах векового хода.

#### Приведение с учетом наблюденного суточного хода на пункте

Наконец, необходимо остановиться еще на одном виде приведения полевых наблюдений к середине года, который хотя и не получил широкого развития в первые годы работ по Генеральной магнитной съемке,

но в последующем был принят в качестве основного при приведении результатов наблюдений на пунктах векового хода в северных широтах.

Наилучшее приведение может быть получено тогда, когда известен **действительный суточный ход в пункте наблюдений.**

Поэтому начальником партии Н. В. Адам в 1939 г., а затем в 1940 г. Л. С. Банухиным была расширена обычная программа наблюдений на пунктах векового хода, расположенных в северной зоне и, кроме обычных часов наблюдений, предусмотренных инструкцией, были произведены наблюдения и в другие часы суток. Так, Н. В. Адам распределила моменты наблюдений приблизительно равномерно на все часы суток с тем, чтобы установить общий характер суточного хода на пункте в дни наблюдений, Л. С. Банухин производил дополнительные наблюдения в те часы суток, когда достигаются экстремальные значения элемента, чтобы установить амплитуду изменений элемента за данные сутки на пункте и иметь возможность исключить наблюдения, падающие на сильно возмущенные дни.

Эти дополнительные наблюдения позволили достаточно объективно представить характер суточного хода на пункте наблюдений, установить степень возмущенности магнитного поля в дни наблюдений на пункте, а также дали возможность критически оценить данные магнитных обсерваторий, используемые при приведении, с точки зрения соответствия суточных ходов на пункте и в обсерватории.

Приведение по методу, примененному Л. С. Банухиным, производили следующим образом:

1. Наблюденные значения элементов наносили на один общий график разным цветом для каждого дня наблюдений: по оси абсцисс откладывали часы суток по местному времени, по оси ординат — наблюденное значение элемента.

2. В том же масштабе вычерчивали графики суточных ходов по всем ближайшим к пункту наблюдений магнитным обсерваториям.

3. Графики, составленные для пунктов наблюдений и для обсерваторий, сравнивали между собой, в результате чего подбирали обсерваторию, в которой суточный ход за данные дни оказывался наиболее близким к наблюденному на пункте суточному ходу.

4. Подобранный согласно (3) график суточного хода в обсерватории накладывали на график суточного хода на пункте и затем против среднегодового значения элемента в обсерватории (нулевая линия на графике, построенном для обсерватории) отсчитывали среднегодовое значение элемента на пункте.

Этот вид приведения давал возможность оценить правильность выбора материалов для приведения и позволял простым графическим осреднением результатов наблюдений получить достаточно надежное среднесуточное значение элемента на пункте. Если же наблюдения были произведены в спокойные дни, что легко может быть установлено на основании этих же наблюдений, то среднесуточное значение оказывалось близким к среднемесячному, в особенности если наблюдения производились в течение нескольких дней. Если наблюдения произведены в летние месяцы, близко к середине года, то среднемесячные значения оказываются весьма близкими к среднегодовым. Эти обстоятельства приводят к интересному и полезному выводу: при выбранной Н. В. Адам и Л. С. Банухиным методике наблюдений, наблюдения, произведенные в течение нескольких дней и затем графически осредненные, дают величину, близкую к среднегодовому значению элемента на пункте.

В приводимой табл. 46, заимствованной нами из материалов партии Л. С. Банухина, иллюстрируется расхождение между средними наблюденными значениями и значениями, приведенными к середине года.

Средние наблюдаемые и средние приведенные склонения

Название пункта	Графическое среднее из наблюдаемых значений	Среднее приведенное значение	Разность
Усть-Кут . . . . .	-0°31',9	-0°29',5	-2',4
Киренск I . . . . .	-3 04,7	-3 01,5	-3,2
Киренск II . . . . .	-3 10,7	-3 09,5	-1,2
Непа . . . . .	-2 35,3	-2 34,5	-0,8
Ербогачен . . . . .	-3 17,4	-3 17,5	+0,1
Илимпя . . . . .	2 58,3	2 56,0	+2,3
Тура . . . . .	9 10,6	9 09,0	+1,6
Тутончана . . . . .	11 57,4	11 58,0	-0,6
	Среднее расхождение		±1',5

Таким образом, средняя разность между средними наблюдаемыми и средними приведенными результатами по 8 пунктам наблюдений составляет всего 1',5, т. е. величину, лежащую в пределах погрешности наблюдений.

#### Приведение магнитного склонения

В заключение общего описания способов приведения необходимо в нескольких словах остановиться на приведении к середине года наблюдаемых значений магнитного склонения. Как уже было упомянуто выше, в первые годы Генеральной магнитной съемки склонение, как правило, приводили по нормальному (среднему) суточному ходу. В последующие годы, наряду с общим усовершенствованием методики приведения от этого способа отказались, как от слишком приближенного, хотя суточный ход склонения невелик, и перешли к другому способу приведения.

Так как обсерватории СССР ведут регистрацию горизонтальной и вертикальной сил земного магнитного поля, то склонение не может быть получено без дополнительных вычислений. Поэтому для приведения склонения по таблицам ежечасных значений или по лентам магнитографа вариации склонения приходилось вычислять по формуле, получаемой дифференцированием известного соотношения  $\operatorname{tg} I = \frac{Z}{H}$  и умножением второго члена на коэффициент Кракау  $K_H$

$$\Delta I = a \Delta Z - b K_H \Delta H,$$

где

$$a = \frac{\cos^2 I}{H \sin 1'}, \quad b = \frac{\sin^2 I}{Z \sin 1'}.$$

Вычисление коэффициентов  $a$  и  $b$  для разных районов СССР показало, что они могут быть приняты равными:  $a = 0,02$  и  $b = 0,06$  для всей территории Советского Союза.

Таким образом, склонение в последующие годы съемки также начали приводить по таблицам ежечасных значений или по лентам магнитографов.

При наблюдениях в средних широтах, как уже указывалось, в подавляющем большинстве случаев пользовались данными ближайшей обсерватории. Однако иногда приходилось приводить и по данным более

удаленной обсерватории, что обуславливалось в основном отсутствием данных ближайших обсерваторий. Поэтому, например наблюдения, произведенные на Дальнем Востоке (Даниленко в 1932 и 1933 гг., Марчаковского в 1935 г. в районе Ногаево, Першукевича в 1935 г. по р. Колыме и др.), приведены по таблицам ежечасных значений Иркутской или даже Павловской обсерваторий. Качество такого способа приведения не могло быть удовлетворительным из-за различия суточных ходов для удаленных районов.

В годы съемки были попытки приводить результаты наблюдений на магнитных пунктах по данным двух ближайших к пункту обсерваторий. Для этого случая было выработано правило: по данным двух обсерваторий приводить в тех случаях, когда район работ экспедиции по Генеральной съемке лежит в средней трети расстояния между двумя обсерваториями.

При использовании этого способа величины приведения, полученные по данным двух обсерваторий, как правило, осредняли. Если же значения приведения различались очень сильно и осреднение не представлялось возможным, то материалы приведения дополнительно анализировали; просматривали сходимость между собой отдельных серий наблюдений, приведенных по разным данным, сходимость результатов с данными других наблюдателей на общих пунктах и принимали то приведение, которое обеспечивало получение лучших результатов.

Такой способ приведения применялся лишь в отдельных случаях, так как объем работ удваивался, а улучшение качества приведения было довольно сомнительное; при приведении наблюдений, произведенных в спокойные дни и данных одной обсерватории вполне достаточно для получения удовлетворительного результата, а в возмущенные дни действительная вариация на пункте могла быть в равной мере отлична от вариаций в обеих обсерваториях.

### Особенности приведения в полярных районах

Наиболее трудной задачей, так и не получившей в процессе Генеральной магнитной съемки достаточно удовлетворительного разрешения, явилось приведение наблюдений, произведенных в полярных районах, в пунктах, где не было возможности производить такие длительные ряды наблюдений, как на пунктах векового хода.

Малая изученность вариаций в полярных областях, наличие частых магнитных возмущений, носящих иногда местный характер, недостаточное количество обсерваторий являлись причинами того, что погрешность приведения наблюдений в полярных районах оказывалась весьма значительной. Поэтому в ряде случаев (экспедиция Федулова во время рейса ледокола «Седов» в 1934 г., Острекина в Карском море в 1936 г., Банухина и Рубинсона в Кольском заливе в 1938 г. и др.) наблюдения вообще не приводили к середине года.

Данными полярных обсерваторий при приведении практически почти не пользовались, так как получение их неизбежно было связано с длительной задержкой в обработке результатов съемки. В некоторых случаях при наблюдениях в северных районах для приведения пользовались материалами среднеширотных обсерваторий. Например: наблюдения Фоменко в Белом море в 1933 г. приведены по данным Павловской магнитной обсерватории, наблюдения Лейзенберга по р. Пясине в 1936 г. — по данным Иркутской обсерватории и т. д.

В отдельных случаях наблюдатели пытались выработать свой, новый метод приведения, но эти попытки за исключением методики, примененной Адам и Банухиным, не дали существенных положительных результатов.

Основными факторами, от которых зависит погрешность приведения, можно считать следующие:

А. Широта пункта наблюдений.

Б. Расстояние пункта наблюдений от ближайшей магнитной обсерватории.

В. Степень магнитной возмущенности во время наблюдений.

О значении первого из перечисленных трех факторов мы упоминали уже раньше: чем выше широта пункта наблюдений, тем чаще наступают магнитные возмущения, интенсивность которых также возрастает; радиус действия магнитных обсерваторий в северных широтах значительно меньше, чем в средних, наличие местных возмущений не позволяет учесть их по данным сравнительно редкой сети магнитных обсерваторий. Все это приводит к тому, что погрешность приведения в северных широтах неизбежно остается больше, чем в средних.

При удалении от обсерватории, по данным которой производится приведение, на расстояние большее, чем радиус действия обсерватории, мы неизбежно вносим в приведение некоторую погрешность, полагая при приведении, что вариация на пункте протекает так же, как и в обсерватории, хотя это в действительности и не имеет места.

Если изменение амплитуды среднего суточного хода может быть учтено при помощи коэффициента Кракау, то изменение амплитуды возмущенной части практически учету не поддается. Коэффициент Кракау выведен только для средних широт, поэтому при удалении от обсерватории на значительное расстояние в меридиональном направлении введение коэффициента Кракау не может существенно улучшить приведения. При удалении от обсерватории в широтном направлении для одновременного учета нормального суточного хода и магнитного возмущения нужно применять смешанное приведение. Однако этот метод начали применять лишь в последние годы съемки. Поэтому при приведении во все годы Генеральной съемки основной вес придавали либо нормальному суточному ходу и тогда приведение производили по местному времени, либо магнитному возмущению и тогда приведение производили по гринвичскому времени. Очевидно, что в обоих случаях погрешность приведения будет тем выше, чем дальше расположен пункт наблюдений от обсерватории.

Наконец, магнитная возмущенность во время наблюдений играет основную роль в качестве приведения. При наблюдениях в спокойные дни в средних широтах нормальный суточный ход почти всегда может быть учтен с вполне удовлетворительной точностью. Наложение же возмущенной части вариации в основном и не позволяет добиться во всех случаях достаточно высококачественного приведения.

Разбросанность пунктов наблюдений по обширной территории СССР, совершенно различные расстояния их до обсерваторий, по данным которых производили приведение, и разнообразие применявшихся методов приведения не позволяют дать какой-либо общей оценки качества приведения для всей Генеральной съемки. Помимо этого, для уверенной оценки погрешности нет достаточно объективного критерия, так как наблюдений над вариациями непосредственно на магнитных пунктах до последнего времени не производили, а данных магнитных обсерваторий, как указывалось выше, для суждения о пространственном распределении магнитных вариаций недостаточно.

Чтобы можно было подойти к численной оценке погрешности приведения, рассмотрим несколько примеров приведения, взятых нами из работ по съемке.

А. Наблюдения В. Ф. Шельтинга в 1933 г. в Туркменской ССР. Приведение результатов наблюдений произведено по нормальному суточному ходу Павловской обсерватории с учетом разностей амплитуд с помощью коэффициента Кракау. При определении поправки стрелки склонения расхождение между отдельными сериями наблюдений не превышало 0',5. Расхождения между полевыми сериями наблюдений приведены в табл. 47.

Таблица 47

Максимальные расхождения между отдельными сериями наблюдений склонения

Партия Шельтинга, 1933 г.

Наименование пункта	Максимальные расхождения между сериями	
	по наблюдаемым данным	по приведенным данным
Колодец Ирбент . . . . .	10',4	9',9
Казалинск . . . . .	2',7	1',6
Аральское море . . . . .	2',2	0',8

Наблюдения в Иербенте произведены в один из международных возмущенных дней.

Имея в виду расхождение между сериями наблюдений в обсерватории, можно полагать, что погрешность приведения в первом пункте составляет приблизительно 9',5, во втором — 1',0, в третьем — 0',5. Кроме того, сюда необходимо добавить погрешность общую для всех трех пунктов, так как наблюдения производились по данным удаленной обсерватории, имеющей отличный годовой и вековой ход. Погрешность за счет различного годового хода составляет приблизительно 1',0, за счет различного векового хода — около 1',5. Полагая, что средняя погрешность равна  $\frac{1}{3}$  от максимальной, получим, что погрешность приведения составляет приблизительно 5' для Иербента и 3' для остальных пунктов.

Б. Наблюдения Даниленко в 1934 г. в Дальневосточном крае. Приведение наблюдений произведено по среднемесячному суточному ходу в Иркутске. Максимальные расхождения между отдельными сериями наблюдений приведены в табл. 48.

Таблица 48

Максимальные расхождения между отдельными сериями наблюдений

Партия Даниленко, 1934 г.

Название пункта	Максимальные расхождения между сериями					
	склонение		наклонение		горизонтальная сила	
	наблюд.	привед.	наблюд.	привед.	наблюд.	привед.
Сретенск . . . . .	8',4	4',2	8',7	7',1	55γ	27γ
Покровка . . . . .	1',4	1',9	0',5	0',4	27	25
Благовещенск . . . . .	1',1	0',6	1',2	2',7	27	26

Прежде всего отметим, что хотя все наблюдения произведены в спокойные дни, лишь в Сретенске приведение существенно улучшило сходимость между отдельными сериями наблюдений; в двух остальных пунктах расхождения лежат в пределах погрешности наблюдений, а поэтому приведение, если оно выбрано удачно, не могло изменить сходимости. Погрешность за счет различия в годовом и вековом ходе района работ и обсерватории в данном случае не превышает  $0',5$  по  $D$  и  $I$  и  $5\gamma$  по  $H$ . Поэтому суммарная погрешность приведения для партии Даниленко может быть оценена приблизительно в  $1'$  по  $D$  и  $I$  и  $10\gamma$  по  $H$ .

**В. Наблюдения Прохвятилова в Средней Азии в 1937 г.** Приведение произведено по таблицам ежечасных значений Ташкентской магнитной обсерватории, расположенной близко к району работ экспедиции, с учетом разностей амплитуд суточного хода при помощи коэффициента Кракау.

В табл. 49 помещены наибольшие разности между отдельными сериями наблюдений склонения партии Прохвятилова.

Таблица 49

**Максимальные расхождения между сериями наблюдений склонения**  
Партия Прохвятилова, 1937 г.

Название пункта	Максимальные расхождения между сериями	
	по наблюдаемым данным	по приведенным данным
Бахты . . . . .	6',1	0',1
Ош . . . . .	7',3	0',4
Хорог . . . . .	1',7	2',7
Кушка . . . . .	2',8	1',7

В этом примере приведение весьма существенно улучшило сходимость между отдельными сериями наблюдений. Можно полагать поэтому, что приведение приблизило наблюдаемые значения к среднегодовым и погрешность приведения лежит в пределах возможной погрешности наблюдений. Погрешность за счет различного годового и векового хода в районе работ и в обсерватории здесь совершенно незначительна и ею можно пренебречь.

Этот пример можно рассматривать как один из наиболее удачных результатов приведения.

Можно было бы привести еще много примеров и хороших и плохих результатов приведения, но и указанные выше дают уже некоторую возможность вынести суждение о погрешности приведения результатов наблюдений, произведенных в средних и южных широтах.

Для получения дополнительного материала для оценки погрешности приведения, произведенного наиболее распространенными методами (по таблицам ежечасных значений), нами была выполнена следующая работа: из таблиц ежечасных значений для обсерватории Павловск, Свердловск и Казань было взято по 5 наиболее спокойных и по 5 наиболее возмущенных дней за летние месяцы 1938 г. При этом наиболее возмущенными днями считали те, в которые суточная амплитуда горизонтальной силы в Казани была наибольшей. Для этих трех обсерваторий были вычислены отклонения каждого среднечасового значения за выбранные сутки от среднегодового значения. Полученные таким образом отклонения

для Павловска, Свердловска и Казани были сравнены между собой и вычислены разности между этими отклонениями для всех трех обсерваторий. Очевидно, эти разности позволяют судить о различии в действительных суточных ходах в этих обсерваториях в спокойные и возмущенные дни, а следовательно, дают возможность судить и о погрешности приведения при расстоянии между пунктом наблюдений и обсерваторией порядка 700 км (Свердловск — Казань), 1200 км (Павловск — Казань) и 1900 км (Павловск — Свердловск).

В табл. 50 приводятся средние и максимальные разности, полученные в результате такого сравнения.

Таблица 50

Средние и максимальные разности между отклонениями среднечасовых значений от среднегодовых по данным обсерваторий в Павловске, Свердловске и Казани

	Павловск — Казань (700 км)		Свердловск — Казань (1200 км)		Павловск — Свердловск (1900 км)	
	средн.	максим.	средн.	максим.	средн.	максим.

1. Склонение (сравнение по гриничскому времени)

спокойные дни	1',3	6',3	1',4	7',1	2',3	12',1
возмущенные дни	3,0	17,6	4,8	55,6	5,4	58,8

2. Горизонтальная сила (сравнение по гриничскому времени)

спокойные дни	5γ	19γ	9γ	24γ	10γ	29γ
возмущенные дни	10	47	26	185	33	181

3. Горизонтальная сила (сравнение по местному времени)

спокойные дни	5γ	24γ	10γ	25γ	9γ	44γ
возмущенные дни	13	77	30	205	35	200

Дополнительные сравнения суточных ходов горизонтальной силы по местному времени, как показывают материалы, приведенные в таблице, приводят к выводу, что при выбранных расстояниях между обсерваториями практически безразлично пользоваться ли для приведения местным или гриничским временем. Кроме того, из приведенных в таблице данных видно, что погрешность приведения возрастает с увеличением расстояния между обсерваториями, причем закон возрастания в первом приближении может быть принят линейным. Если в спокойные дни при среднем расстоянии между пунктом наблюдений и обсерваторией порядка 1000 км погрешность приведения может быть принята равной  $\pm 1',5$  по склонению и  $\pm 10 \gamma$  по горизонтальной силе, то в возмущенные дни эта погрешность приблизительно утраивается.

Аналогичные сравнения, произведенные нами для вертикальной силы, показали, что в спокойные дни разности между среднечасовыми значениями для всех трех обсерваторий в среднем составляют  $\pm 10 \gamma$ , в возмущенные дни  $\pm 30 \gamma$ , причем определенной зависимости этих величин от расстояния между обсерваториями получено не было.

В полярных районах разность между наблюдаемыми значениями и среднегодовыми может быть очень велика, если даже наблюдения производились в течение нескольких суток. По проведенному Л. С. Банухиным сопоставлению, даже среднедекадные и среднemesячные значения по

## Отклонения среднемесячных и среднедекадных значений от среднегодовых по данным некоторых обсерваторий СССР

Название обсерватории	Склонение		Горизонтальная сила	
	среднемес. — среднегод.	среднедек. — среднегод.	среднемес. — среднегод.	среднедек. — среднегод.
Бухта Тихая . . . . .	3',7	4',8	12γ	13γ
Маточкин Шар . . . . .	2',1	2',5	12	15
о. Диксон . . . . .	1',6	2',7	6	8
м. Челюскин . . . . .	4',6	6',2	6	10
Уэллен . . . . .	0',9	0',9	7	9

записи полярных магнитных обсерваторий сильно отличаются от среднегодовых. В табл. 51 приведены результаты сопоставления, полученные Л. С. Банухиным.

Приведенные в таблице расхождения частично обусловлены вековым ходом, исправления за счет которого могли бы быть выполнены без особого труда. Однако по приведенным в таблице материалам можно косвенным образом судить о вероятной погрешности среднегодовых значений, получаемых даже из длительного ряда наблюдений.

На основании всех рассмотренных выше примеров можно оценить погрешность приведения наблюдаемых значений к середине года следующими значениями:

## 1. При наблюдениях в средних широтах

	В спокойные дни	В возмущенные дни
По склонению . . . . .	$\pm 2'$	$\pm 5'$
По горизонтальной силе . . . . .	$\pm 10\gamma$	$\pm 30\gamma$
По наклонению . . . . .	$\pm 1'$	$\pm 2'$

## 2. При наблюдениях в высоких широтах

По склонению не меньше . . . . .	$\pm 5'$
По горизонтальной силе не меньше . . . . .	$\pm 30\gamma$
По наклонению не меньше . . . . .	$\pm 2'$

Приведенные выше погрешности указывают лишь порядок возможной погрешности приведения. В ряде случаев действительная погрешность приведения может оказаться значительно больше или меньше приведенных величин.

Что касается погрешности приведения вертикальной силы  $Z$ , то она, повидимому, не будет превосходить погрешности приведения горизонтальной силы, т. е.  $\pm 10\gamma$  в спокойные дни и  $\pm 30\gamma$  в возмущенные дни.

Проведенное нами сопоставление вариаций в трех магнитных обсерваториях дало приблизительно такую же величину расхождения между обсерваториями. Поэтому практически при наблюдениях отдельных серий вертикальной силы в любое время суток едва ли может быть обеспечена точность приведения выше  $\pm 10\gamma$ .

Для приближенной оценки погрешности приведения результатов наблюдений на пунктах векового хода, на которых с 1938 г. наблюдения производятся в утренние и вечерние часы, когда суточный ход близок к нулю, нами были проделаны следующие вычисления:

1. а) по таблицам ежечасных значений Свердловской магнитной обсерватории за осенние месяцы 1942 г. были вычислены средние значения магнитных элементов за два утренних и два вечерних часа каждых суток;

б) составлены разности: среднее значение элемента за два утренних часа минус среднегодовое значение элемента и среднее значение элемента за два вечерних часа минус среднегодовое значение элемента. Полученные таким образом разности осреднены для каждого выбранного месяца и эти средние значения внесены в графы 3 и 4 табл. 52.

2. а) вычислено среднее значение элемента для каждых суток выбранных месяцев путем осреднения его значений в те же утренние и вечерние часы за одни сутки;

б) составлены разности между этими средними значениями элемента и его среднегодовым значением. Полученные разности осреднены для каждого месяца и внесены в графу 5 табл. 52.

3. а) вычислены средние значения элемента за двое суток путем соответствующего осреднения его значений в утренние и вечерние часы за двое суток;

б) составлены разности между этими средними значениями за двое суток и среднегодовым значением элемента. Полученные разности осреднены для каждого месяца и средние разности внесены в графу 6 табл. 52.

Таблица 52

Средние разности между средними значениями элемента за утренние и вечерние часы и среднегодовым значением элемента по данным Свердловской магнитной обсерватории

Месяц	Утро	Вечер	Утро + вечер	Утро + вечер за два дня
1. Склонение				
Сентябрь . . . . .	1',4	2',4	1',6	1',1
Октябрь . . . . .	1,1	4,2	2,2	1,9
Ноябрь . . . . .	1,3	2,8	1,4	1,4
2. Горизонтальная сила				
Сентябрь . . . . .	8γ	7γ	5γ	3γ
Октябрь . . . . .	11	10	9	6
Ноябрь . . . . .	8	8	7	6
3. Вертикальная сила				
Август . . . . .	5γ	5γ	5γ	3γ
Сентябрь . . . . .	6	6	4	4
Октябрь . . . . .	4	5	3	3

Примечание. Если исключить из рассмотрения 5 наиболее возмущенных дней каждого месяца, приведенные в таблице средние разности уменьшатся в среднем на  $\frac{1}{3}$ .

На основании этих данных можно заключить, что если наблюдения на пунктах векового хода произведены в спокойные дни, в часы, предусмотренные инструкцией, то простым осреднением всех наблюденных на пункте значений можно получить среднегодовое значение элемента с погрешностью порядка  $\pm 1',5$  по  $D$ ,  $\pm 5\gamma$  по  $H$  и  $\pm 5\gamma$  по  $Z$ . Поэтому приведение результатов наблюдений на пунктах векового хода не является существенно необходимым; приведение же наблюдений по данным удаленных от пункта обсерваторий может удалить среднее наблюденное значение от действительного среднего значения на пункте, так как в разных местах изменения магнитных элементов протекают существенно различно. Поэтому в настоящее время представляется более целесообразным для пунктов векового хода не приводить наблюденные значения к середине года, а относить средний результат наблюдений (предварительно убедив-

шись, что в момент наблюдений не было магнитного возмущения) непосредственно к «эпохе наблюдений», т. е. к десятым или сотым долям года наблюдений (например, средний результат наблюдений в течение 16—17 августа 1940 г. отнести к эпохе 1940, 64 г.).

В заключение отметим, что приведенные выше погрешности приведения на пунктах векового хода подтверждаются сравнением между собой результатов наблюдений разных наблюдателей на одном пункте.

## ГЛАВА VIII

### ПРИВЕДЕНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ РАЗНЫХ ЛЕТ К ОДНОЙ ОБЩЕЙ ЭПОХЕ

Для приведения наблюдений, произведенных в разные годы к общей эпохе, необходимо знать вековой ход магнитных элементов. Материалом для суждения о вековом ходе служат данные магнитных обсерваторий и повторные наблюдения на специальной сети пунктов векового хода.

#### Развитие сети пунктов векового хода

Важность изучения векового хода и его распределения по территории СССР была достаточно ясна при организации работ по Генеральной магнитной съемке. Поэтому еще в 1924 г., на первом Всесоюзном геомагнитном совещании, была обсуждена и принята сеть магнитных пунктов векового хода (тогда их называли опорными пунктами) сначала для Европейской части СССР, включающая 124 пункта, а затем, уже после совещания, для всей территории Советского Союза, состоящая из 270 пунктов.

Сеть пунктов векового хода 1924 г. представлена на рис. 10, из которого видно, что распределение пунктов по территории СССР было чрезвычайно неравномерным: в Европейской части СССР сеть была весьма густа, в Азиатской части СССР — редка, а расстояние между пунктами колебалось в очень широких пределах.

Последнее привело к необходимости пересмотреть эту сеть и внести в нее ряд изменений. Такой пересмотр был произведен в 1936 г. Новая сеть 1936 г. включала 381 пункт векового хода, причем увеличение об- щего числа пунктов сети произошло в основном вследствие сгущения сети пунктов в Азиатской части СССР (рис. 11).

После работ по вековому ходу, выполненных Малининой, Розе и Орловым [25, 52] в период с 1924 по 1937 г., принципиальная картина распределения векового хода на территории СССР в основном уже определилась. Характер распределения оказался плавным и закономерным, а поэтому не было смысла иметь такую большую сеть, тем более, что обслуживание ее было затруднено необходимостью иметь большой штат специалистов и большой парк приборов. Поэтому в 1938 г. сеть пунктов векового хода была вновь пересмотрена. Новая сеть 1938 г. была одобрена в том же году на всесоюзном совещании директоров магнитных обсерваторий и включала 271 пункт, отличаюсь от сети 1924 г. в основном большей равномерностью расположения пунктов. Сеть 1938 г. представлена на рис. 12.

Посещаемость пунктов векового хода в годы Генеральной съемки была неодинаковой. Приведенный на рис. 13 график посещаемости пунктов векового хода с 1920 по 1942 г. показывает, что до 1923 г. были лишь отдельные, случайные посещения; с 1924 г., после организации геомагнитного отделения ГГО и начала подготовки к Генеральной магнитной съемке, посещаемость пунктов векового хода постепенно возрастает. На-

чало Генеральной съемки привело к резкому увеличению числа посещений; наибольшее число их пришлось на 1935—1936 гг., в которые магнитная съемка имела наибольшее развитие. Большое количество посещений падает также на 1939 г., что объясняется необходимостью составления карт изопор для пятилетия 1935—1940 гг. и стремлением получить наибольшее количество материалов повторных наблюдений. Уменьшение количества посещений в последние годы объясняется тем, что для вывода среднего векового хода по пятилетиям все наблюдения на пунктах векового хода были запланированы на 1943 и 1944 гг.

### Программа наблюдений на пунктах векового хода

Точность карт изопор определяется в основном точностью магнитных наблюдений на пунктах векового хода. Последнее же зависело от качества приборов, применяемых при наблюдениях, методики наблюдений и методики исключения магнитных вариаций. Так как подавляющее боль-

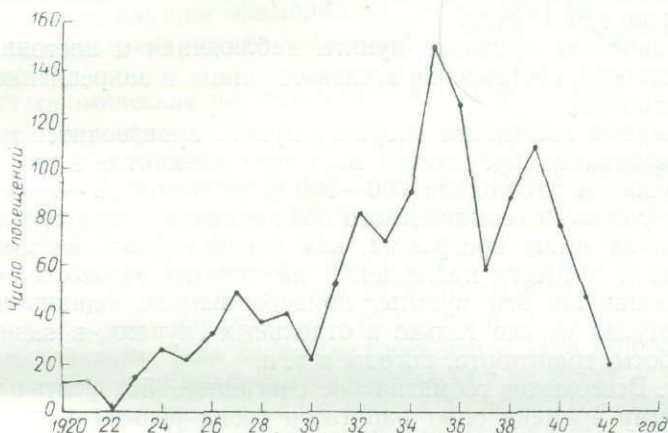


Рис. 13. График посещаемости пунктов векового хода с 1920 по 1942 г., применительно к сети 1938 г.

шинство наблюдений за период Генеральной магнитной съемки было произведено со стандартными магнитными приборами, позволяющими определять значение магнитных элементов с вполне определенной точностью, по определенной методике, то повышение точности результатов наблюдений могло идти только путем усовершенствования программы наблюдений. Рационально составленная программа может в значительной мере исключить влияние магнитных вариаций на результат наблюдений и позволит, следовательно, приблизить наблюденное значение элемента к среднегодовому. Поэтому программы наблюдений на пунктах векового хода не раз служили предметом обсуждения на геомагнитных совещаниях и не раз пересматривались, совершенствуясь по мере накопления опыта работ по магнитной съемке.

В 1930 г. была издана первая подробная Инструкция наблюдателям магнитных партий [28], которая, помимо общих указаний по производству съемки, содержала также и программу наблюдений на пунктах векового хода. Указывая, что точность наблюдений на пунктах векового хода должна составлять  $\pm 0,2$  по  $D$ ,  $\pm 5\gamma$  по  $H$  и  $\pm 15\gamma$  по  $Z$ , программа предусматривала следующую схему наблюдений на каждом пункте (приводим непосредственную выдержку из Инструкции):

«1. Определение поправки хронометра по зенитным расстояниям солнца. Две серии наблюдений — к востоку и западу от меридиана, при

часовом угле солнца не меньше 3 часов. Каждая серия — не менее 8 наведений на солнце.

2. Определение азимута по часовым углам. Две серии наблюдений из 8 наведений каждая по обе стороны от меридиана.

3. Четыре серии наблюдений склонения, всякий раз с раскручиванием нити. Эти серии надлежит чередовать с наблюдениями горизонтальной составляющей.

4. Четыре серии наблюдений горизонтальной составляющей. Каждая серия производится по полной схеме: качания — отклонения — качания — кручение (если наблюдают способом Гаусса — Ламона) или по схеме (для электрического магнитометра): для наведений на N, S, S, N концы магнита при токе прямом и обратном с двумя нормальными элементами.

5. Четыре серии наблюдений наклона с индукционным инклинометром или, за отсутствием индукционного, 6 серий со стрелочным инклинометром; в этом случае 6 серий распределяются между двумя или тремя стрелками.

6. Определение широты в этом случае, если последняя известна с точностью меньше чем  $1'$  дуги.

7. Геодезическая привязка пункта наблюдений к постоянному предмету на местности, составление эскизного плана и закрепление пункта на местности столбом.

8. При первом посещении опорного пункта производится по одной серии дополнительных определений всех трех элементов в двух или трех соседних точках в расстоянии 200—500 м от основной — для выявления степени однородности геомагнитного поля в новом опорном пункте».

Приведенная выше программа, как показал опыт, не могла обеспечить требуемой точности наблюдений на пунктах векового хода; наблюдатели, посещавшие эти пункты, придерживались, однако, такой программы, отступая от нее только в отдельных случаях, в зависимости от условий работы, транспорта, погоды и т. п.

В 1935 г. Всесоюзное геомагнитное совещание [56], учитывая накопившийся к этому времени опыт работы, в своих решениях предусмотрело необходимость пересмотра и улучшения программы наблюдений. На основании этого решения, в 1936 г. была составлена новая инструкция начальникам магнитных партий, согласно которой наблюдения на пунктах векового хода должны были производиться с точностями  $\delta D = 1'$ ,  $\delta H = 5 \gamma$  и  $\delta Z = 50 \gamma$ .

Содержащаяся в новой инструкции программа наблюдений на пунктах векового хода полностью сохраняла объем работы по астрономическим наблюдениям и определению склонения. Наблюдателям вменялось лишь в обязанность производить наблюдения широты независимо от наличия старых определений.

В связи с изменившейся методикой определения горизонтальной силы (переход от метода Гаусса — Ламона к методу отклонений) программа предусматривала 12 серий наблюдений отклонений — 3 раза по 4 серии; в случае же сохранения старого метода наблюдений надлежало произвести 3 серии наблюдений, каждая из которых состояла из трехкратного определения периода качаний магнита и двухкратного определения угла отклонения, причем определения периода качаний и угла отклонения должны были чередоваться между собой. Каждая серия наблюдений включала определение кручения нити подвеса.

Вследствие расширившегося к этому времени применения для наблюдений наклона метода индукции в мягком железе, программа требовала определения 8 серий наклона этим методом или 8 серий наблюдений со стрелочным инклинометром по 4 серии с каждой стрелкой.

Такая программа наблюдений оставалась неизменной до 1938 г.,

когда на основе накопления опыта работы и расширившихся представлений о характере геомагнитных вариаций, она была вновь пересмотрена. В результате этого пересмотра в 1938 г. В. П. Орловым была составлена специальная инструкция для производства наблюдений на магнитных пунктах векового хода, которая после годичной полевой проверки была издана в 1939 г. [57].

Новая инструкция устанавливала различную программу наблюдений для пунктов, лежащих в разных широтах. Недостаточная изученность суточного хода в северных широтах и наличие там частых возмущений вызвали необходимость расширения программы наблюдений для таких пунктов. Для наблюдений же в средних широтах, кроме некоторого расширения программы, были указаны наиболее благоприятные часы для наблюдений, чтобы влияние суточного хода на результат было наименьшим. Разделение программы наблюдений в зависимости от широты пункта позволило улучшить результаты наблюдений на северных пунктах, не перегружая излишне программы для пунктов средних широт. Условной границей между пунктами «средних» и «северных» широт была принята ломаная линия, идущая примерно по широте 62—65°.

При наблюдениях на пунктах средних широт программой предусматривались:

1. Астрономические наблюдения — в том же объеме, что и по предыдущей инструкции.

2. Магнитные наблюдения:

а) наблюдения склонения — 8 серий в 4 срока, распределяющиеся не менее чем на двое суток. Время наблюдений — до 7 часов и после 17 часов по местному времени;

б) наблюдения горизонтальной силы — в прежнем объеме. Время наблюдений — до 8 часов и после 15 часов по местному времени;

в) наблюдения наклона: применение стрелочного инклинатора в партиях векового хода не допускалось вовсе. При применении индукционного инклинатора требовалось произвести не менее 6 серий наблюдений, распределявшихся не менее чем на 3 срока. При применении метода индукции — также не менее 6 серий определений в три срока. Если пункт векового хода посещала партия Генеральной съемки, снабженная стрелочным инклинатором, инструкция требовала производства не менее 18 серий наблюдений с двумя стрелками.

Кроме этой программы наблюдений на основном пункте, инструкция предусматривала производство дополнительных определений вертикальной силы с магнитными весами в 8 точках в четырех направлениях от основной, на расстоянии 300—600 м от нее с целью установления характера магнитного поля в районе пункта векового хода. Эти наблюдения позволяли судить о той точности, с которой необходимо находить место наблюдений при последующих посещениях, если это место не закреплено на местности столбом.

Программа наблюдений на пунктах северных широт, сохраняя в основном тот же объем астрономических наблюдений, заметно расширила объем магнитных наблюдений:

а) склонение — не менее 12 серий в 6 сроков, по две серии в каждый срок;

б) горизонтальная сила — не менее чем в 6 сроков по одной сдвоенной серии по методу Гаусса — Ламона или не менее чем по 4 серии методом отклонений с двумя отклоняющими магнитами, а всего не менее 24 серий отклонений;

в) наклонение — не менее 6 раз, каждый раз по 2 серии с индукционным инклинатором или не менее 4 серий методом индукции в мягком железе с двумя парами стержней, а всего не менее 24 серий. При случайном

применении стрелочного инклинометра должно быть наблюдеено не менее 36 серий с двумя стрелками.

Все наблюдения должны быть расположены по времени так, чтобы осреднение всех наблюденных значений давало бы величину, близкую к среднесуточной за дни наблюдений. Все наблюдения надлежало производить в течение 5 дней, 3 из которых должны быть спокойными в магнитном отношении. Для суждения о степени возмущенности дня рекомендовалось непрерывно, каждые 10—15 минут, весь период абсолютных наблюдений вести отсчеты по шкале вертикальных весов.

Кроме программы наблюдений, инструкция 1939 г. включила еще указания по обращению с магнитными приборами, по выбору места для закладки нового пункта векового хода, по его переносу на новое место, по составлению описания пункта и закреплению его на местности и тому подобное.

### Точность наблюдений на пунктах векового хода

Выше мы уже указывали, что точность наблюдений на пунктах векового хода, согласно последней инструкции, должна была составлять  $\pm 1'$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 5 \gamma$  по  $H$ . Естественно, что если эта точность наблюдений выдерживалась, то погрешность приведенного к середине года значения элемента оказывалась больше на величину погрешности приведения.

При оценке средней погрешности результата наблюдений на пункте векового хода мы будем исходить из уже выведенных ранее погрешностей наблюдений на рядовых пунктах Генеральной магнитной съемки:

погрешность отдельной серии магнитных наблюдений для пунктов средних широт составляет  $\pm 2',0$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 20 \gamma$  по  $H$ ;

погрешность в определении постоянных магнитного теодолита на основании просмотра отчетов о полевой работе в среднем может быть принята равной  $\pm 0',5$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 5 \gamma$  по  $H$ ;

погрешность приведения для пунктов векового хода была ранее подсчитана и оказалась равной  $\pm 1',0$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 5 \gamma$  по  $H$ .

Исходя из этих величин, может быть рассчитана средняя квадратичная погрешность как наблюденных, так и приведенных значений магнитных элементов на пунктах векового хода. Она окажется равной:

А. По склонению. При наличии 6 серий наблюдений средняя квадратичная погрешность среднего вычисленного значения составит

$$\Delta D_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta D)^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{6 \cdot 2^2}{6 \cdot 5}} \simeq \pm 0',9.$$

Прибавив к этой величине погрешность определения постоянной, получим среднюю погрешность наблюденного склонения на пункте векового хода равной

$$\Delta D_0 = \pm \sqrt{0,9^2 + 0,5^2} \simeq \pm 1',1.$$

Погрешность среднегодового значения, очевидно, составит

$$\Delta D = \pm \sqrt{0,9^2 + 0,5^2 + 1,0^2} = \pm 1',5$$

или округленно

$$\Delta D = \pm 2'$$

Б. По наклонению. При 24 сериях наблюдений наклонения на пункте векового хода средняя квадратичная погрешность среднего вычисленного значения будет

$$\Delta I_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta I)^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{24 \cdot 2^2}{24 \cdot 23}} \simeq \pm 0',5.$$

Так как средняя погрешность определения постоянной составляет  $\pm 0',5$ , то средняя квадратичная погрешность наблюдаемого значения наклона на пункте будет

$$\Delta I_2 = \pm \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = \pm 0',8.$$

Наконец, погрешность среднегодового значения будет получена, если к результату прибавить погрешность приведения

$$\Delta I = \pm \sqrt{0,5^2 + 0,5^2 + 1,0^2} = \pm 1',3$$

или, округляя в большую сторону

$$\Delta I = \pm 2'.$$

В. По горизонтальной силе. Подсчитывая среднеквадратичные погрешности таким же путем, получим погрешность среднего наблюдаемого значения при 24 сериях наблюдений на пункте

$$\Delta H_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta H)^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{24 \cdot 20^2}{24 \cdot 23}} \simeq \pm 4\gamma,$$

погрешность среднего результата с учетом точности определения постоянной

$$\Delta H_2 = \pm \sqrt{4^2 + 5^2} = \pm 7\gamma,$$

погрешность среднего приведенного значения составит

$$\Delta H = \pm \sqrt{4^2 + 5^2 + 5^2} \simeq \pm 8\gamma,$$

или округленно

$$\Delta H = \pm 10\gamma.$$

При применении для наблюдений наклона стрелочного инклинометра средняя погрешность наблюдений наклона была, как правило, значительно больше подсчитанной, достигая в отдельных партиях Генеральной съемки 5 и даже 10' (при наблюдениях с малой моделью инклинометра фирмы Шасселон), чем и было вызвано запрещением инструкцией 1939 г. наблюдать на пунктах векового хода с этим прибором.

Приведенные выше погрешности среднегодовых значений магнитных элементов увеличиваются для пунктов, лежащих в северных широтах и особенно для районов крайнего северо-востока СССР. Увеличение погрешности определяется главным образом недостаточной изученностью магнитных вариаций на севере, а поэтому и невозможностью обеспечить высококачественное приведение наблюдаемых значений к середине года.

Для средних широт подсчитанные погрешности вполне удовлетворительно совпадают с требованиями инструкции и, повидимому, достаточно правильно отражают действительные погрешности результатов наблюдений на пунктах векового хода.

### Погрешность карт изопор

Под погрешностью карт изопор мы понимаем среднее отклонение среднего годового изменения, снятого с карты изопор, от действительного среднегодового изменения для данного пункта за данный промежуток времени. Очевидно, что средний вековой ход за пятилетие может довольно значительно отличаться от действительного ежегодного изменения магнитных элементов.

Выведенные выше погрешности среднегодовых значений магнитных элементов на пунктах векового хода позволяют получить среднегодовые изменения за пятилетний промежуток времени со средней погрешностью по склонению и наклонению

$$\Delta(\delta D) = \Delta(\delta I) = \pm \frac{\sqrt{2^2 + 2^2}}{5} = \pm 0',5,$$

по горизонтальной силе

$$\Delta(\delta H) = \frac{\sqrt{10^2 + 10^2}}{5} = \pm 3\gamma.$$

Как известно, при составлении карт изопор среднегодовые изменения, вычисленные для большого числа пунктов, наносят на бланковые карты и далее проводят линии равных годовых изменений — изопоры. Так как проведение изолиний на карте изопор представляет собой, по существу, графическое осреднение всех используемых при составлении карт значений, то погрешность графически осредненных значений (карта изопор) в среднем будет содержать погрешность меньшую, чем погрешность каждого отдельного определения и лишь в неблагоприятном случае будет совпадать с погрешностью выведенных выше среднегодовых изменений. Отметим, однако, что в распределении векового хода на территории СССР могут оказаться некоторые особенности, которые недостаточно подтверждены наблюдениями, а потому остались непоказанными на картах изопор. Это обстоятельство в некоторой степени снижает точность этих карт.

В. П. Орлов [53] оценивает погрешность составленных им карт изопор для периода 1935—1940 гг. в 0,5 по  $D$  и  $I$  и 5  $\gamma$  по  $H$  для зоны средних широт. Эта оценка погрешности хорошо согласуется с выведенными нами выше погрешностями среднегодовых изменений на пунктах векового хода и подтверждает приведенные выше соображения.

Необходимо подчеркнуть, что выведенные выше величины погрешностей справедливы только для средних широт. Так как погрешность наблюдений в северных широтах значительно больше, чем в средних, то и погрешность карт изопор в этих районах будет больше.

#### Приведение к эпохе 1940 г.

Все значения магнитных элементов, помещенные в каталоге Генеральной магнитной съемки СССР (тома 2 и 3, издания «Магнитное поле СССР»), приведены к эпохе 1940 г. В каталог внесены не только результаты наблюдений по Генеральной магнитной съемке с 1931 по 1942 г., но также и выполненные ранее.

Для приведения наблюдений периода Генеральной магнитной съемки, внесенных в том 2 настоящего издания, к эпохе 1940 г. были использованы карты изопор, составленные Н. Е. Малининой и В. П. Орловым [52] за период с 1930 по 1935 г. и исправленные В. П. Орловым на основании новейших данных, а также карты изопор, составленные В. П. Орловым для периода 1935—1940 гг. На основании этих карт были рассчитаны таблицы среднегодовых изменений за эти же периоды, для каждого четного градуса широты и долготы по всей территории СССР. Кроме того, были составлены такие же таблицы для суммарных изменений магнитных элементов за 5 лет — от 1935 до 1940 г.

Приведение к эпохе 1940 г. в этом случае производилось следующим образом: по координатам пункта наблюдений интерполяцией между соседними значениями в таблице находили годовое изменение для пункта наблюдений. Если наблюдение было произведено после 1935 г., то среднегодовое изменение, выбранное из таблиц векового хода для периода 1935—1940 гг., умножали на число лет, протекших от года наблюдений до 1940 г.; полученную величину прибавляли с соответствующим знаком к наблюденному значению элемента на пункте.

Если наблюдение было произведено в период с 1930 по 1934 г., то приведение производили двумя ступенями: по таблицам среднегодовых изменений за период 1930—1935 гг. находили величину приведения от года наблюдений до 1935 г.; затем по таблицам суммарных изменений с 1935

по 1940 г. находили изменение элемента для данной точки за это пятилетие. Сумму двух найденных таким образом величин придавали к наблюдаемому значению элемента на пункте.

Наблюдения, произведенные в 1941—1942 гг., приводили к эпохе 1940 г. по таблицам среднегодовых изменений за период 1935—1940 гг.

Том 3 настоящего издания содержит результаты магнитных наблюдений, произведенных с 1900 по 1930 г. в тех районах СССР, которые не были покрыты впоследствии Генеральной магнитной съемкой. Эти магнитные определения в значительной части были уже обобщены ранее и напечатаны в изданном под редакцией Б. П. Вейнберга каталоге [19, 35, 36], причем наблюдения, произведенные до 1925 г., были приведены им к эпохе 1925 г., наблюдения же, произведенные с 1926 по 1930 г. — к эпохе 1930 г. Однако составители каталога Генеральной магнитной съемки при внесении в каталог этих наблюдений использовали не каталог Б. П. Вейнберга, а непосредственно подлинные материалы наблюдений.

В том 3 включены также результаты магнитных наблюдений с 1900 по 1940 г. на территориях, вошедших в состав СССР после 1939 г.

Все эти наблюдения приведены к эпохе 1940 г. на основании данных, имеющихся в работе В. П. Орлова по исследованию векового хода на территории СССР [53]. Для практического использования на основании этих материалов были составлены таблицы среднегодовых и суммарных изменений магнитных элементов с 1925 по 1940 г. и с 1930 по 1940 г. Из этой же работы В. П. Орлова были также использованы таблицы среднегодовых изменений за периоды 1905—1915 гг., 1915—1925 гг. и 1925—1930 гг.

К эпохе 1940 г. были приведены лишь непосредственно наблюдаемые элементы: склонение  $D$ , наклонение  $I$  и горизонтальная сила  $H$ . Значения остальных элементов —  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $T$  были получены при помощи вычислений по известным соотношениям между магнитными элементами на основании приведенных к эпохе 1940 г. значений  $D$ ,  $I$  и  $H$ . Отступать от этого правила приходилось только в тех редких случаях, когда наблюдения сохраняли значения вертикальной силы  $Z$ , а не наклонения. Тогда к 1940 г. приводили значения вертикальной силы, а наклонение получали вычислением по приведенным к 1940 г. значениям горизонтальной и вертикальной силы.

Так как карты изопор и таблицы среднегодовых и суммарных изменений составляли только до широты  $70^{\circ}\text{N}$ , то для приведения наблюдений, произведенных в более северных широтах, годовые и суммарные изменения были получены при помощи экстраполяции значений, помещенных в таблицах. Наблюдения в очень высоких широтах, где такая экстраполяция становилась крайне ненадежной, не приводили вовсе, а в каталоге помещены данные на год наблюдений. Так, например, остались неприведенными наблюдения Е. К. Федорова на станции «Северный полюс» в 1937—1938 гг., наблюдения В. Х. Буйницкого во время дрейфа ледокола «Седов» в 1938—1939 гг., наблюдения А. Н. Смесова в 1939 г. и некоторые другие.

#### Погрешность приведения к эпохе 1940 г.

Погрешность приведения к эпохе 1940 г. может быть оценена по погрешности карт и таблиц векового хода, использованных при приведении.

В. П. Орлов следующим образом оценивает точность составленных им карт изопор для разных периодов: для карт среднегодовых изменений за десятилетия 1905—1915 гг., 1915—1925 гг., а также за пятилетия 1925—1930 гг., 1930—1935 гг., 1935—1940 гг. для Европейской части СССР, кроме районов крайнего севера порядка  $\pm 0,5$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 5$  по  $H$ , при-

чем в районах, прилегающих к магнитным обсерваториям, точность карт изопор повышается. В юго-восточной части Средней Азии, Монгольской Народной Республике и северных районах СССР погрешность карт изопор повышается до  $\pm 1'$  по  $D$  и  $I$  и до  $\pm 10 \gamma$  по  $H$ .

На крайнем севере, в зоне между  $80$  и  $180^\circ$  восточной долготы, погрешность карт изопор может достигать до  $\pm 3'$  по  $D$ .

На основе этих данных и, учитывая, что оценка погрешности карт изопор по данным В. П. Орлова хорошо совпадает и с нашими подсчетами, можно оценить и среднюю погрешность приведения к эпохе 1940 г. Очевидно, что погрешность приведения будет различна для разных районов Советского Союза в зависимости от точности карт изопор для этих районов и будет зависеть от того, за сколько лет выполнено приведение. Наблюдения периода Генеральной магнитной съемки произведены с 1931 по 1942 г., т. е. эпоха наблюдений отличается от эпохи приведения не более чем на 10 лет. Поэтому максимальная погрешность приведения во всяком случае не должна превышать десятикратной погрешности использованных при приведении карт изопор, т. е. должна лежать в пределах  $\pm 5'$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 50 \gamma$  по  $H$  для Европейской части СССР, кроме районов крайнего севера, и  $\pm 10'$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 100 \gamma$  по  $H$  для большей части остальной территории СССР. Практически же чем ближе лежит год наблюдений к 1940 г., тем меньше погрешность приведения. Поэтому приведенные выше цифры должны рассматриваться как верхний предел средней ошибки приведения.

Погрешность приведения наблюдений, произведенных до 1930 г., будет во всяком случае не меньше, так как сам период приведения больше и вековой ход за старые годы менее изучен. Для правильной оценки погрешности приведения этих наблюдений в Бюро Генеральной магнитной съемки были составлены дополнительные карты суммарных изменений магнитных элементов для периодов 1910—1940 гг. и 1915—1940 гг., для тех частей СССР, которые были покрыты сетью магнитных пунктов при съемке, проводившейся Российской Академией наук в 1909—1914 гг. (северо-запад и юго-запад Европейской России), для периода с 1900 по 1940 г. по отдельным маршрутам наблюдений Д. А. Смирнова — в междуречье Обь — Енисей и для периода с 1924 по 1940 г. — для района дрейфа судна «Мод».

Сопоставление этих дополнительных карт суммарных изменений, построенных непосредственно по данным наблюдений начала и конца указанных выше периодов, с суммой изменений, полученных по картам изопор В. П. Орлова, за отдельные периоды показало, что погрешность приведения наблюдений более старых лет имеет тот же порядок величины, что и погрешность приведения наблюдений периода первых лет Генеральной магнитной съемки, т. е. составляет в среднем  $\pm 5'$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 50 \gamma$  по  $H$ . На Дальнем Востоке, а также на севере Европейской части СССР погрешность приведения этих наблюдений значительно возрастает и может превосходить  $\pm 10'$  по  $D$  и  $I$  и  $\pm 100 \gamma$  по  $H$ . Особенно высока погрешность приведения на северо-восточной окраине СССР, к востоку от р. Лены, где повторных наблюдений в годы, предшествовавшие Генеральной съемке, было настолько мало, что вековой ход остался изученным совершенно недостаточно. Поэтому погрешность приведения в этих районах, например, по склонению может составлять  $1^\circ$  и более.

В заключение необходимо вкратце еще раз остановиться на действительной погрешности приведения остальных элементов —  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и  $T$  к эпохе 1940 г. Как мы уже указывали, эти элементы получали вычислением по приведенным к 1940 г. значениям  $D$ ,  $I$  и  $H$ . Поэтому погрешность в приведенных значениях этих элементов полностью определяется погрешностью приведения  $D$ ,  $I$  и  $H$  и может быть снова подсчитана по обычным

дифференциальным формулам. Такой подсчет (принимая  $H = 0,15$ ,  $I = 70^\circ$  и  $D = 10^\circ$ ) дает следующие средние значения погрешностей:

$$\Delta X \simeq \pm 50\gamma; \quad \Delta I \simeq \pm 30\gamma; \quad \Delta Z \simeq \pm 300\gamma; \quad \Delta T \simeq \pm 300\gamma.$$

Очевидно, что для севера СССР и Дальнего Востока эти погрешности будут выше.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ, ПРИВЕДЕННЫХ К ОДНОЙ ЭПОХЕ

Для суждения о точности результатов наблюдений, приведенных к одной эпохе, служили следующие основные данные:

1. Величина расхождения между отдельными сериями наблюдений на пункте, произведенных одним наблюдателем при однократном посещении пункта.

2. Величина расхождения между средними значениями магнитных элементов, полученными в результате повторных наблюдений одного наблюдателя на одних и тех же пунктах.

3. Величина расхождения между результатами наблюдений разных наблюдателей на общих пунктах.

Все эти величины вычислялись в процессе обработки наблюдений Генеральной магнитной съемки и мы воспользовались ими для выводов о практически получаемой средней погрешности результатов магнитных наблюдений.

#### Оценка погрешности по расхождению между отдельными сериями наблюдений

За расхождение между отдельными сериями наблюдений, произведенными одним наблюдателем при однократном посещении пункта, принимали среднее арифметическое отклонение от среднего, принятого для данного пункта, результата. При работах по Генеральной магнитной съемке было разрешено инструкцией, чтобы две серии наблюдений какого-либо элемента непосредственно следовали по времени друг за другом с интервалом 5—10 минут. При наблюдении склонения наведение на миру часто производили до начала наблюдений и после их окончания, так что первый отсчет на магнит во второй серии наблюдений непосредственно следовал за последним отсчетом в первой серии. При определении горизонтальной силы методом отклонений, наблюдения углов отклонений с разными магнитами также непосредственно следовали друг за другом; прибор за время производства наблюдений, как правило, не снимали и не переставляли. Таким же образом производили наблюдения наклонения методом индукции в мягком железе. Поэтому расхождения между отдельными сериями наблюдений какого-либо элемента не могли характеризовать действительную погрешность наблюдений. Например, по склонению — погрешность наблюдений, зависящая от недостаточной раскрученности нити подвеса, одинаково исказит результаты обеих серий наблюдений и не будет обнаружена сравнением этих серий между собой.

По горизонтальной силе — сравнение отдельных серий наблюдений между собой не позволит обнаружить изменение постоянных магнитного теодолита, если постоянные для разных магнитов изменяются согласованно. Поэтому погрешность определений горизонтальной силы, зависящая от изменения постоянных, полностью входящая в суммарную погрешность определений, останется не обнаруженной. То же можно сказать и относительно определения наклонения методом индукции в мягком железе. Погрешность приведения всех наблюденных элементов к середине

года также не может быть определена сравнением между собой отдельных серий наблюдений. Промежуток времени между двумя соседними сериями наблюдений невелик и погрешность приведения войдет в обе серии наблюдений с одним знаком.

Можно полагать, что сходимость отдельных серий наблюдений между собой характеризует в основном тщательность производства наблюдений, аккуратность наблюдателя и качество прибора, применяемого при наблюдениях; она не может служить основным критерием при оценке погрешности результатов магнитных наблюдений.

Для проверки последнего вывода нами были отобраны за все годы Генеральной съемки результаты наблюдений пяти наблюдателей, производивших полевые определения в течение не менее пяти лет: одни из них начали работу по съемке с 1931 г., другие в более поздние годы ее проведения. Для всех этих наблюдателей были подсчитаны средние расхождения между отдельными сериями наблюдений и средние расхождения между результатами наблюдений на пунктах общих с другими наблюдателями. Результаты подсчета приведены в табл. 53.

Таблица 53

Расхождения между отдельными сериями наблюдений одного наблюдателя и между результатами наблюдений на пунктах, общих с другими наблюдателями

Фамилия наблюдателя	Год проведения первой партии	Среднее расхождение отдельных серий от среднего			Среднее расхождение на общих пунктах		
		$\Delta D$	$\Delta H$	$\Delta I$	$\Delta D$	$\Delta H$	$\Delta I$
Е. В. Кракау . . .	1931	0',9	10γ	3',0	5',4	27γ	3',7
В. П. Орлов . . .	1931	0',9	8	0',9	5',5	35	3',9
М. М. Иванов . . .	1934	0',8	15	—	5',0	33	2',4
И. К. Калинин . . .	1937	1',1	11	1',1	3',5	34	2',6
А. В. Хмелевский	1937	0',7	10	0',7	4',3	30	3',2

Все наблюдатели работали приблизительно в одних и тех же широтах.

Приведенные в таблице материалы показывают, что близкая сходимость между отдельными сериями наблюдений одного наблюдателя не влечет за собой близкой сходимости средних расхождений между результатами данного наблюдателя с наблюдениями других наблюдателей на общих пунктах. Так, если у М. М. Иванова среднее расхождение между отдельными сериями наблюдений горизонтальной силы составляет 15 γ, т. е. вдвое больше, чем у В. П. Орлова, то расхождение с данными других наблюдателей у М. М. Иванова составляет 33 γ, т. е. несколько меньше, чем у В. П. Орлова; высокая сходимость между отдельными сериями наблюдений склонения у А. В. Хмелевского не приводит к наиболее высокой сходимости его данных с данными других наблюдателей.

Изменение средней сходимости между отдельными сериями наблюдений за период Генеральной магнитной съемки представлено в табл. 54.

Вследствие неизменности методики определения склонения за все годы съемки сходимость между отдельными сериями наблюдений склонения оставалась почти постоянной.

Улучшение почти в два раза сходимости между отдельными сериями наблюдений наклонения, начиная с 1936 г., полностью объясняется изменением методики наблюдений — массовым переходом от наблюдений на-

клонения при помощи стрелочного инклинометра к определениям методом индукции в мягком железе. Как будет показано ниже, это кажущееся улучшение качества наблюдений не повлекло за собой действительного серьезного увеличения точности наблюдений.

Таблица 54

Средняя сходимость между отдельными сериями наблюдений за годы  
Генеральной магнитной съемки

Год	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942
$\Delta D'$	1,1	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0	0,7	1,1	1,3	0,7	0,4	0,6
$\Delta H'$	6	9	13	8	12	10	11	12	11	9	7	7
$\Delta I'$	1,9	2,0	2,5	2,2	1,2	0,8	1,1	1,5	1,4	0,9	0,5	0,9

Среднее за все годы:  $\Delta D = 1',0$ ;  $\Delta H = 10\gamma$ ;  $\Delta I = 1',6$

Оценка средней погрешности наблюдений по сходимости на повторных пунктах

За величину расхождения между средними значениями магнитных элементов, полученными в результате повторных наблюдений одного наблюдателя на одних и тех же пунктах, принимали среднее отклонение среднего результата наблюдений при каждом отдельном посещении от принятого для данного пункта окончательного среднего результата, выведенного из всех наблюдений данного наблюдателя.

Эта величина в значительно большей степени позволяет оценить действительную погрешность определения магнитных элементов. Наблюдения на повторных магнитных пунктах производятся, как правило, через значительные интервалы времени и сравнение их между собой может выявить погрешность, связанную с изменением постоянных магнитного прибора за время полевых работ, установить характер этих изменений и время изменения. С другой стороны, поскольку наблюдения на пункте проводятся при разных установках прибора, то сравнение между собой этих наблюдений позволяет выявить и целый ряд случайных погрешностей, зависящих от установки прибора: различной степени раскрученности нити, различной высоты подвеса отклоняемого магнита, различной установки астрономической трубы и т. д. Однако расхождение между результатами наблюдений на повторных пунктах не позволяет оценить полную погрешность полевых определений; например, если при обработке материалов наблюдений какой-либо партии были недостаточно правильно приняты постоянные — занижены или завышены для всего периода полевых работ, то эта погрешность сравнением между собой повторных определений не может быть обнаружена. Все же повторные определения дают весьма существенный материал для суждения о точности результатов магнитных определений периода Генеральной магнитной съемки.

Приведенная ниже табл. 55 показывает изменение среднего расхождения между результатами наблюдений на повторных магнитных пунктах за весь период Генеральной магнитной съемки. Для составления таблицы были использованы результаты вычислений расхождений между наблюдениями на повторных пунктах приблизительно для 100 магнитных партий.

Средняя величина расхождения между результатами наблюдений на повторных магнитных пунктах

Год	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942
$\Delta D'$	4,6	0,9	3,6	2,8	1,8	3,4	1,5	2,9	0,8	1,7	2,9	1,6
$\Delta H'$	17	15	8	20	24	13	15	8	10	11	8	17
$\Delta I'$	2,7	0,9	1,1	7,0	1,6	1,3	1,3	1,1	2,4	1,5	0,8	1,3

Среднее за все годы:  $\Delta D = 2,3$ ;  $\Delta H = 15,7$ ;  $\Delta I = 1,8$

Довольно значительное колебание приведенных в таблице величин за период Генеральной магнитной съемки, повидимому, может быть объяснено не действительным колебанием точностей, а тем, что для вывода табличных значений использовано недостаточно материала; поэтому если среднее за все годы можно считать надежной величиной, то среднее за каждый год в отдельности не всегда удовлетворяет требованиям, предъявляемым к средним величинам. Например, расхождение между повторными наблюдениями наклонения за 1941 и 1942 гг. не являются средней величиной в полном значении этого слова, так как выведены для каждого года по данным лишь одной партии.

#### Оценка средней погрешности наблюдений по результатам наблюдений на общих пунктах

Величину расхождения между результатами наблюдений разных наблюдателей на общих пунктах подсчитывали как среднее арифметическое из полуразностей между результатами наблюдений данного наблюдателя и результатами наблюдений других наблюдателей на одних и тех же пунктах.

Эта величина является наиболее объективным критерием для суждения о полной погрешности окончательного результата наблюдений, т. е. приведенного к середине года. В этом случае сравнение производится между результатами наблюдений, произведенных разными наблюдателями совершенно независимо друг от друга, разными приборами, часто разными методами и в разное время. Поэтому средние полуразности между ними будут характеризовать среднюю погрешность результатов наблюдений обеих партий или наблюдателей, причем в эту погрешность войдет также погрешность определения постоянных, погрешность приведения к середине года и погрешность, обусловленная приведением наблюдений к одной общей эпохе.

Наличие сравнительно большого ряда наблюдений на одном пункте позволяет простым сопоставлением этих наблюдений между собой вынести суждение о качестве этих наблюдений, т. е. качественно оценить результаты наблюдений какой-либо магнитной партии. В табл. 56 приводятся результаты магнитных наблюдений на общих пунктах в Пензе и Караганде, произведенных рядом наблюдателей в один год.

Под величиной  $\Delta$  здесь принято отклонение результатов наблюдений каждого наблюдателя от общего среднего значения на пункте, выведенного осреднением всех наблюденных значений.

Из приведенных в таблице данных видно, что наблюдения З. Н. Инякиной в Пензе по наклонению заметно отличаются от результатов, полученных всеми другими наблюдателями. Поэтому результаты ее наблюдений наклонения и вертикальной силы вызывают сомнение и к ним

необходимо подходить с осторожностью. При выводе среднегодового значения наклона и вертикальной силы на эпоху 1933 г. в Пензе наблюдения З. Н. Инякиной целесообразно исключить.

Таблица 56

Результаты наблюдений на магнитных пунктах в Пензе и Караганде

Наблюдатель	$D$	$\Delta D'$	$I$	$\Delta I'$	$H$	$\Delta H\gamma$	$Z$	$\Delta Z\gamma$
Пенза, 1933 г. $\varphi = 53^{\circ}10'$ , $\lambda = 44^{\circ}58'$								
З. Н. Инякина . . .	—	—	68°09	—7	0,1882	—1	0,4694	+29
Л. И. Альтшулер	8°41	—2	67 59	+3	,1883	—2	,4656	—9
А. П. Никольский	8 41	—2	68 01	+1	,1880	+1	,4658	—7
С. С. Рузов . . .	8 38	+1	68 00	+2	,1881	0	,4655	—10
Н. И. Климов . . .	8 36	+3	68 03	+1	,1878	+3	,4660	—5
Караганда, 1937 г. $\varphi = 49^{\circ}52'$ , $\lambda = 73^{\circ}05'$								
А. В. Хмелевский	8°40	—1	68°24	0	0,2022	+1	0,5108	+3
И. К. Калинин . . .	8 37	+2	68 25	—1	,2024	+1	,5114	—3
Н. В. Адам . . .	8 41	—2	68 24	0	,2023	0	,5111	—0
Г. Н. Гумилевский	8 39	0	68 25	—1	,2022	—1	,5111	0

Для получения количественного суждения о погрешности приведенных к середине года значений магнитных элементов в пунктах Генеральной магнитной съемки мы воспользовались средними расхождениями на общих пунктах. Нами были просмотрены материалы 350 магнитных партий, т. е. около 90% от общего их количества, участвовавших в проведении Генеральной магнитной съемки. Оказалось, что приблизительно 75% просмотренных партий содержали наблюдения на общих пунктах; в этих партиях были вычислены средние расхождения между результатами наблюдений разных наблюдателей на этих пунктах. Выводы, полученные в результате рассмотрения этого материала, могут быть отнесены ко всем партиям Генеральной магнитной съемки, так как средние величины, рассматриваемые ниже, выведены из достаточно большого числа определений.

Средние расхождения между результатами наблюдений на общих пунктах за годы съемки сведены в табл. 57.

Таблица 57

Средние расхождения (полуразность) между результатами наблюдений разных наблюдателей на общих пунктах

Год	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942
$\Delta D'$	4,6	3,1	3,2	2,2	2,3	3,5	3,0	3,4	2,7	2,1	4,5	2,2
$\Delta H\gamma$	20	19	16	22	12	18	20	23	19	16	38	14
$\Delta I'$	1,8	2,0	2,0	1,9	1,6	1,9	3,0	1,6	1,6	1,5	2,9	1,4

Среднее за все годы:  $\Delta D' = 2,9$ ;  $\Delta H\gamma = 18$ ;  $\Delta I' = 1,9$

Рассмотрим приведенные в таблице расхождения отдельно по каждому из магнитных элементов.

1. Склонение. Изменения среднего расхождения по годам могут быть объяснены на основании следующих соображений. В первый год съемки

наблюдения сравнивали с результатами наблюдений, произведенных в годы, предшествовавшие Генеральной магнитной съемке; вековой же ход, использованный для приведения их к эпохе 1931 г., был известен с недостаточной точностью. Поэтому расхождение в 1931 г. оказалось значительно выше среднего за весь период. В последующие годы, наряду с улучшением качества наблюдений, последние все чаще сравнивались с результатами наблюдений периода Генеральной магнитной съемки, т. е. более близкими по времени, поэтому погрешность векового хода в меньшей мере отражалась на результатах сравнения и сам вековой ход был изучен гораздо детальнее. Повышенное значение расхождения в 1941 г. можно объяснить тем, что наблюдения в указанном году частично проводились в северных районах страны, где точности наблюдений несколько ниже, а также в юго-западных районах СССР, где, как известно, магнитные обсерватории в этом году были разрушены фашистскими захватчиками; поэтому необходимых материалов для приведения наблюдений к середине года не было.

Как следует из табл. 57, среднее расхождение (полуразность) между результатами наблюдений склонения разных наблюдателей на общих пунктах за годы съемки составляет 2',9 или округленно 3'. При этом расхождение в пределах 3' наблюдалось в 71,2% всех рассмотренных случаев, расхождение в пределах от 3 до 5' наблюдалось в 19,3% случаев и, наконец, расхождение свыше 5' — в 9,5% случаев.

2. Горизонтальная сила. Величина расхождения между результатами наблюдений на общих пунктах в этом случае меняется значительно меньше. Большое увеличение расхождения в 1941 г. может быть объяснено теми же причинами, что и для склонения, т. е. наличием значительного числа наблюдений в северных широтах и отсутствием материала для приведения при наблюдениях в средних и южных широтах западной части СССР.

Среднее расхождение за все годы съемки по данным табл. 57 составляет 18  $\gamma$  или округленно 20  $\gamma$ . При этом в 71% из рассмотренных случаев расхождение лежит в пределах 20  $\gamma$ , в 24% случаев расхождение оказалось в пределах от 20 до 40  $\gamma$  и в 5% случаев расхождение превышает 40  $\gamma$ .

3. Наклонение. Рассматривая расхождения по наклонению, мы видим, что они остаются за все годы почти одинаковыми. Большая величина расхождения в 1937 г. объясняется низким качеством наблюдений в двух партиях из 15 рассмотренных для этого года. Если исключить из рассмотрения результаты наблюдений в этих двух партиях, то и для 1937 г. получим величину расхождения, близкую к средней за весь период съемки. Относительно повышенной величины расхождения в 1941 г. мы говорили уже выше.

#### Общая погрешность результатов наблюдений, приведенных к одной эпохе

Рассмотренный выше фактический материал позволяет сделать достаточно надежные и обоснованные выводы о средней погрешности результатов магнитных наблюдений, приведенных к одной эпохе. Средние величины расхождений между отдельными сериями наблюдений, между результатами наблюдений на повторных пунктах, между результатами наблюдений разных наблюдателей на общих пунктах за все годы съемки сведены в табл. 58.

**Расхождения между результатами магнитных наблюдений на пунктах  
Генеральной съемки**

	$\Delta D$ в минутах	$\Delta H$ в гаммах	$\Delta I$ в минутах
Расхождение между отдельными сериями наблюдений одного наблюдателя . . . . .	1,0	10	1,6
Расхождение между результатами наблюдений на повторных пунктах одного наблюдателя . . . . .	2,3	15	1,8
Расхождение между результатами наблюдений разных наблюдателей на общих пунктах . . . . .	2,9	18	1,9

Учитывая качественную характеристику приведенных в табл. 58 величин, можно оценить среднюю погрешность результатов наблюдений Генеральной магнитной съемки следующими значениями (округляя до целых минут и десятков гамм в большую сторону):

$$\begin{aligned}\Delta D &= \pm 3', \\ \Delta H &= \pm 20\gamma, \\ \Delta I &= \pm 2'.\end{aligned}$$

Погрешность результатов наблюдений увеличивается для наблюдений, произведенных в северных широтах и в районах, удаленных от магнитных обсерваторий. Чтобы можно было судить о степени уменьшения точности результатов наблюдений, произведенных в северных районах, нами были отобраны материалы наблюдений по тем партиям из рассмотренных ранее, районы работ которых лежали выше  $60^\circ$  северной широты. Для этих партий была подсчитана погрешность по результатам сравнения наблюдений на общих пунктах. Подсчет дал следующие средние величины:

$$\Delta D = \pm 5', \quad \Delta H = \pm 25\gamma, \quad \Delta I = \pm 2',5.$$

В 1940 г. Н. Н. Трубяччинским [58] были подсчитаны средние погрешности результатов наблюдений Генеральной съемки для отдельных планшетов Государственной карты Союза ССР масштаба 1:1 000 000. По этим данным нами были подсчитаны средние погрешности результатов наблюдений по широтным зонам этой же карты для всей территории СССР. Результаты подсчета представлены в табл. 59.

Таблица 59

**Средняя погрешность наблюдений по широтным зонам  
международной разграфки  
(по данным Н. Н. Трубяччинского)**

Зона	$\Delta D$ в минутах	$\Delta H$ в гаммах	$\Delta I$ в минутах
T	—	70	—
S	9,0	20	0
R	6,3	18	1,5
Q	5,2	24	2,0
P	3,7	22	1,2
O	5,9	16	2,2
N	4,1	16	2,4
M	4,0	25	2,7
L	2,1	20	3,9
K	3,9	27	3,7
I	3,6	23	3,6
Среднее	4,4	21	2,4

Приведенные в табл. 59 данные показывают, что с увеличением широты не наблюдается значительного понижения точности наблюдений, что следует и из наших выводов. Средние величины для самых северных широт (зоны *T, S, R*) выведены из сравнительно небольшого числа наблюдений и поэтому не могут считаться достаточно надежными.

### Точность определения вертикальной силы

Мы будем рассматривать отдельно два случая в зависимости от методики получения абсолютного значения вертикальной силы.

1. Значения вертикальной силы получены в результате вычислений по наблюдаемым значениям наклона и горизонтальной силы. Этим методом пользовались по преимуществу до 1934 г. Из рассмотренных нами материалов 252 партий, в которых были выполнены подсчеты погрешности определения вертикальной силы, в 121 партии (48%) вычисление вертикальной силы произведено этим методом, причем 70 партий (28% от общего числа и 58% из числа партий, пользовавшихся этим методом) относятся к периоду 1931—1933 гг. Просмотр материалов указанных партий показал, что средняя погрешность определения вертикальной силы этим методом составляет приблизительно  $\pm 200 \gamma$ . Как правило, для вывода этой погрешности были использованы как данные наблюдений на повторных пунктах, так и результаты наблюдений на общих пунктах. Поэтому средняя величина, выведенная из большого числа случаев, может быть принята в качестве достаточно объективной меры погрешности.

Отметим, что погрешность вычисленного значения вертикальной силы может быть легко рассчитана по погрешности определения наклона и горизонтальной силы на основании дифференциальной формулы

$$\Delta Z = \operatorname{tg} I \Delta H + H \sec^2 I \sin I' \Delta I'.$$

Положив для средних широт  $H = 0,2 \text{ Ое}$ ,  $I = 70^\circ$  и приняв  $\Delta H = 20 \gamma$  и  $\Delta I = 2'$ , получим

$$\Delta Z = \pm 160 \gamma,$$

т. е. величину, достаточно близкую к указанной нами выше.

В отдельных случаях точность определения  $Z$  была значительно выше средней и достигала  $\pm 50 \gamma$  и выше, но во многих случаях, особенно при наблюдениях в северных широтах, точность была значительно ниже средней. В самом деле, поскольку

$$\Delta Z \cong \sec^2 I \Delta I,$$

то для северных районов Союза ССР, где  $I$  достигает  $80^\circ$  и более, погрешность абсолютного значения вертикальной силы возрастает чрезвычайно быстро.

Например, в партии П. Е. Федулова в 1935 г. (наблюдения во время полярного рейса ледокола «Малыгин») погрешность определения  $Z$  оценивается им в  $\pm 1800 \gamma$ , погрешность определений  $Z$ , произведенных Е. К. Федоровым в том же году на Таймырском полуострове, в  $\pm 600 \gamma$  и тому подобное.

2. Значения вертикальной силы получены из относительных определений  $\Delta Z$  с вертикальными магнитными весами. Для вывода нуля пункта весов в этом случае пользовались полевыми определениями наклона и вертикальной силы и наблюдениями с весами в обсерватории до и после производства полевых работ. Из рассмотренных нами 252 случаев определений  $Z$ , на этот метод падает 131 случай, или 52%. При этом 118 случаев (47% от общего числа и 90% из числа партий, пользовавшихся этим методом) относятся к периоду 1934—1942 гг., характеризующемуся массо-

вым применением при Генеральной магнитной съемке вертикальных магнитных весов.

Осредненная погрешность, выведенная из данных 131 партии Генеральной магнитной съемки, составляет  $\pm 125 \gamma$ , т. е. приблизительно на  $\frac{1}{3}$  меньше, чем в предыдущем случае. Этот факт со всей очевидностью подтверждает целесообразность перехода на новый метод получения абсолютных значений вертикальной силы.

В такой же мере, как в предыдущем случае, необходимо отметить, что при переходе от средних широт к северным и, особенно, при наблюдениях в районах, где магнитные вариации изучены еще совершенно недостаточно, средняя погрешность возрастает и в отдельных случаях может достигать  $500 \gamma$  и более. Все же и в северных широтах точность определения вертикальной силы этим методом значительно выше, чем предыдущим.

### Точность вычисляемых значений $X$ , $Y$ , $T$

Северная сила  $X$ , восточная сила  $Y$  и величина полного вектора напряженности земного магнитного поля  $T$  были получены вычислением по наблюдаемым значениям элементов  $D$ ,  $I$  и  $H$ . Поэтому погрешность этих величин ( $X$ ,  $Y$  и  $T$ ) полностью определяется погрешностью наблюдаемых величин  $D$ ,  $I$  и  $H$ .

Продифференцировав общеизвестные соотношения между магнитными элементами и выразив погрешности определения  $D$  и  $I$  в минутах дуги, получим следующие соотношения для расчета погрешностей  $X$ ,  $Y$  и  $T$ :

$$\Delta X = \cos D \Delta H + H \sin D \sin I' \Delta D',$$

$$\Delta Y = \sin D \Delta H + H \cos D \sin I' \Delta D',$$

$$\Delta T = \sec I \Delta H + H \operatorname{tg} I \sec I \sin I' \Delta I'.$$

Первые слагаемые в этих формулах представляют собой погрешности в вычисленных значениях  $X$ ,  $Y$  и  $T$  в зависимости от погрешности определения горизонтальной силы. Второй член в первых двух формулах определяется погрешностью склонения, в третьей — погрешностью в определении наклона.

Положив  $D = 10^\circ$ ,  $H = 0,2 \text{ Ое}$ ,  $I = 70^\circ$  и приняв для вычислений выведенные выше погрешности определения склонения, горизонтальной силы и наклона соответственно  $\Delta D = \pm 3'$ ,  $\Delta H = \pm 20 \gamma$ ,  $\Delta I = \pm 2'$  и произведя соответствующие вычисления, получим:

$$\Delta X = \pm 24 \gamma,$$

$$\Delta Y = \pm 22 \gamma,$$

$$\Delta T = \pm 160 \gamma.$$

Результаты подсчета показывают, что порядок погрешности в вычисленном значении  $X$  в средних широтах тот же, что и порядок погрешности в наблюдаемом значении  $H$ ; погрешность в вычисленном значении  $Y$  определяется в основном погрешностью наблюдаемого значения  $D$ . Что же касается вычисленных значений  $T$ , то в этом случае существенное значение имеет как погрешность определения горизонтальной силы, так и погрешность определения наклона. При этом при переходе от средних широт к северным удельный вес погрешности  $T$ , зависящий от погрешности наклона, быстро возрастает.

Так как погрешность определения наклона и горизонтальной силы в северных широтах выше, чем в средних, то там особенно желателен пе-

реход от наблюдений наклонения к непосредственному наблюдению вертикальной силы. В этом случае

$$\Delta T = \frac{H \Delta H + Z \Delta Z}{\sqrt{H^2 + Z^2}}$$

или, положив

$$Z = 4H,$$

получим

$$\Delta T = \frac{\Delta H}{4} + \Delta Z,$$

т. е. погрешность вычисленного значения  $T$  будет того же порядка, что и погрешность наблюдаемого значения  $Z$ .

Производившийся при обработке материалов Генеральной магнитной съемки дополнительный контроль результатов наблюдений по картам региональных магнитных аномалий, когда данные целого ряда партий наносились на общие сводные карты и по этим данным проводились изолинии для районов, охватывающих большие территории, показал, что выведенные выше погрешности наблюдаемых и вычисленных значений магнитных элементов вполне соответствуют действительности.

### Оценка пригодности полученных результатов для практического применения

Такое качество наблюдений в период Генеральной магнитной съемки вполне соответствовало ее целям и задачам, сводившимся прежде всего и главным образом к необходимости получения общего представления о пространственном распределении магнитного поля на территории Советского Союза, малоизученной в магнитном отношении до начала Генеральной магнитной съемки. Точность наблюдений оказалась совершенно достаточной для выявления всех крупнейших магнитных аномалий на площадях, покрытых съемкой; помещаемые в томе 5 настоящего издания карты региональных магнитных аномалий СССР позволяют представить степень аномальности магнитного поля Союза ССР и служат хорошей основой для дальнейшего исследования отдельных особенностей в распределении этого поля. Наблюдения, произведенные в период Генеральной магнитной съемки, позволили построить большое количество карт магнитного склонения для различных эпох и разных масштабов, причем точность этих карт вполне удовлетворила первоочередные нужды народного хозяйства и обороны страны.

Однако в последние годы к точности магнитных определений стали предъявлять новые, повышенные требования. Поэтому в отдельных случаях и к результатам Генеральной магнитной съемки иногда начали подходить неверно по существу и, что особо следует здесь подчеркнуть, стали требовать от нее более высокой точности, чем она должна была обеспечить.

Только проведение Генеральной магнитной съемки позволило определить новые, повышенные требования к точности магнитных съемок, получивших сейчас в Советском Союзе широчайшее развитие.

Точность наблюдений на пунктах векового хода также оказалась вполне удовлетворительной и позволила обеспечить все основные запросы практики. Однако опять же в связи с широким развитием магнитометрических работ в СССР за последние годы, и эта точность при производстве высокоточных съемок оказалась недостаточной.

При съемках, проводимых для обнаружения и оконтуривания слабых магнитных аномалий, связанных с осадочными породами, часто необхо-

димо знание векового хода с точностью большей, чем это могла дать Генеральная магнитная съемка и проводимые при этом наблюдения на магнитных пунктах векового хода. Эти новые и повышенные требования могли возникнуть только после того, как Генеральная магнитная съемка была проведена и в результате этого было изучено в первом приближении магнитное поле СССР и установлена определенная связь между магнитным полем и геологическим строением нашей страны.

## ГЛАВА IX

### РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

Благодаря огромной работе по осуществлению ГМС был получен чрезвычайно важный и большой фактический материал относительно географического распределения магнитного поля и его вековых изменений на территории СССР. Вся территория Советского Союза с той или иной степенью плотности была покрыта сетью абсолютных магнитных пунктов.

Этот материал послужил основанием для проведения весьма значительного количества научно-исследовательских работ в области земного магнетизма, имеющих важное практическое и научное значение.

Данные ГМС за период 1931—1942 гг. были в НИИЗМ обработаны, обобщены и представлены в следующем виде:

1. Систематических каталогов значений магнитных элементов  $D$ ,  $I$ ,  $Z$ ,  $H$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $T$ , приведенных к эпохе 1940 г.
2. Магнитных карт общего распределения и карт нормального поля этих же элементов на эпоху 1940 г.
3. Карт региональных магнитных аномалий.
4. Целого ряда теоретических работ по вопросам географического распределения магнитного поля на территории СССР, векового хода, карт нормального поля, остаточного поля и др.

### КАТАЛОГ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

Числовые результаты ГМС за период с 1931—1942 гг. представлены в виде систематических каталогов [1—4]. Здесь включены значения магнитных элементов  $D$ ,  $I$ ,  $H$ ,  $Z$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $T$ , приведенных к эпохе 1940 г. по наблюдениям в 24 603 абсолютных магнитных пунктах. Время, затраченное на производство наблюдений и вычислений этих данных, выражается числом 695 человеко-лет, что равноценно работе 58 человек на протяжении 12 лет.

Каталог ГМС складывается из:

1. Сводного систематического каталога [1].
2. Каталога магнитных определений в магнитных обсерваториях и на магнитных пунктах векового хода СССР [2].
3. Алфавитного указателя к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки Союза ССР, том 2, ч. II [3].
4. Дополнения к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки СССР [4].

### Порядок размещения пунктов в каталоге

Все пункты наблюдений, помещенные в каталоге, распределены по планшетам Государственной карты Союза ССР масштаба 1 : 1 000 000. Планшеты в каталоге следуют в порядке возрастающих широт от 32° N до полюса (от  $I$  до  $W$ ). Планшеты одного и того же литеры расположены по своим порядковым номерам. В каждом отдельном планшете пункты расположены по возрастающим долготам (к востоку от Гринича).

## Содержание публикуемых для каждого пункта сведений

Таблицы сводного систематического каталога и дополнений к нему содержат следующие графы: порядковый номер пункта, наименование, координаты ( $\lambda$  — долгота,  $\varphi$  — широта), значения магнитных элементов  $D, I, H, Z, X, Y, T$ , приведенных к эпохе 1940 г. и номер источника.

Координаты пунктов ( $\lambda$  — восточная долгота от Гринича и  $\varphi$  — северная широта) выражены в градусах и минутах. В тех случаях, когда координаты пунктов были известны приближенно, они даны до десятых долей градуса. Значения магнитного склонения  $D$  и магнитного наклонения  $I$  выражены в градусах и минутах, в случае пониженной точности — в градусах и десятых его долях. Восточное склонение обозначено буквой  $E$ , западное — буквой  $W$ . Значения  $H$  — горизонтальной,  $Z$  — вертикальной,  $X$  — северной,  $Y$  — восточной и  $T$  — полной силы напряженности земного магнитного поля даны в эрстедах, с точностью до 0,0001 Ое.

Значения магнитных элементов приведены к эпохе 1940 г. с помощью таблиц вековых изменений, составленных В. П. Орловым в Научно-исследовательском институте земного магнетизма [53]. Вследствие отсутствия достоверных данных по вековому ходу на севере, таблицы были составлены для широт, не превышающих  $70^\circ$ . Поэтому значения магнитных элементов на пунктах, расположенных севернее, приведены к одной эпохе путем линейной экстраполяции векового хода. В случаях, когда наблюдения были произведены в очень высоких широтах и экстраполяция была невозможна, данные оставались не приведенными.

В списке источников, номера которых указаны в последнем столбце каталога, даны: номер источника, фамилия наблюдателя, наименование работы, указание на местонахождение работы, указание на местонахождение источника (если этот материал не хранится в научном архиве НИИЗМ), год наблюдения или издания.

Большинство источников состоит из отчетов начальников партий, хранящихся в научном архиве НИИЗМ, где имеются материалы и других организаций, обработанные в институте.

## Алфавитный указатель к каталогу

Для отыскания пункта по названию в систематическом каталоге издан в виде отдельного выпуска алфавитный указатель [3].

Каталог магнитных определений ГМС служит ценным пособием для различного рода научных исследований в области земного магнетизма; для целей привязки данных относительных магнитных съемок, производимых геофизическими трестами и другими организациями, занимающимися поисками полезных ископаемых; для выделения магнитных аномалий и лучшей геологической интерпретации их; для некоторых оборонных работ, для которых необходимо знание магнитных элементов земного магнитного поля в данном пункте, для изучения векового хода.

## МАГНИТНЫЕ КАРТЫ СОЮЗА ССР

Магнитные карты являются графическим представлением результатов магнитной съемки. Они необходимы для практических нужд морской и воздушной навигации (карты магнитного склонения), для нужд геологии (карты аномальных значений вертикальной составляющей), для выделения магнитных аномалий (карты общего распределения и карты нормального поля), для нужд артиллерии, топографии и военно-морского флота. Велико значение магнитных карт для различных научных исследований.

В результате ГМС были составлены магнитные карты Союза ССР на эпоху 1940 г. для семи магнитных элементов:  $D$ ,  $H$ ,  $Z$ ,  $I$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $T$ . Карты опубликованы в 1948 г. в виде отдельного атласа [5]. Атлас содержит магнитные карты общего распределения и нормального поля эпохи 1940 г. склонения, наклонения, горизонтальной, вертикальной, северной, восточной составляющих и полной силы в масштабе 1:10 000 000, а также карты изопор этих элементов для периода 1935—1940 гг. в масштабе 1:20 000 000.

Для составления магнитных карт были использованы результаты абсолютных определений ГМС с 1931 по 1942 г. включительно, а в некоторых районах СССР использовались наблюдения в период с 1900 по 1943 г. Всего было использовано около 26 000 пунктов. Кроме того, было привлечено значительное количество определений в сопредельных с СССР странах.

Особую ценность представляют данные, полученные высокоширотными экспедициями, а именно: Героем Советского Союза Е. К. Федоровым на дрейфующей станции «Северный полюс» в 1937—1938 гг., Д. С. Фоменко и Героем Советского Союза В. Х. Буйницким на ледокольном пароходе «Седов» в 1937—1939 гг. и Героем Советского Союза М. Е. Острекниным во время высокоширотной экспедиции на самолете «СССР-Н-169» в 1941 г.

Наблюдения этих экспедиций, произведенные в совершенно неисследованных или слабоосвещенных в магнитном отношении районах Арктики, дали возможность построить карты эпохи 1940 г. до широты  $84^\circ$ .

Составление атласа карт было начато в 1940 г. под руководством Н. Н. Трубяччинского, скончавшегося в Ленинграде в 1942 г. во время блокады. Разразившаяся Великая Отечественная война, эвакуация НИИЗМ из Ленинграда и выполнение Институтом срочных работ для оборонных целей, отодвинуло окончание атласа на несколько лет.

Карты общего распределения  $D$  и  $Y$  и карты нормального поля  $D_n$  и  $Y_n$  составлены К. А. Мальцевой, карты  $H$ ,  $X$ ,  $T$  и  $H_n$ ,  $X_n$ ,  $T_n$  — Е. В. Серовой, карты  $Z$ ,  $Y$  и  $Z_n$ ,  $I_n$  — А. П. Шляхиной.

Общее руководство принадлежало Н. Е. Малининой.

Карты изопор всех магнитных элементов составлены В. П. Орловым [53].

Магнитные карты общего распределения и нормального поля эпохи 1940 г. построены графическим способом. От математического метода представления магнитного поля отказались из-за сложности подбора единого аналитического выражения для такой обширной территории, как СССР. Разделение же СССР на отдельные зоны, с последующим применением к ним математических формул, привело бы к затрате очень большого труда, а точность полученных таким путем карт была бы не выше, чем построенных графическим способом.

Первым этапом работы при составлении карт было построение картограмм, которые строили в произвольной проекции на бумаге с миллиметровой сеткой отдельно для каждого элемента. По оси ординат откладывали географическую широту  $\varphi$ , по оси абсцисс — географическую долготу  $\lambda$ . Масштабы для картограмм принимали 1 мм = 1 минуте по  $\varphi$  и по  $\lambda$ .

На севере картограммы были ограничены широтой  $\varphi = 72^\circ$ , на востоке, западе и юге несколько распространены за пределы Союза ССР. На картограммы были нанесены все пункты абсолютных определений и значения магнитных элементов в каждом из них на эпоху 1940 г.,  $D$  и  $I$  с точностью до  $0^\circ,1$ ,  $H$ ,  $Z$  с точностью  $10\gamma$ . Для широт севернее  $\varphi = 72^\circ$  данные наносили не на картограммы, а непосредственно на бланковые карты масштаба 1:10 000 000, на которые в дальнейшем были перенесены

изолинии с картограмм. Затем на картограммах путем линейного интерполирования проводили изолинии, для  $D$  и  $I$  кратные одному градусу, для  $H$ ,  $Z$ ,  $X$ ,  $T$  — кратные 1000  $\gamma$  и для  $Y$  — кратные 500  $\gamma$ .

При этом допускали, что величина магнитного элемента сохраняется неизменной между двумя соседними пунктами, если значения этого элемента одинаковы в обоих пунктах. Это допущение не распространяли на аномальные участки карт с резким градиентом. В районах маршрутной съемки, при больших расстояниях между отдельными маршрутами, изолинии на картограммах проводили только в непосредственной близости около маршрутов; эти изолинии представляли собой отдельные небольшие, несомкнутые отрезки.

Замкнутые изолинии, как правило, проводили по данным не менее чем в трех пунктах. Аномальные с резким градиентом заштриховывали.

Далее на картограммах производили первое и второе сглаживание изолиний.

При первом сглаживании уничтожали (отсекали) мелкие изгибы изолиний, обусловленные микроаномалиями, по классификации, данной Б. П. Вейнбергом [71], или ошибками отдельных наблюдаемых значений элементов.

Вторым сглаживанием уничтожали влияние локальных аномалий небольшого простирания до десятка километров.

Сглаживание производили по принципу равных площадей, т. е. так, чтобы по обе стороны сглаживающей линии площади, заключенные между нею и сглаживаемой изолинией, оставались равновеликими.

Карты общего распределения, отдельно для каждого магнитного элемента, строили на бланках карт масштаба 1:10 000 000, куда с картограмм переносили по координатам изолинии и замкнутые контуры второго сглаживания.

Отдельные отрезки изолиний, лежащие в районах с редкими маршрутами, соединяли на картах через незаснятые пространства плавной прерывистой линией, придавая ей ту или иную кривизну, в зависимости от направления изолиний в смежных заснятых районах.

Из карт, помещенных в «Атласе», карты общего распределения магнитных элементов эпохи 1940 г. дают изображение магнитного поля, наиболее близкое к действительному распределению. Изолинии на этих картах подвергнуты лишь незначительному сглаживанию, устраняющему влияние только местных аномалий. Наиболее интенсивные аномалии локального характера показаны в виде отдельных заштрихованных контуров.

Для районов, покрытых сплошной магнитной съемкой, общий характер магнитного поля передан на картах общего распределения 1940 г. достаточно точно. Этого нельзя сказать относительно районов маршрутной съемки, особенно в Азиатской части СССР с ее сравнительно редкой сетью маршрутов. Для этих участков карту магнитного поля следует считать лишь картой первого приближения. В дальнейшем, при сгущении сети маршрутов, картина магнитного поля этих районов будет уточняться.

Для построения карт нормального магнитного поля пользовались изолиниями карт общего распределения, подвергая их новому, третьему сглаживанию.

Этим, более сильным, сглаживанием уничтожали влияние малых и частично больших региональных аномалий.

После третьего сглаживания изолинии каждого отдельного элемента представляли систему плавных кривых, но с неравномерным изменением градиентов в различных направлениях. Последнее можно объяснить тем, что на картах третьего сглаживания влияние больших региональных аномалий не было полностью уничтожено.

Для устранения этого влияния, т. е. для получения поля, обусловленного только полями однородного намагничения и мировых аномалий — нормального магнитного поля, — производили графическое выравнивание градиентов по методу, предложенному Ю. Д. Калининым. Для этой цели на карте третьего сглаживания масштаба 1 : 10 000 000 каждого из рассматриваемых элементов проводили систему прямых линий, располагая их по возможности перпендикулярно изолиниям.

Затем для каждой прямой линии строили на миллиметровой бумаге отдельный график. По оси абсцисс откладывали расстояние от произвольной точки в начале линии до каждой последующей изолинии пересеченной прямой, по оси ординат — значений магнитного элемента на соответствующих изолиниях. Далее, на графиках проводили кривые обычным способом, следя, чтобы точки, не попавшие на кривую, равномерно распределялись по обе стороны от нее. Получив кривые для всех прямых линий выбранных направлений, переходили к следующей операции — выравниванию градиентов.

Отрезки изолиний, соответствующие точкам, которые легли на кривую графика, оставляли на карте без изменений (не смещали их). Для выравнивания градиентов передвигали лишь те отрезки изолиний, для которых точки не совмещались с кривой графика.

Для определения расстояний, на которые следовало сместить эти изолинии, поступали следующим образом. На графике через точки, не легшие на кривую, проводили линии, параллельные оси абсцисс, и измеряли отрезки, заключенные между каждой из этих точек и кривой. На величину этих отрезков и перемещали отрезки изолиний вдоль секущей линии к исходной точке или от нее, в зависимости от того ниже или выше кривой лежала точка на графике.

Таким образом, на каждой подлежащей смещению изолинии, по всей ее длине, в местах, где она пересекалась прямыми, небольшие отрезки изолинии оказывались несколько смещенными. Соединяя концы этих отрезков плавной кривой, получали окончательное положение изолиний нормального поля с выравненными градиентами.

Неизбежный субъективный подход различных авторов к проведению и сглаживанию изолиний вносит в построение карт элемент произвола. Поэтому карты нормального поля были подвергнуты взаимному контролю. Было проверено, насколько значения  $Z_n$ ,  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $T_n$ , снятые в равноотстоящих точках с карт нормального поля, согласуются с их значениями, вычисленными для тех же точек по  $D_n$ ,  $I_n$  и  $H_n$ . По снятым с карт нормального поля эпохи 1940 г. значениям  $D_n$ ,  $I_n$  и  $H_n$  были вычислены  $Z'_n$ ,  $X'_n$ ,  $Y'_n$  и  $T'_n$  согласно формулам:

$$Z'_n = H_n \operatorname{tg} I_n,$$

$$X'_n = H_n \cos D_n,$$

$$Y'_n = H_n \sin D_n,$$

$$T'_n = H_n \sec I_n$$

и сравнены затем со снятыми с карт  $Z_n$ ,  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $T_n$  их значениями в тех же равноотстоящих точках.

Полученные разности для всех четырех элементов оказались в пределах точности карт нормального поля.

Только в северо-восточной части СССР для  $Z_n$  наблюдались на ряде точек значительные разности одинакового знака. Поэтому в данном участке изодинамы  $Z_n$  были несколько смещены к югу в соответствии с вычисленными значениями.

## Точность магнитных карт эпохи 1940 г.

Можно говорить о точности в отдельных пунктах карты, о средней точности в отдельных ее участках и о некоторой средней точности всей карты в целом.

Для магнитных карт эпохи 1940 г. будем рассматривать только среднюю точность в отдельных участках карты.

Эта точность может быть представлена разностью между значением магнитного элемента, снятым с карты, и его действительным значением в рассматриваемом участке. Например, если разности между снятыми с карты и действительными значениями склонения получаются от 0,3 до 0,5°, можно считать, что точность карты в этом участке будет порядка 0,3—0,5°.

Точность магнитных карт определяется точностью исходных данных, густотой сети пунктов наблюдений и степенью сглаживания изолиний. Следовательно, чем изолинии ближе к действительному распределению магнитного элемента, тем точность данной карты выше. При сглаживании изолиний, очевидно, точность карты снижается.

В местах сплошной съемки, где расстояние между пунктами наблюдений 20—25 км, карта имеет наибольшую точность. В районах маршрутной съемки точность карт ниже. Наименьшая точность приходится на районы с отдельными редкими маршрутами и единичными случайными наблюдениями.

При оценке точности карт общего распределения по каждому элементу мы будем придерживаться принятого деления Союза ССР на три зоны по характеру проведенной съемки.

К первой зоне мы отнесем все районы, где проведена сплошная съемка. В эту зону входит вся Европейская часть СССР, расположенная к югу от широты  $\varphi = 60^\circ$  (исключая горный Кавказ), Западно-Сибирская низменность и Средне-Азиатская часть СССР, за исключением ее центрального района. Во вторую зону входят все районы, где имеется маршрутная съемка. К третьей зоне мы отнесем те районы, где не было и маршрутной съемки, а имелись только случайные наблюдения и отдельные маршруты. В эту зону входит район, лежащий севернее широты  $\varphi = 68^\circ$ , и вся часть СССР, расположенная к востоку от меридиана  $\lambda = 138^\circ$ .

В табл. 60 представлены значения, определяющие в среднем точность карты общего распределения магнитных элементов, если принять распределение на три зоны.

Таблица 60

Зоны	Карты						
	<i>D</i>	<i>I</i>	<i>H</i>	<i>Z</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>T</i>
I	$\pm 0^\circ,2$	$\pm 0^\circ,1$	$\pm 50\gamma$	$\pm 200\gamma$	$\pm 50\gamma$	$\pm 50\gamma$	$\pm 200\gamma$
II	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	$\pm 100\gamma$	$\pm 300\gamma$	$\pm 100\gamma$	$\pm 100\gamma$	$\pm 300\gamma$
III	$\pm 0,5-1$	$\pm 0,5$	$\pm 200\gamma$	$\pm 400\gamma$	$\pm 200\gamma$	$\pm 200\gamma$	$\pm 400\gamma$

Точность карт нормального поля является весьма условным понятием, так как при их построении сознательно вводится многократное сглаживание изолиний и обычно отсутствует физическая или математическая модель, с полем которой можно было бы сравнить полученное нормальное поле.

Магнитное поле СССР является частью магнитного поля всей Земли в целом. В силу этого общее направление изолиний и конфигурация их по территории СССР подчинены, с одной стороны, закону распределения магнитного поля на всей поверхности Земли, с другой — особенностям, относящимся непосредственно к территории СССР.

Как известно, в первом приближении магнитное поле Земли можно представить в виде поля однородно намагниченного шара, направление намагниченности которого составляет угол около  $12^\circ$  с осью вращения Земли. В действительности мы имеем более сложное поле.

Искажения поля, вызванные неоднородной намагниченностью пород земной коры, их переменной мощностью и тектоническими нарушениями, обычно называют аномалиями. Различают аномалии локальные, региональные и мировые или материковые. Точного разграничения по протяженности для различного типа аномалий пока не установлено. Однако по общепринятым представлениям их можно охарактеризовать следующими признаками.

Локальные аномалии — это местные искажения поля, наблюдающиеся на протяжении нескольких километров и менее. Такие аномалии вызваны влиянием пород небольшого протяжения, расположенных непосредственно у дневной поверхности Земли. Региональные аномалии распространяются по площади на десятки и сотни километров. Они обусловлены главным образом структурными, петрографическими или тектоническими образованиями сравнительно большого протяжения. Аномалии, простирающиеся на несколько тысяч километров, т. е. по размерам сравнимые с континентами, называются мировыми или материковыми. Однозначного объяснения мировые аномалии не получили до настоящего времени. Некоторые магнитологи связывают их с причинами, расположенными в ядре Земли [63], другие считают, что они могут быть созданы толщей земной коры и подкорового слоя, имеющей крупные геологические особенности в виде наличия платформенных блоков и геосинклиналей и др.

Таким образом, все магнитное поле Земли можно рассматривать как векторную сумму отдельных магнитных полей. Обозначим через  $\vec{T}_0$  вектор напряженности поля однородного намагничивания, через  $\vec{T}_1$ ,  $\vec{T}_2$ ,  $\vec{T}_3$  — соответственно векторы мирового, регионального и локального полей. Наблюдаемое поле  $\vec{T}$  можно представить тогда как сумму

$$\vec{T} = \vec{T}_0 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3.$$

Сумму полей однородного намагничивания и материкового  $\vec{T}_0 + \vec{T}_1$  называют «нормальным полем». Оно служит для важной задачи выделения региональных и локальных магнитных аномалий, имеющих большое практическое значение.

Как известно, магнитное поле Земли имеет две особые точки, точнее локальные области, называемые полюсами, в которых наклонение  $I=90^\circ$ , и горизонтальная сила  $H=0$ . Приблизительные координаты магнитных полюсов, как они представлены на мировых магнитных картах эпохи 1955 г., следующие:

северный полюс . . . .  $\varphi = 74^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda = 260^\circ \text{ E}$   
 южный полюс . . . .  $\varphi = 69^\circ \text{ S}$ ,  $\lambda = 145^\circ \text{ E}$

Изолинии магнитных элементов или проходят через магнитные полюсы, как  $D$ , или образуют замкнутые кривые, приблизительно параллельные одна другой, окружающие магнитную ось Земли, т. е. линию соединяющую полюсы — как  $I$ ,  $H$ ,  $Z$ .

Направление изолиний на магнитных картах СССР, подчиняясь этой общей тенденции, заметно искажается влиянием Азиатской мировой аномалией. Наличие этой аномалии вызывает главную особенность в магнитном поле СССР. Эта особенность заключается в том, что напряженность магнитного поля на значительной территории СССР является весьма интенсивной. На обширной области в Сибири, между рр. Леной и Енисеем, вертикальная составляющая достигает высокого значения  $Z_{1940} = 0,60$  Ое, т. е. примерно такого, какое имеет  $Z$  на северном магнитном полюсе. Соответствующие значительные искажения испытывают и другие элементы. Склонение, например, к востоку от этой области достигает минимума  $D_{1940} = 13^{\circ}W$  и к северо-западу — максимума  $D_{1940} = 45^{\circ}E$ . Положение этой обширной аномалии выявлено по вертикальной составляющей только в результате ГМС. При рассмотрении магнитных карт СССР следует иметь в виду, что ГМС Азиатской части СССР осуществлена главным образом в виде отдельных маршрутов, часто отстоящих друг от друга на несколько сот километров.

Естественно, что освещенность магнитного поля Союза ССР неравномерная. В обжитых областях, где проводилась сплошная съемка, магнитное поле исследовано сравнительно подробно, в необжитых, труднодоступных областях, где была проведена лишь маршрутная съемка, степень освещенности поля явно недостаточная. В соответствии с этим на магнитных картах СССР характер поля передан с неодинаковой подробностью.

На территории Европейской части СССР и Западной Сибири на магнитных картах изолинии имеют много извилин различной величины, между изолиниями часто встречаются замкнутые и заштрихованные контуры, свидетельствующие о наличии крупных локальных и региональных аномалий.

На территории Азиатской части СССР изолинии в большинстве случаев имеют сглаженный без извилин вид, передающий лишь общие черты магнитного поля. Это, конечно, не означает, что магнитное поле Азиатской части СССР является менее сложным, чем поле Европейской части СССР.

Характер магнитного поля, степень его аномальности определяются в основном геологическими причинами — петрографической неоднородностью пород, рельефом, тектоническими процессами и др.

Поэтому магнитное поле, по образному выражению А. Д. Архангельского [73], является своеобразным рентгеновским снимком, «позволяющим видеть то, что скрыто глубоко под покровом осадочных пород и что иным способом мы видеть не в состоянии».

Огромный участок земной коры, на котором расположена территория СССР, имеет сложную геологическую историю и целый ряд геологических особенностей. Крупнейшей из них является наличие на территории СССР двух докембрийских платформ — Русской или Восточно-Европейской и Сибирской. Платформы эти состоят «из древнего фундамента, образованного сложнодислоцированными и метаморфизованными докембрийскими породами, и из покрывающего этот фундамент покрова горизонтальных или слабодислоцированных, неметаморфизованных послезозойских пород» [73]. Платформы разделены Урало-Сибирской геосинклинальной областью и окружены с юга и востока также геосинклинальными областями.

Как известно, платформам свойственна относительная устойчивость земной коры. Геосинклинали отличаются подвижностью участков земной коры, значительной мощностью осадочных пород.

Следует отметить, что внутри платформ тоже имеются прогибы и выступы. Так, например, Русская платформа выходит на дневную поверхность в Карелии, на Кольском полуострове, в Финляндии и Швеции, образуя Балтийский или Фенно-Скандинавский щит.

В Воронежской и Курской областях кристаллический фундамент образует Воронежский массив, на Украине имеется третий выступ — Украинский кристаллический массив.

Эти выступы платформы разделены впадинами, где фундамент погружается на значительную глубину — Восточнорусская, Подмосковная, Прикаспийская, Днепровско-Донецкая и Причерноморская впадины.

Магнитное поле СССР, отражая эти геологические особенности в строении земной коры, представляет также сложную картину.

В областях, где платформы выходят на поверхность, магнитное поле характеризуется пестротой и наличием большого количества локальных аномалий — Балтийский или Фенно-Скандинавский щит, Алданский, Воронежский, Украинский массивы. В областях прогибов, где имеются значительные осадочные отложения, магнитное поле имеет более спокойный характер, нарушаемый региональными аномалиями — Прикаспийская, Западно-Сибирская низменности и др.

В пределах Русской платформы, наиболее освещенной в магнитном и геологическом отношении, имеется весьма большое количество магнитных аномалий, придающих магнитному полю сложный вид. Наиболее отчетливо это представлено на картах аномальных значений  $Z$ , построенных в НИИЗМ для Европейской части СССР [71], и на картах общего распределения  $Z$ .

Перейдем к описанию карт основных магнитных элементов  $D$ ,  $H$ ,  $Z$ .

#### Описание магнитного поля СССР по отдельным элементам

Изодинамы вертикальной составляющей  $Z$  на карте общего распределения эпохи 1940 г. проведены через 0,01 Ое, т. е. через 1000  $\gamma$ . На карте изодинам  $Z$  резко выделяется максимум вертикальной составляющей, расположенный в междуречье Енисей — Лена, в районе проявления Азиатской материковой аномалии. Изодинамы  $Z$  представляют систему концентрических деформированных полуovalов, разомкнутых на севере. Три центральные изодинамы являются замкнутыми — значения 0,58, 0,59 и 0,60 Ое. Общий центр этих кривых расположен несколько южнее верховьев р. Оленек, близ пересечения меридиана  $108^\circ$  полярным кругом. Большая ось концентрических полуovalов имеет направление СВ. С увеличением расстояния от центра максимума градиент  $Z$  постепенно увеличивается и достигает наибольшей величины в южной части Каспийского моря и близ Курильских островов. Наибольшего значения в СССР, превышающего 0,60 Ое,  $Z$  достигает в районе, ограниченном меридианами 102 и  $114^\circ$  и параллелями  $64$  и  $70^\circ$ . Во всех направлениях от центра максимума значение  $Z$  постепенно уменьшается. Наименьших значений  $Z$  достигает в районе Кушки, где  $Z = 0,38$  Ое.

При более подробном рассмотрении карты отмечается высокая аномальность  $Z$  в Европейской части СССР, охватывающая широкую полосу северо-западного направления, простирающуюся от Харькова до Калининграда и от Казани до Нарвы. Внутри этой полосы находится известная Курская магнитная аномалия (КМА), связанная с залежами железистых кварцитов. Интенсивность  $Z$  в ряде пунктов достигает на КМА 1,5 Ое и более. Эта полоса аномального поля сменяется полосой относительно спокойного поля, после которой снова отмечается аномальная область, территориально совпадающая с Украинским массивом.

И. М. Пудовкин, обстоятельно исследовавший вопрос о магнитном поле Европейской части СССР и его геологическом значении, пишет [71] «Магнитное поле Украинского и Воронежского массивов является сильно возмущенным. Магнитные аномалии часто здесь связаны с железистыми кварцитами и достигают интенсивности нескольких десятков тысяч гамм,

а иногда и более эрстеда» и далее «Аномальное поле этих массивов разобщено полосой спокойного поля, территориально совпадающей с Днепровско-Донецкой впадиной».

Весьма аномальным является также поле Карельской АССР, где кристаллический фундамент выходит на поверхность. Большое количество аномалий отмечено на Урале и Кавказе.

И. М. Пудовкин приводит расчетные глубины источников некоторых аномалий. Эти глубины имеют широкий диапазон от 0,5—1 км для локальных аномалий и до 20—25 км для региональных. Следует отметить, что в последнем случае мы имеем, повидимому, значительное завышение глубин из-за несовершенства способов расчета. Для локальных аномалий полученные путем расчета глубины оказываются, как правило, близкими к тем, которые даются по данным буровых скважин.

В направлении на юго-восток к Каспийскому морю и далее в Среднюю Азию до оз. Балхаш простирается зона весьма спокойного магнитного поля. Эта зона совпадает с Урало-Сибирской геосинклинальной областью с мощной толщей осадочных пород, доходящей до нескольких километров.

Далее на север и восток Советского Союза данные магнитные карты эпохи 1940 г. построены, как указано ранее, но недостаточно густой сети пунктов и потому подробное описание поля не представляется целесообразным. Следует отметить, что по данным наземных и особенно аэромагнитных съемок в Сибири и на Дальнем Востоке, проведенных в последние годы, вырисовывается также весьма сложное аномальное поле, особенно в междуречье Енисей — Лена, на Алтае, в Приамурье и на Камчатке.

Изложенное выше в общих чертах относительно степени и характера аномальности вертикальной составляющей на территории СССР и связи  $Z$  с геологическими особенностями является справедливым и для других магнитных элементов, на описании карт которых мы остановимся совсем кратко.

Изодинами полной силы  $T$  проведены на картах общего распределения через 0,1 Ое и имеют сходство с изодинами  $Z$ . Максимальное значение  $T = 0,61$  Ое и более наблюдается в области между Енисеем и Леной, минимальное значение  $T = 0,47$  Ое встречаем в районе южной границы Европейской части СССР.

В карте магнитного склонения  $D$  изогоны проведены через  $1^\circ$  до широты  $76^\circ$ , севернее через  $5^\circ$ .

Действие Азиатской аномалии на распределение склонения в СССР таково, что северный конец магнитной стрелки в местах, лежащих к востоку от максимума  $Z$ , уклоняется к западу, а в лежащих к западу — к востоку.

Восточное склонение в пределах СССР изменяется от 0 до  $45^\circ$ , западное — от 0 до  $14^\circ$ .

Изогоны восточного склонения, исключая северо-восточную часть, являются концентрическими деформированными полуовалами, открытыми к северу. Их большая ось проходит почти с севера на юг, идя несколько восточнее Аральского моря, через Обскую губу и несколько западнее Северной Земли. Изогоны западного склонения  $11$ ,  $12$  и  $13^\circ$  представляют замкнутые концентрические овалы, центр которых лежит к юго-востоку от г. Якутска. Изогоны с большим значением западного склонения имеют вид овалов, открытых к югу, с большой осью, почти меридионального направления, проходящей через г. Владивосток и Новосибирские острова.

Нулевая изогона, проходящая примерно через центр максимума  $Z$ , разделяет области восточного и западного склонения и представляет также полуовал. Она проходит несколько западнее оз. Байкал и, огибая с севера Новосибирские острова, идет почти вдоль меридиана  $168^\circ$  к востоку от полуострова Камчатки. На западе нулевая изогона проходит по

Европейской части СССР вдоль восточного побережья Ботнического залива, около меридиана  $21^\circ$ .

В карте горизонтальной составляющей  $H$  изодинамы представляют весьма пологие концентрические полуовалы, открытые к северу, замыкающиеся вне границ карты. Направление изодинам в средней и южной частях Европейской части СССР почти совпадают с параллелями.  $H$  изменяется в пределах Союза ССР от 0,03 ( $\varphi = 80-84^\circ$ ) до 0,29 Ое (в районе Кушки, Туркменская ССР).

По сравнению с картами  $D$  и  $Z$  карта  $H$  является менее аномальной. Это объясняется отчасти тем, что горизонтальная составляющая изменяется, как правило, более плавно и с меньшей амплитудой, чем  $Z$ . Количество пунктов наблюдений по  $H$  меньше, чем по  $Z$ , что также обусловило более сглаженный вид карты  $H$ .

Карта изодинам восточной составляющей  $Y$  аналогична карте  $D$ , с той лишь разницей, что районы экстремальных значений  $Y$  несколько смещены по сравнению с таковыми на карте склонения.

Нулевая изодинама  $Y$ , как это и следует, совпадает с агонической линией. В пределах Советского Союза  $Y$  изменяется от  $+0,040$  до  $-0,040$  Ое.

Карта изодинам северной составляющей  $X$  аналогична карте  $H$ . В пределах Советского Союза  $X$  изменяется от 0,28 Ое на юге до 0,02 Ое на севере.

Таковы в кратком изложении основные особенности магнитного поля СССР. Следует отметить, что обусловленность магнитного поля геологическими особенностями, которая теперь является несомненной, стала таковой лишь в результате широкого проведения магнитной съемки, в том числе ГМС и больших геологических изысканий.

### Карты нормального магнитного поля

Карты нормального магнитного поля служат главным образом для выделения из наблюдаемого поля аномальной части с целью геологического и физического истолкования последней. Очевидно, что при этом правильный выбор нормального поля играет очень важную роль.

Карты нормального поля построены в НИИЗМ на эпоху 1940 г. графическим методом, путем трехкратного сглаживания изолиний и выравнивания градиентов. Теоретическим основанием для этого метода является признание, что источники, создающие мировые магнитные аномалии, расположены на больших глубинах, близких к ядру Земли [68]. Последнее предположение не является единственно возможным. Существование менее глубоких источников, расположенных ближе к земной коре и в самой коре, также вполне допустимо.

Операция сглаживания изолиний содержит значительную долю произвольности. Строгого решения задача построения нормального поля не получила до сего дня, за исключением нормального поля соответствующего полю однородно намагниченного шара. Считается, что построенные в НИИЗМ нормальные карты содержат поле однородного намагничения и поле мировых аномалий и, следовательно, позволяют выделить из наблюдаемого поля региональные и локальные аномалии.

Карты построены для семи элементов —  $D_n$ ,  $H_n$ ,  $Z_n$ ,  $T_n$ ,  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $I_n$ . На всех картах отражена лишь самая крупная особенность магнитного поля СССР — влияние Азиатской мировой аномалии. Изолинии  $D_n$  и  $Y_n$  представлены двумя системами концентрических овалов с положительными и отрицательными значениями. Изолинии  $T_n$ ,  $Z_n$  представлены в виде одной системы концентрических правильных овалов с максимальным значением  $T_n = 0,61$  Ое и  $Z_n = 0,60$  Ое.

Изолинии элементов  $H_n$ ,  $I_n$  и  $X_n$  на значительной части территории Советского Союза проходят очень близко к кругам широт, отклоняясь существенно от них на севере и северо-востоке страны, где они приобретают большую крутизну.

### Карты изопор

На основании данных магнитных обсерваторий и наблюдений на пунктах векового хода в Бюро Генеральной магнитной съемки, а затем в Институте земного магнетизма составлялись карты изопор. Впервые такие карты для территории всего Советского Союза были составлены Н. Е. Малининой и В. П. Орловым для периода 1930—1935 гг. [52], а затем В. П. Орловым [53] для периода 1935—1940 гг. Выбор пятилетних промежутков для составления карт изопор, т. е. составление карт средних годовых изменений, выведенных для пятилетнего промежутка времени, обуславливался практическими соображениями: во-первых, период не слишком велик, чтобы действительные годовые изменения в начале периода заметно отличались от изменений в конце периода, а во-вторых, период не слишком мал, чтобы ошибки наблюдений в большей степени сказывались на вычисленных среднегодовых изменениях и искажали бы действительную картину распределения векового хода. С теоретической стороны выбор пятилетних промежутков для составления карт изопор был обоснован недостаточно, что объясняется отсутствием в то время специальных теоретических работ, посвященных исследованию изменений векового хода во времени.

Исследования последних лет [54, 55] показали, что с теоретической стороны было бы целесообразнее составлять карты изопор для 11-летних промежутков времени (или равноценных им, но более удобных для практики 10-летних промежутков). При этом для практического пользования этими картами в промежуточные годы нужно было бы лишь вводить поправки за периодические части векового хода. Кроме того, введение 10- или 11-летних промежутков значительно уменьшило бы объем дорогостоящих полевых работ и повысило точность карт изопор.

Карты изопор составляли следующим образом. Вычисляли разность между среднегодовыми значениями элемента по наблюдениям в конце и в начале периода, для которого составляли карту изопор. Эту разность, деленную на число лет между наблюдениями, принимали за величину среднегодового изменения элемента в данном пункте за данный промежуток времени. Вычисленные таким образом среднегодовые изменения для всех пунктов векового хода наносили на карту масштаба 1 : 20 000 000. На эту же карту наносили среднегодовые изменения элемента по всем магнитным обсерваториям СССР и сопредельных стран. Являясь наиболее точными, они служили опорным материалом при составлении карт изопор.

Интерполяцией между среднегодовыми изменениями в соседних пунктах находили точки с одинаковыми изменениями данного элемента и последние соединяли плавными кривыми. Как правило, линии равных годовых изменений — изопоры — проводили через 1' по склонению и наклону и через 10 γ по остальным элементам.

При составлении карт изопор принимали во внимание не только наблюдения, произведенные точно в первый и последний годы периода, для которого составляли карты: для увеличения количества исходного материала было найдено целесообразным использовать наблюдения, произведенные на 1—2 года раньше или позже. В этих случаях составители карт для уменьшения проистекающей из этого погрешности, в общем незначительной, при проведении изопор учитывали изменение векового хода

во времени там, где это было необходимо и соответственно несколько смещали изопоры.

Практика составления карт изопор показала, что наиболее целесообразно строить карты по непосредственно наблюдаемым значениям лишь для трех наблюдаемых в поле элементов: склонения, наклонения и горизонтальной силы. Карты же изопор остальных элементов ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $T$ ) удобнее составлять по вычислениям на основании трех первых основных карт изопор значениям в равноотстоящих точках с нанесением на эти карты для контроля годовых изменений этих элементов в магнитных обсерваториях. В этом случае составление карт упрощается, так как отдельные ошибочные значения уже исключены при составлении трех первых карт изопор; поэтому согласование остальных карт изопор отдельных элементов между собой также упрощается. Такое согласование проводили во всех случаях с тем, чтобы отдельные особенности в распределении векового хода в равной степени отражались на картах изопор всех элементов.

### Характеристика распределения векового хода на территории СССР

Рассмотрим общую картину распределения векового хода на территории СССР на основании работ Н. Е. Малининой и В. П. Орлова [52, 53]. Вековые изменения вертикальной силы  $Z$  в последние десятилетия характеризуются наличием области максимальных изменений (фокуса  $\delta Z$ ) в районе Каспийского моря (рис. 14), причем в отдельные периоды среднегодовые изменения  $Z$  в этом районе достигали  $+120 \gamma$ . К северу, востоку и западу от фокуса максимальных изменений среднегодовые изменения плавно уменьшаются с большим градиентом на западе и меньшим на востоке. На крайнем востоке СССР проходит нулевая изопора  $Z$ , к востоку от которой среднегодовые изменения вертикальной силы отрицательны.

В полном соответствии с изменениями вертикальной силы изменяются и другие магнитные элементы: фокусы максимального уменьшения горизонтальной и северной силы расположены приблизительно к северу от фокуса максимального увеличения  $Z$ , величина же годового изменения горизонтальной силы в фокусе достигала в некоторые периоды  $60 \gamma$ . Нулевые изопоры  $H$  и  $X$  проходят через фокус  $\delta Z$  приблизительно в широтном направлении.

Фокусы максимального изменения склонения и восточной силы расположены к северо-западу (максимальные положительные изменения  $D$  и  $Y$ ) и северо-востоку (максимальные отрицательные изменения  $D$  и  $Y$ ) от фокуса  $\delta Z$ . При этом северо-восточные фокусы  $\delta D$  и  $\delta Y$  находятся в пределах территории СССР, несколько севернее устья р. Лены. Величина среднегодовых изменений в этом фокусе достигала в некоторые периоды  $-20'$  по  $D$  и  $-40 \gamma$  по  $Y$ . Нулевые изопоры  $D$  и  $Y$  проходят через фокус максимального значения  $\delta Z$  приблизительно в долготном направлении.

Распределение векового хода полной силы  $T$  и магнитного наклонения  $I$  в общих чертах совпадает с распределением  $\delta Z$ ; максимальные изменения  $T$  в фокусе, расположенном в районе Каспийского моря, достигали  $+120 \gamma$ , максимальные изменения наклонения  $I$  доходили до  $+6'$  в год.

Если проследить характер изменения векового хода даже за сравнительно небольшой промежуток времени, то отчетливо видно, что фокусы максимальных изменений магнитных элементов не оставались постоянными как по интенсивности, так и по местоположению. Так, по исследованиям В. П. Орлова [53], фокус максимальных изменений вертикальной силы переместился за последнее столетие приблизительно в западном направлении на несколько тысяч километров. При этом скорость возвра-

станция  $Z$  за этот же промежуток времени изменилась приблизительно от  $+50$  до  $+120$  в год. Соответственно такому изменению векового хода  $Z$  согласованно изменялось географическое распределение векового хода и других элементов.

#### КРАТКИЙ ОБЗОР РАБОТ ПО МАГНИТНОЙ КАРТОГРАФИИ ЗА ПЕРИОД 1931—1941 гг.

Работы по магнитной картографии начали проводиться почти одновременно с началом Генеральной магнитной съемки, до 1939 г. — только силами отдельных сотрудников Бюро ГМС.

К числу первых карт, выполненных таким образом, относятся: карты  $D, I, H$  СССР эпохи 1925 г., опубликованные в 1932 г. [46]; карты  $D, I, H, Z$  СССР эпохи 1930 г., изданные в 1933 г. [47]; карты  $D, H, Z$  эпохи 1935 г. для морей Балтийского, Северного, Черного, Азовского, Японского, Охотского и полярных, омывающих СССР. Последняя группа карт, составленных по запросу Главного гидрографического управления, ГГО не была опубликована.

Внедрение в практику Генеральной магнитной съемки и поисковых магнитометрических работ относительных определений  $\Delta Z$  с вертикальными весами заставило Бюро ГМС заняться составлением карт нормального магнитного поля СССР эпохи 1935 г. Эти карты должны были дать возможность организациям, проводящим относительные съемки, пользоваться при обработке материалов единым нормальным магнитным полем, построенным по единой методике.

Карты нормального магнитного поля СССР эпохи 1935 г. по всем семи элементам земного магнетизма были составлены в 1936 г., опубликованы в 1939 г. [45] и позволили НИИЗМ проводить большую работу по составлению карт региональных магнитных аномалий Европейской части СССР и Западной Сибири [60].

Составление карты по отдельным районам было начато в 1936 г. При этом были использованы абсолютные и относительные ( $\Delta Z$ ) значения вертикальной силы по данным определений Генеральной магнитной съемки и результаты относительных съемок, проведенных другими организациями.

Эта работа по обработке  $\Delta Z$  более чем в 100 000 пунктах была проведена с 1936 по 1949 г. В результате ее были составлены по отдельным районам каталоги со значениями  $Z_a$  на относительных и абсолютных пунктах,  $X_a$  и  $Y_a$  на абсолютных пунктах и карты изодинам аномальных значений вертикальной силы  $Z_a$  с векторами  $H_a$ .

В табл. 61 представлены районы, по которым составлены каталоги и карты и указаны их составители.

Карты региональных магнитных аномалий, входящие в Европейскую часть СССР от ее южных границ до широты  $\varphi = 60^\circ$ , были в 1946—1949 гг. пополнены позднейшими данными, окончательно прокорректированы и в масштабе 1 : 1 000 000 опубликованы в томе 5, изд. НИИЗМ, «Магнитное поле СССР».

Хотя Великая Отечественная война и задержала выход в свет этого издания, но это не помешало ряду геологоразведочных организаций широко пользоваться картами региональных магнитных аномалий.

Магнитный метод разведки, как наиболее дешевый и быстрый, получил признание в геологическом мире и магнитные съемки с прикладными целями широко применяются различными геологическими ведомствами. Каталоги и карты НИИЗМ позволяют делать привязку всех магнитных съемок к пунктам ГМС и таким образом обеспечивают возможность обобщения накопленных до сих пор результатов. Карты региональных

№ п/п.	Район	Составитель
1	Северо-западный	О. Ю. Солодухо и Н. Н. Трубятчинский
2	Центральный	О. Ю. Солодухо
3	Украинский	А. А. Безукладнов
4	Волго-Уральский	В. П. Орлов
5	Волго-Донской	Н. Е. Малинина и Л. С. Банухин
6	Прикаспийский	Н. В. Адам
7	Прибалтика и западный	А. П. Шляхтина
8	Кольский полуостров и Карельская АССР	М. С. Пенкевич
9	Северный (к северу от широты $\varphi = 60^\circ$ )	Е. В. Кракау и Б. М. Матвеев
10	Средняя Азия, Кара-Кумы и Усть-Урт	Л. С. Банухин и И. С. Ленина
11	Дальневосточный	З. С. Чугурия

магнитных аномалий играют большую роль и при планировании более детальных магнитных съемок и других геофизических и геологических исследований.

Картами нормального поля пользуются и при аэромагнитных и других съемках для введения поправок за градиент магнитного поля.

Кроме ряда карт, выполненных за 1939—1940 гг., НИИЗМ с 1940 г. начал весьма трудоемкую работу по составлению карт и каталога Генеральной магнитной съемки эпохи 1940 г. Работа была закончена только после окончания Великой Отечественной войны, а результаты опубликованы в 1946—1948 гг. [1, 2, 3, 4, 5].

Карты СССР эпохи 1930 г., опубликованные в 1933 г. [36], из-за недостатка данных были весьма схематичными. Карты эпохи 1940 г., построенные по результатам Генеральной магнитной съемки 1931—1942 гг., хотя и были несравненно точнее, вышли в свет только в 1948 г. Поэтому, для удовлетворения неотложных текущих запросов ряда организаций в течение всего рассматриваемого периода, в НИИЗМ были составлены многочисленные карты как всей территории СССР, так и отдельных ее районов, карты морей, озер и др. Карты строились в различных масштабах и на различные эпохи, причем для построения использовались все имевшиеся в то время обработанными результаты Генеральной магнитной съемки, данные каталога Б. П. Вейнберга [35, 36], а также неопубликованные еще результаты магнитных наблюдений, проводившихся органами гидрографической службы УВМС, Главного управления Северного морского пути и др., которые можно было получить тогда.

Результаты определений, приведенные к середине года наблюдений и к эпохе карты, помещались в каталоги, а затем наносились или на картограммы, или непосредственно на бланки карт, где и проводили линии равных значений рассматриваемого магнитного элемента. Наиболее крупные работы сопровождалась статьями. Материалы всех картографических работ хранятся в научном архиве НИИЗМ.

Следует сказать, что в НИИЗМ уже в 1940 г. была построена картограмма склонения СССР на эпоху 1940 г. в условном масштабе и проекции (1 мм = 1 минуте по  $\varphi$  и  $\lambda$ ), причем для построения были использованы имевшиеся в то время значения склонения. В дальнейшем картограмма систематически пополнялась новыми данными, поступившими в НИИЗМ.

В годы Великой Отечественной войны магнитная картография НИИЗМ была почти полностью переключена на картографические ра-

боты, связанные с обслуживанием Советской Армии и Военно-Морского и Воздушного флота. Чтобы снабдить военные организации новейшими данными, в течение 1942—1945 гг. были составлены магнитные карты разных эпох и для различных территорий.

Необходимость повысить точность составляемых карт и строить их не только для территории СССР, но и далеко за его пределами, заставила заняться в послевоенные годы сбором результатов магнитных определений по всему земному шару.

В мировом карточном каталоге имелось на 1951 г. около 86 000 отдельных магнитных определений. Для Западной Европы и США собраны все определения, начиная с 1850 г., для остальных стран — с 1890 г.

В 1950 г. по данным мирового каталога были построены мировые магнитные карты на эпоху 1950 г.

В приложении 8 дан список основных карт, составленных в течение 1931—1951 гг., с указанием авторов.

Таковы результаты ГМС, представленные в виде каталогов и магнитных карт. Как указывалось выше, материалы ГМС использовались для проведения целого ряда научно-исследовательских работ в области земного магнетизма, имеющих большое практическое и теоретическое значение.

Остановимся на некоторых из них, связанных с ГМС или предшествовавших ей. Большое количество научно-исследовательских работ было посвящено изучению географического распределения магнитного поля и его вековых изменений на территории СССР. Важнейшими из них являются «Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах с 1556 по 1926 г.» в трех частях [19, 35, 36] и «Каталог магнитных определений в полярных областях» [62]. В них собраны все известные абсолютные определения магнитных элементов на территории СССР и полярных стран. Эти материалы являются особенно ценными при построении магнитных карт и при исследовании вековых изменений.

Большое значение для изучения пространственного распределения элементов земного магнитного поля и его вековых изменений на территории СССР имеют работы В. П. Орлова [52, 53] и Н. Е. Малининой [25, 52].

Особо надо отметить исследование В. П. Орлова [53] о вековом ходе на территории СССР за период 1825—1935 гг. Собранные им обширные фактические данные являются ценным материалом для дальнейших научных обобщений.

Вопросу о причинах крупнейшей мировой аномалии на Земле — Азиатской, посвящена работа Ю. Д. Калинина «Остаточное поле Бауэра» [63], где автор интерпретирует аномалию Z с помощью радиального диполя, расположенного примерно на глубине половины земного радиуса.

В работе Ю. С. Глебовского [64] сделана попытка объяснить эту же аномалию геологическими причинами, а именно широко распространенными в области междуречья Енисей — Лена траппами (изверженными основными породами).

В. И. Почтарев в работе «Магнитное поле Земли и фигура геоида» [65] устанавливает наличие связи между гравитационными и магнитными аномалиями и высказывает предположение, что причинами мировых аномалий является магнетизм пород, слагающих кору и часть подкорового слоя.

Изучению вековых изменений и установлению вероятных причин их был посвящен ряд работ различных авторов. Большой интерес представляет работа Н. Н. Трубяччинского [66], в которой впервые высказана мысль о возможной связи векового хода с тектоническими процессами в земной коре.

Ю. Д. Калинин [54] применил сферический анализ вековых изменений на территории СССР и пришел к выводу, что эти изменения обусловлены источниками, расположенными главным образом внутри Земли, хотя имеют место и внешние источники. Он представил поле вековых вариаций на территории СССР полем кругового электрического тока, или эквивалентного ему магнитного диполя с осью, направленной по радиусу Земли и находящемуся на глубине половины земного радиуса. Для объяснения векового хода надо предположить перемещение этого диполя по кривой в виде полуовала, расположенной на глубине половины радиуса.

М. М. Иванов, анализируя вековые изменения на территории СССР [55], пришел к выводу, что они могут быть вызваны не только движением глубинных диполей, но также вследствие изменения их магнитных моментов без каких-либо их перемещений.

Т. Н. Розе [67] в своей работе «О вековых изменениях остаточного поля Земли» в результате анализа устанавливает, что вековые изменения  $\delta Z$  происходят главным образом вследствие изменений остаточного поля, связанных с крупными тектоническими процессами.

Важному понятию о нормальном магнитном поле посвящена работа Б. П. Вейнберга [59]. Данная автором классификация магнитных аномалий является наиболее распространенной.

Этому же вопросу посвящена работа М. С. Пенкевич «Карты нормального распределения элементов земного магнетизма на территории СССР для эпохи 1935 г.» [45].

Ю. Д. Калинин в работе «Нормальное поле СССР» [68] теоретически показал, что нормальное поле может быть обусловлено глубинными причинами, сосредоточенными в ядре Земли и лишь в незначительной мере — поверхностными причинами, сосредоточенными в земной коре.

В. И. Афанасьев в своей работе [62] дает аналитическое выражение для всего земного поля и для нормального поля с помощью сферических функций. Большое практическое значение имеют работы в области геологической интерпретации магнитных аномалий.

И. М. Пудовкин в своих работах [70, 71] и некоторых других, используя положения теории потенциала, дает количественную геологическую интерпретацию магнитных аномалий, вместо обычного приближенного приема качественных объяснений их и подчеркивает важное значение магнитных карт  $Z_n$  для геологических обобщений по строению кристаллического фундамента.

Б. М. Яновский в работе «О вариации элементов земного магнетизма в аномальном поле» [72] исследует характер суточных вариаций в районе Курских магнитных аномалий и приходит к выводу, что аномалии обусловлены остаточным намагничением железорудных пород.

В практике обработки абсолютных магнитных определений важную роль имели работы Е. В. Кракау, посвященные исследованию амплитуды суточного хода склонения [48], суточного хода горизонтальной составляющей [49]. В них выведены экспериментальные формулы, дающие возможность осуществлять приближенное исключение из магнитных наблюдений суточных вариаций.

Нельзя не отметить работу крупного геолога А. Д. Архангельского, Н. В. Розе и др., в которой впервые использованы магнитные карты Европейской части СССР для широкого изучения и выявления особенностей в строении кристаллического фундамента Русской платформы.

Перечисленные работы не исчерпывают всех научно-исследовательских работ, проведенных в области постоянного магнитного поля с использованием данных ГМС. Здесь даны только главные из них, так как перечисление всех работ не входило в задачу составителей настоящего тома.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная часть работ по Генеральной магнитной съемке СССР выполнена. Настоящее издание «Магнитное поле СССР» подводит первые итоги работы большого коллектива советских магнитологов.

История развития магнитных съемок в нашей стране убедительно показывает, каких успехов достигла наука в СССР — стране победившего социализма. До Великой Октябрьской социалистической революции небольшие по объему магнитные съемки и магнитные наблюдения осуществлялись лишь в результате самоотверженного труда отдельных ученых. Только после перехода власти в руки трудящихся, в корне изменившего отношение государства к науке, работы по магнитной съемке в нашей стране приобрели общегосударственное значение, нашли полную поддержку Партии и Правительства и были проведены быстрыми темпами в недоступном для капиталистических стран объеме.

В результате Генеральной магнитной съемки вся территория Советского Союза покрылась сетью магнитных пунктов. Степень густоты расположения пунктов обусловлена развитием сети путей сообщения и населенностью обследуемых областей. В густо населенной полосе СССР пункты магнитных наблюдений расположены в среднем на расстоянии 20 км один от другого. Труднодоступная и малонаселенная часть СССР имеет пункты магнитных наблюдений только по маршрутам, расстояния между которыми доходят иногда до тысячи километров и больше.

Представленная на рис. 7 схематическая карта заснятости СССР магнитными съемками показывает распределение различных типов съемки к 1942 г. Наиболее подробно к этому году изучена в магнитном отношении территория I, где проведены как абсолютные магнитные наблюдения по сплошной сети пунктов густотой  $20 \times 20$  км, с маршрутными определениями вертикальной силы по пути следования партий через 2 км по маршруту, так и абсолютные наблюдения по той же сети, но без маршрутных определений вертикальной силы. Характер распределения магнитного поля, где это распределение изучено с достаточной степенью подробности, оказался сложным — в соответствии со сложным геологическим строением этих районов. Поэтому всякое предположение о простом распределении магнитного поля в еще малоизученных районах вряд ли будет обосновано.

Проведение Генеральной магнитной съемки позволило удовлетворять в течение ряда лет все основные, первоочередные нужды народного хозяйства и обороны страны в магнитных данных. Построенные по материалам съемки многочисленные карты магнитного склонения для разных частей СССР и для всего Советского Союза в целом на различные эпохи, в разных масштабах и с разной степенью сглаженности изолиний — удовлетворяли основные потребности морского и воздушного флотов СССР, организаций, занимающихся топографическими съемками и ряда других ведомств в данных по магнитному склонению. Результаты съемки позволили построить карты нормальных полей магнитных элементов, нашедших самое широкое применение для выделения магнитных аномалий и правильного их геологического истолкования. Наличие карт нормальных полей позволило построить карты региональных магнитных аномалий, явившиеся основным исходным материалом при планировании всякого рода магниторазведочных работ, при поисках месторождений полезных ископаемых и при изучении геологического строения крупных геологических провинций.

Выполненная съемка дала богатейший исходный материал для проведения ряда научно-исследовательских работ, имеющих большое научное и практическое значение. На материалах съемки был проведен ряд иссле-

дований географического распределения магнитного поля, имеющих важное значение для познания природы магнитного поля земли и общих закономерностей в его распределении по поверхности земного шара. Проведенные многочисленные исследования векового хода магнитного поля выявили общий характер распределения вековых вариаций на территории СССР и некоторые новые, неизвестные ранее особенности и закономерности в его изменении со временем. Наличие богатейшего материала дало толчок для развития исследовательских работ в области геологического истолкования геомагнитного поля, исследований зависимости распределения магнитного поля от геологического строения верхних слоев земной коры, для вычисления глубин залегания источников, вызывающих магнитные аномалии. Наряду с этим выполнена серия работ по исследованию структуры магнитного поля тел заданной формы, работ, имеющих большое значение при решении обратной магнитометрической задачи — определении параметров неизвестного намагниченного тела по известному, создаваемому им магнитному полю. Наконец, в связи с выполнением съемки проводились исследования магнитных вариаций, изучение закономерностей в их протекании и в характере их распределения на территории СССР.

Совершенно неправильно было бы считать, однако, что проведенная работа удовлетворила все потребности народного хозяйства и обороны страны в магнитных данных, а поэтому проведение дальнейших съемок не нужно. Наоборот, удовлетворив лишь основные, первоочередные, запросы Генеральной магнитная съемка определила огромную практическую ценность знания магнитного поля и поставила новые, большие задачи перед наукой о земном магнетизме. Прежде всего необходимо отметить, что отсутствие сплошной сети магнитных пунктов на большой части СССР не позволяет строить для нее достаточно точные и подробные магнитные карты, а следовательно, не позволяет в полной мере удовлетворить потребностей страны. На территории морей, омывающих Советский Союз, никаких магнитных съемок не было, поэтому характер распределения магнитного поля на морях остался к 1941 г. невыясненным; выявленные береговые аномалии не исследованы и степень их распространения в море также осталась неизвестной. Практика показала также, что для решения некоторых задач, связанных с изучением геологического строения нашей страны и с отдельными нуждами оборонного характера, существующая сеть магнитных пунктов Генеральной съемки недостаточна, а точность съемки нельзя считать для этих целей удовлетворительной. Все это приводит к заключению, что проведение дальнейших съемочных работ необходимо для удовлетворения возрастающих запросов о магнитных данных, а также для исследования распределения магнитного поля по нашей территории, имеющего важное научное и практическое значение.

Так как все основные особенности в распределении магнитного поля определяются геологическим строением земной коры и глубинных слоев земного шара, то дальнейшее изучение магнитного поля в нашей стране должно идти в тесной связи с изучением Земли в геологическом и геофизическом отношениях. Магнитная съемка послевоенного периода в СССР развивается именно в этом направлении.

Широкое применение получила аэромагнитная съемка, впервые в мире осуществленная в СССР А. А. Логачевым в 1936 г. Она позволила в течение короткого периода покрыть магнитной съемкой масштаба 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и крупнее значительные территории СССР, на которых ранее вследствие труднодоступности были лишь отдельные маршруты магнитной съемки. Аэромагнитная съемка проводится геофизическими трестами и ведомственными институтами. Обычно это съемка с  $T$ —

аэромагнитометром, обеспечивающим высокую точность порядка 10—20  $\gamma$ , иногда съемка с помощью «турбины Логачева» (АМ-9Л), дающей сравнительно невысокую точность определения  $\Delta Z$ .

В НИИЗМе Л. С. Банухиным, Б. М. Матвеевым и др. проводилась аэромагнитная съемка Чукотского п-ова, Крайнего Севера страны и других районов, причем определялись три магнитных элемента —  $D$ ,  $H$  и  $Z$ .

Практика работ показала, что для аэромагнитной съемки необходимо проведение наземных магнитных съемок на специальных полигонах для определения давиации аэромагнитных приборов. С 1953 г. в НИИЗМе стала осуществляться морская магнитная съемка с помощью специально построенного немагнитного корабля — парусно-моторной шхуны «Заря», являющейся единственным подобным кораблем в мире. Ею проведена магнитная съемка трех элементов  $D$ ,  $H$  и  $Z$  Балтийского моря, имеющего весьма аномальный характер. После проведения магнитной съемки морей, омывающих СССР, встанет на очередь съемка океанов. Таким образом, Генеральная магнитная съемка в СССР получила новые и весьма широкие перспективы развития. Выполнение этих двух видов съемочных работ — аэромагнитной и морской позволит считать Генеральную съемку СССР законченной, а поставленную перед ней задачу решенной.

Однако завершение Генеральной магнитной съемки не предвещает прекращения съемочных работ на сухопутной территории СССР. ГМС по своей точности не обеспечила надежного выявления малоинтенсивных магнитных аномалий, связанных со структурой геологией. Для этого представляется целесообразным проведение абсолютной магнитной съемки высокой точности на опорных пунктах, расположенных друг от друга на 50—100 км. К этим опорным пунктам необходимо привязывать результаты относительных магнитных съемок — наземных и аэромагнитных, а также морскую магнитную съемку. Только такая сеть опорных пунктов даст возможность построить крупномасштабную карту магнитных аномалий СССР необходимой точности.

Далее, наличие вековых изменений геомагнитного поля приводит к необходимости систематического изучения этого явления. Поэтому, кроме непрерывной работы магнитных обсерваторий, необходимы систематические наблюдения на специальной сети магнитных пунктов векового хода. Существующая сеть в ряде случаев оказывается недостаточной для исследования географического распределения вековых вариаций и характера их протекания во времени. Некоторые пункты оказались под угрозой застройки, другие ненадежны в магнитном отношении. Одновременно с этими основными видами съемочных работ должны получить широкое развитие и методические работы: съемки на площадях, хорошо изученных в геологическом отношении с целью выработки и усовершенствования методики интерпретации магнитных аномалий, специальные высокоточные съемки в районах действующих вулканов, в сейсмически и тектонически активных областях для выявления и изучения возможных особенностей в изменении магнитного поля в этих областях, специальные съемки в особо интересных в геологическом и магнитном отношении районах и тому подобные.

Всестороннее развитие съемочных работ потребует расширения теоретических работ в области усовершенствования методики наблюдений и их обработки, а также и в области приложения результатов магнитных наблюдений к практическим запросам, к решению основных народнохозяйственных и оборонных задач. Необходима всесторонняя разработка теории и методов геологической интерпретации магнитных аномалий, развитие работ по исследованию строения земной коры и глубоких слоев земного шара с применением различных геофизических методов, исследование магнитных свойств горных пород, образцов руд и минералов с целью вы-

яснения условий их намагничивания и происхождения и т. д. При проведении работ в этом направлении необходимо особо подчеркнуть важность разработки методики интерпретации результатов аэромагнитных съемок и точного проложения аэромагнитных маршрутов на местности. Как известно, наибольшая точность определений при аэромагнитной съемке в настоящее время достигнута при определении модуля полного вектора земного магнитного поля  $T$ , однако направление вектора в пространстве остается неопределенным. Это создает ряд дополнительных трудностей при интерпретации результатов наблюдений.

Большое внимание при проведении теоретических работ должно быть уделено изучению закономерностей в изменении векового хода со временем с целью выработки на основании этих исследований методики прогнозирования векового хода. Надежное прогнозирование векового хода позволит улучшить качество магнитных карт и составлять их на будущие эпохи, а также сократить большие и дорогостоящие работы по периодическому повторению наблюдений на магнитных пунктах векового хода.

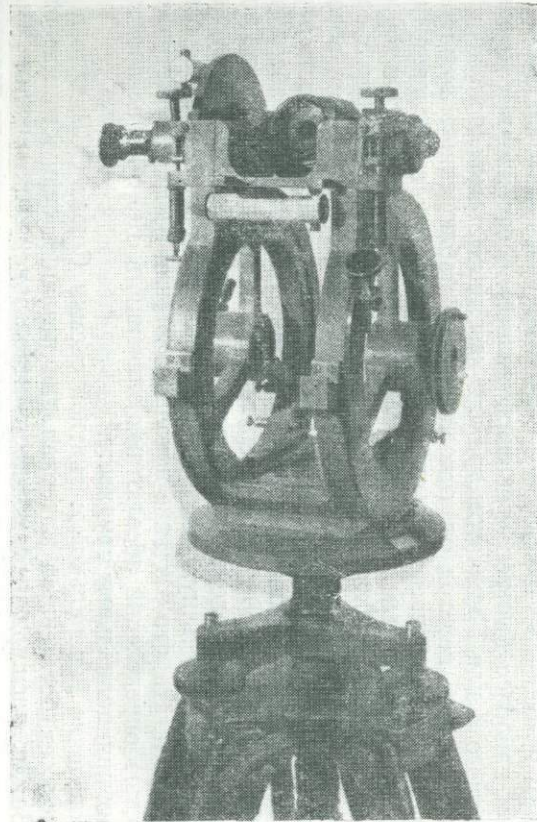
Особое внимание при организации и проведении дальнейших съемочных работ должно быть уделено усовершенствованию старых, созданию и разработке новых магнитных приборов и методов наблюдений. Весьма важно для повышения производительности труда при съемках создание и усовершенствование приборов для съемок в движении (при передвижении на автомобиле, в поезде, на кораблях, при пешем передвижении). Существующие в настоящее время высокоточные приборы для съемок в движении приспособлены лишь для съемок с самолетов (аэромагнитометры) и на корабле, очень громоздки по конструкции и не применимы для наземных работ. В то же время аэромагнитные съемки для их правильного и полного использования должны, как уже указывалось, сопровождаться необходимым минимумом наземных определений, причем скорость наземных определений должна быть соизмерима со скоростью аэромагнитных определений.

Одним из основных вопросов в общей измерительной проблеме, требующим наиболее быстрого решения, является создание высокоточного абсолютного  $Z$  или  $T$  магнитометра для наземных съемок.

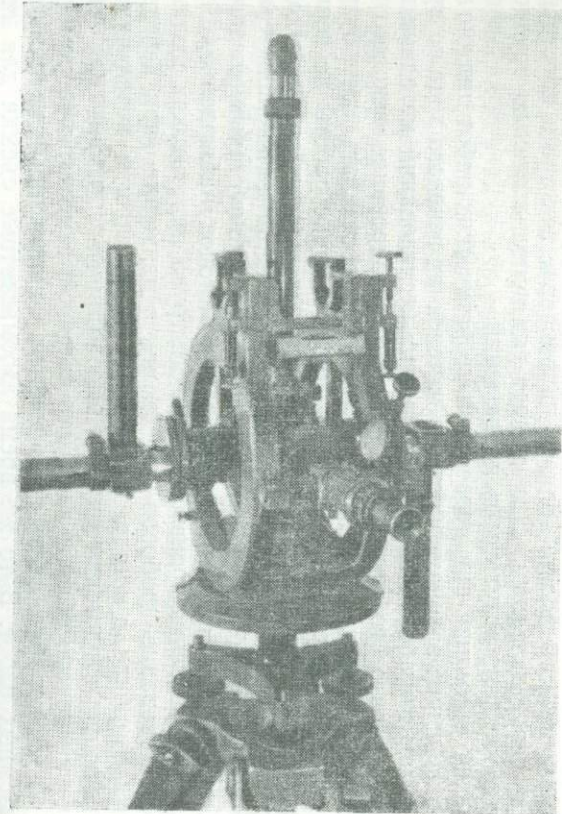
Известно, что переход от относительных наблюденных значений  $Z$  к абсолютным совершается до сих пор на основании вычислений по наблюденным абсолютным значениям наклона  $I$  и горизонтальной силы  $H$  на абсолютных пунктах. Поэтому погрешность определения абсолютного значения  $Z$  сейчас полностью определяется погрешностями абсолютных определений  $I$  и  $H$ . Несмотря на достигнутую теперь точность определений этих элементов погрешность вычисленных значений  $Z$  абсолютного составляет от 50 до 150  $\gamma$  для разных геомагнитных широт. Такая большая погрешность в определении вертикальной силы в целом ряде случаев не может удовлетворять нуждам практики. В то же время есть все основания предполагать, что создание походного  $Z$  (или  $T$ ) магнитометра с погрешностью определений абсолютных значений в 10—20  $\gamma$  не представит никаких принципиальных трудностей.

Проведение Генеральной магнитной съемки Союза ССР дало в руки магнитологов богатейший материал для познания сущности магнитного поля Земли, расширило возможности использования полученных данных для нужд народного хозяйства и обороны страны и открыла перспективы для дальнейшей плодотворной работы. Задача магнитологов теперь — не отставать от все возрастающих вопросов практики, дальнейшим пополнением, детализацией и изучением имеющегося материала удовлетворять все требования государства в магнитных данных и вывести науку о земном магнетизме на первое место в мире, на то место, какое надлежит занимать науке в СССР в великую эпоху строительства коммунизма.

ПРИБОРЫ, КОТОРЫМИ БЫЛА ПРОИЗВЕДЕНА ГЕНЕРАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СЪЕМКА

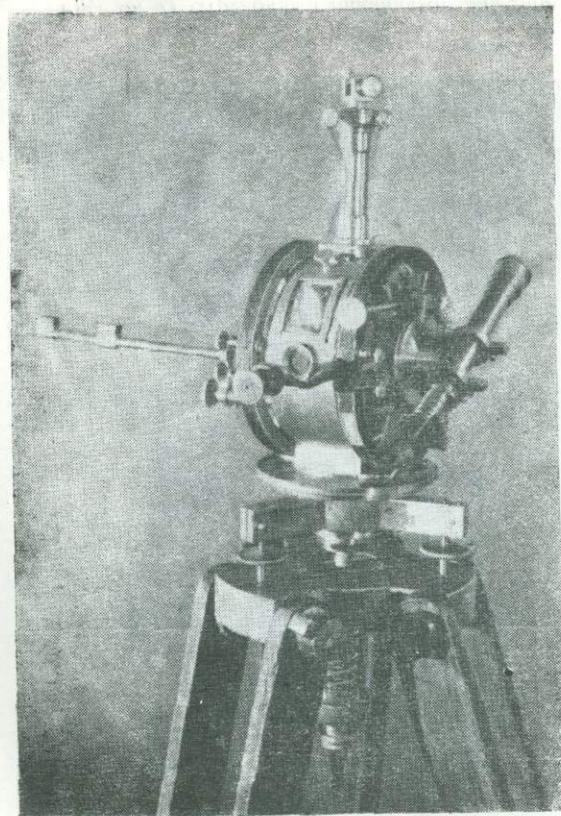


а

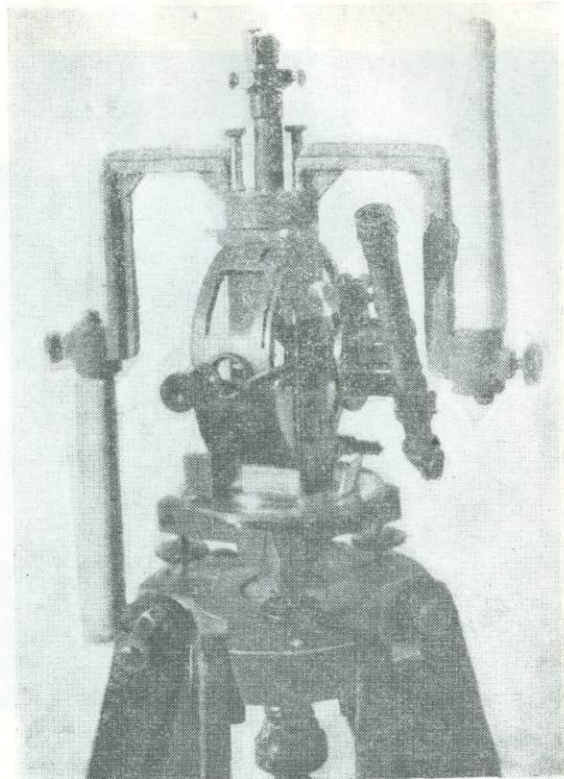


б

Рис. 15. а) Магнитный теодолит „Комбайн“ с астрономической трубой, б) магнитный теодолит „Комбайн“ с домиком и стержнями для определения  $D$ ,  $H$  и  $I$ .

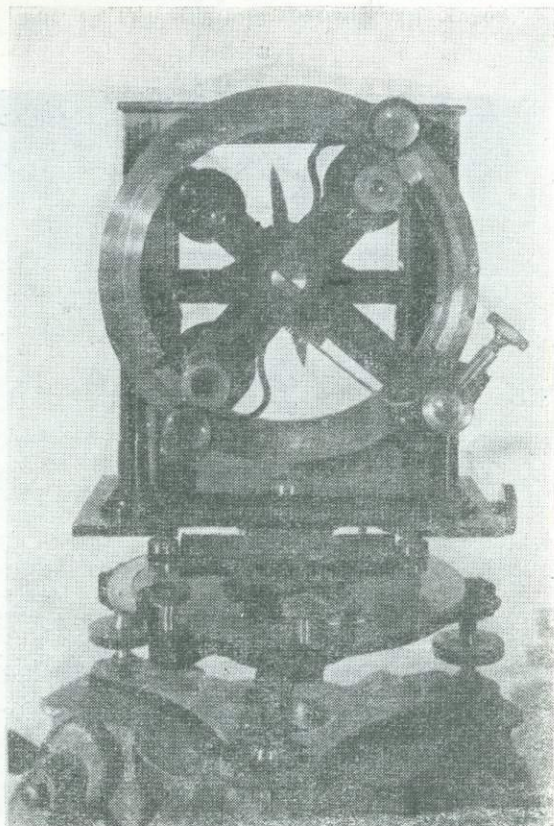


в

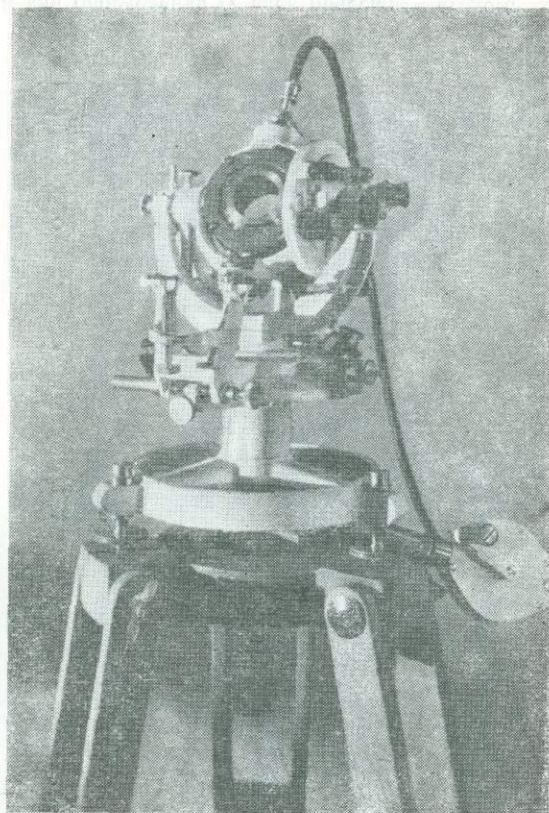


г

Рис. 15. в) Магнитный теодолит „Шасселон“, переделанный для определения  $H$  электрическим методом, г) магнитный теодолит „Шасселон“ с шинами и стержнями для определения наклона ( $I$ ).

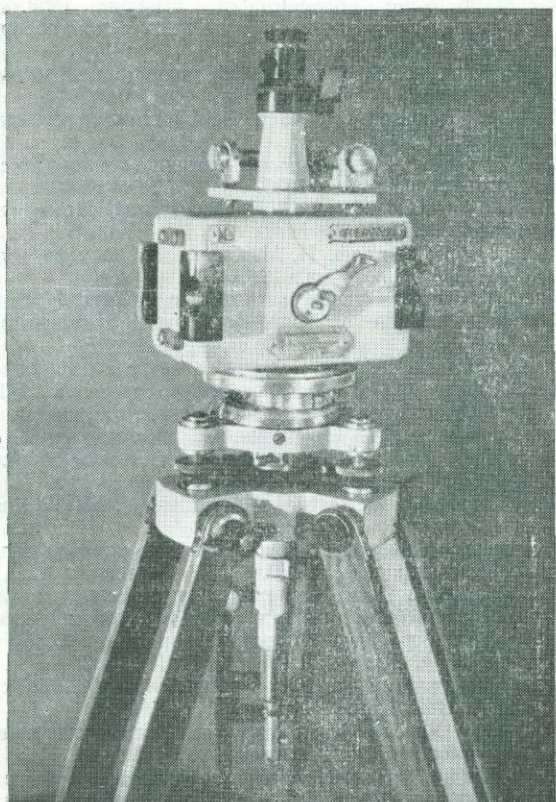


д



е

Рис. 15. д) Стрелочный инклинометр для определения наклона (1), е) индукционный инклинометр для определения наклона (1).



ж

Рис. 15. ж) Магнитные веса для определения  $\Delta Z$ .

1. Сводный систематический каталог магнитных определений Генеральной магнитной съемки Союза ССР 1931—1942 гг., т. 2, ч. I, изд. «Магнитное поле СССР». НИИЗМ, Гидрометеоиздат, Л., 1947.
2. Каталог магнитных определений в магнитных обсерваториях и на магнитных пунктах векового хода Союза ССР, т. 2, ч. II, изд. «Магнитное поле СССР» НИИЗМ, Гидрометеоиздат, Л., 1947.
3. Алфавитный указатель к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки Союза ССР, т. 2, ч. III, изд. «Магнитное поле СССР» НИИЗМ, Гидрометеоиздат, М.—Л., 1946.
4. Дополнения к сводному систематическому каталогу магнитных определений Генеральной магнитной съемки СССР. Наблюдения в некоторых районах СССР 1900—1942 гг., т. 3, изд. «Магнитное поле СССР» НИИЗМ, Гидрометеоиздат, Л., 1948.
5. Атлас магнитных карт Союза ССР для эпохи 1940 г., т. 4, изд. «Магнитное поле СССР» НИИЗМ, Гидрометеоиздат, М.—Л., 1948.
6. Hanstlen and Die Magnetische Beobachtungen. Christiania, 1863.
7. Рыкачев М. А. Исторический очерк Главной физической обсерватории за 50 лет ее деятельности 1849—1899. СПб., 1899.
8. Gauss. Intensitas vis magneticae terrestri ad mensuram absolutam revocata. Göttingen, 1832.
9. Gauss und Weber. Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1838. Leipzig, 1839.
10. Симонов И. М. Опыт математической теории земного магнетизма. Ученые записки Казанского университета, 1835.
11. Simonoff I. M. Sur le magnétisme terrestre. Journal für die reine und angewandte Mathematik, v. XVI, 1837.
12. Симоненко Т. Н. Работы проф. И. М. Симонова по земному магнетизму. Изв. АН СССР, т. XIII, № 4, серия физ., 1949.
13. Сборник магнитных наблюдений, произведенных в С-Петербурге и в других местах Российской Империи академиком Купфером и его сотрудниками. Изд. Академии наук, СПб., 1837.
14. Смирнов И. Н. Краткие отчеты о магнитных исследованиях в России. Изв. и Ученые записки Императорского Казанского университета за 1873—1879 гг.
15. Тилло А. А. Результаты определений горизонтального напряжения земного магнетизма по наблюдениям И. Н. Смирнова, произведенным на пространстве Европейской России в 1872—1878 гг. Метеорологический сборник Имп. Академии наук, т. IX, № 4, СПб., 1885.
16. Sabine E. Contributions to Terrestrial Magnetism N. XIII Philosoph Frans. of the Royal Society of London, Vol. 162, Part II.
17. Тилло А. А. Карта Европейской России с линиями равного склонения и наклоения магнитной стрелки для эпохи 1880,0 г., составленная А. А. Тилло на основании новейших наблюдений И. Н. Смирнова и пр. прежних исследований.
18. Тилло А. А. О географическом распределении и вековом изменении склонения и наклоения магнитной стрелки на пространстве Европейской России. Метеорологический сборник Имп. Академии наук, т. VIII, № 2, СПб., 1885.
19. Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах с 1556 по 1926 г. Под редакцией Б. П. Вейнберга. Изд. ГГО, Л., 1929.
20. План магнитной съемки России, выработанный Магнитной комиссией при Имп. Акад. наук. Метеорологический вестник, № 12, 1910 г.
21. Вейнберг Б. П. Сводка магнитных определений, сделанных в Сибири с 1820 по 1918 г., ч. I. Напечатанные определения. Изв. Института исследования Сибири, № 1.
22. Вейнберг Б. П. и Циммерман Р. Р. Сводка магнитных определений и вековой ход элементов земного магнетизма в Средней Азии. Среднеазиатский метеорологический институт, Л., 1925.
23. Лейст Э. Е. Курская магнитная аномалия. Российская Академия наук, Московское отделение КЕПС. Материалы по расследованию Курской магнитной аномалии. Под редакцией акад. П. П. Лазарева, вып. II, Гос. изд.-во, 1921.
24. Атлас карт элементов земного магнетизма, измеренных под общим руководством П. П. Лазарева, члена Академии наук СССР, директора Института физики и биологии в Москве. Вып. X Трудов Особой комиссии по исследованию Курских магнитных аномалий при Президиуме ВСНХ. Промиздат, М.—Л., 1927.
25. Малинина Н. Е. О вековом ходе земного магнетизма на севере Европейской части СССР. Журнал Геофизики и метеорологии, № 1, 1924.
26. Розе Н. В. Руководство для работ по магнитной съемке. Литографированное издание Главной геофизической обсерватории, 1923.
27. Розе Н. В. и Трубятчинский Н. Н. Краткое руководство для работ по магнитной съемке. Изд. ГГО, 1928.

28. Розе Н. В. и Трубятчинский Н. Н. Краткое руководство для работ по магнитной съемке. Изд. ГГО, Л., 1931.
29. Вейнберг Б. П., Малинина Н. Е., Орлов В. П. и Трубятчинский Н. Н. Инструкция для производства работ по Генеральной магнитной съемке СССР. Литографированное изд. ГГО. Под редакцией В. П. Орлова, 1936.
30. Вейнберг Б. П. Вековой ход элементов земного магнетизма на юго-востоке Сибири. Журнал Геофизики и метеорологии, № 4, 1927.
31. Трубятчинский Н. Н. Вековые изменения геомагнитных элементов в Туркестане и по Закавказью в эпоху 1906—1909—1924 гг. Журнал Геофизики и метеорология, № 3, 1926.
32. Вейнберг Б. П. Магнитная микросъемка на бокситах Тихвинского района в 1925 г. Архив НИИЗМ.
33. Кракау Е. В., Малинина Н. Е. и Пенкевич М. С. Магнитная съемка, произведенная в Липецком железорудном районе в 1925 г. Изв. Института прикладной геофизики, № 2, 1926.
34. Трубятчинский Н. Н. Магнитометрическое обследование марганцеворудных месторождений. Геологическое изд., М.—Л., 1932.
35. Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах с 1556 по 1926 г. Под редакцией Б. П. Вейнберга, ч. II, изд. ГГО, Л., 1932.
36. Каталог магнитных определений в СССР и сопредельных странах с 1926 по 1930 г. Под редакцией Б. П. Вейнберга и И. М. Рогачева, ч. III, изд. ГГО, Л., 1933.
37. Протоколы 1-й сессии Постоянной геомагнитной комиссии, 20—23 ноября 1930 г., архив НИИЗМ.
38. Краткое наставление к производству магнитных наблюдений универсальным магнитометром типа «Комбайн». Составлено Климовым Н. И. и Пенкевич М. С. Под общей редакцией Пенкевич М. С. ГГО. Бюро Генеральной магнитной съемки. Л., 1936 и 1939 гг., литографированное издание.
39. Протоколы 2-й сессии Постоянной геомагнитной комиссии, 29/I—1/II 1932 г., архив НИИЗМ.
40. Протоколы 3-й сессии Постоянной геомагнитной комиссии в 1933 г., архив НИИЗМ.
41. Ульянов В. А. Индукционный магнитометр для определения силы земного магнитного поля. Журнал Русского физ.-хим. об-ва, 1926.
42. Яновский Б. М. Применение пермалоя для измерения вертикальной составляющей земного магнитного поля методом Ламона. Изв. ГГО, № 1—2, Л., 1932.
43. Пенкевич М. С. Опыт применения метода Ламона к определению наклоения на магнитном теодолите «Комбайн». Труды ГГО, вып. 29.
44. Протоколы 6-й сессии Постоянной геомагнитной комиссии, 1—5/II, 1936 г., архив НИИЗМ.
45. Пенкевич М. С. Карты нормального распределения элементов земного магнетизма на территории СССР (нормальное поле) для эпохи 1935 г. Труды ГГО, вып. 29, Л., 1939.
46. Афанасьева В. И. Годовые геомагнитные вариации. Труды НИИЗМ, вып. 3 (13), 1948.
47. Bauer L. A. United States magnetic declination tables and isogonic charts for 1902 and principal facts to the Earth's Magnetism. C. I. W. Wash. 56, 1902.
48. Кракау Е. В. Исследование амплитуды суточного хода склонения. Журнал геофизики и метеорологии, № 2, 1925.
49. Кракау Е. В. О суточном ходе горизонтальной составляющей силы земного магнетизма. Журнал геофизики и метеорологии, т. 5, вып. 4, 1928.
50. Федченко К. К. К вопросу о географическом распределении амплитуды и фазы суточного хода магнитного склонения в высоких широтах. Проблемы Арктики, 1943.
51. Leyst E. Die Variationen des Erdmagnetismus, Moskau, 1910.
52. Малинина Н. Е. и Орлов В. П. Исследование векового хода магнитных элементов на территории СССР для эпохи 1930—1935 гг. Труды ГГО, вып. 17 (Земной магнетизм), 1938.
53. Орлов В. П. Исследование векового хода на территории СССР за период 1825—1935 гг. Труды НИИЗМ, вып. 02, 1950.
54. Калинин Ю. Д. Геомагнитные вековые вариации в СССР и внутреннее строение земли. Гидрометеоиздат, Л., 1946.
55. Иванов М. М. Вековой ход геомагнитного поля на территории СССР. Труды НИИЗМ, вып. 03, 1950.
56. Протоколы 5-й сессии Постоянной геомагнитной комиссии 1935 г., архив НИИЗМ.
57. Орлов В. П. Инструкция для производства наблюдений на опорных магнитных пунктах. Литографир. изд. ГГО, 1939.
58. Результаты Генеральной магнитной съемки СССР 1931—1940 гг. Текст составлен под редакцией Н. Н. Трубятчинского при ближайшем непосредственном участии Е. В. Кракау, В. П. Орлова, М. С. Пенкевич, Л. 1941, архив НИИЗМ.

59. Вейнберг Б. П. Методика разделения геомагнитного поля на нормальное и аномальное. Инф. сборн. по земному магнетизму, № 6, Свердловск, 1944.
60. Малинина Н. Е. Магнитное поле Западной Сибири. Изв. академии наук СССР, сер. географическая и геофизическая, т. XI, № 1, 1947.
61. Банухин Л. С. Методика измерения магнитного поля Земли с самолета. Труды НИИЗМ, вып. 07, Л., 1952.
62. Каталог магнитных определений в полярных бассейнах. Составл. Б. П. Вейнбергом, архив НИИЗМ.
63. Калинин Ю. Д. Остаточное поле Бауэра. Инф. сборн. по земному магнетизму и электрич. № 5, вып. 1, 1940.
64. Глебовский Ю. С. О причинах Восточно-Сибирской материковой аномалии. Изв. АН СССР, сер. геол. и географ., т. 10, № 4, 1946.
65. Почтарев В. П. Магнитное поле Земли и фигура геоида. Труды НИИЗМ 5 (15), Гидрометеоздат, 1950.
66. Трубячтинский Н. Н. Вековые изменения геомагнитных элементов как геофизический метод измерения медленных колебаний земной коры.
67. Розе Т. Н. О вековых изменениях остаточного поля Земли. Инф. сборн. по земному магнетизму и электрич., № 5, вып. 2, 1940.
68. Калинин Ю. Д. Нормальное геомагнитное поле СССР. Труды НИИЗМ, вып. 2 (12), Гидрометеоздат, 1948.
69. Афанасьева В. И. Сферический гармонический анализ геомагнитного поля эпохи 1945 г. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геоф., т. II, 1947.
70. Пудовкин И. М. Применение проблемы Неймана к решению некоторых вопросов прикладной магнитометрии. Труды НИИЗМ 5 (15), Гидрометеоздат, 1952.
71. Пудовкин И. М. Результаты Генеральной магнитной съемки с точки зрения их геологической значимости, 1952, архив НИИЗМ.
72. Яновский Б. М. О вариации элементов земного магнетизма в аномальном поле. Труды ГГО, вып. 17, 1936.
73. Архангельский А. Д., Розе Н. В. и др. Тектоника докембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы по данным общей магнитной съемки СССР. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 2, 1937.

СПИСОК НАЧАЛЬНИКОВ ПАРТИЙ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

№ п/п.	Фамилия и инициалы	Годы участия в полевых работах	Количество пунктов		Примечание
			абсо- лютных	относи- тельных	
1	Абельс Р. Г.	1931, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939	164	—	
2	Авсенева-Коломиец Н. Д.	1933, 1934	34	—	
3	Адам Н. В.	1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940	268	1 696	
4	Александров Б. А.	1932, 1933, 1934, 1935, 1935	226	—	
5	Альтшулер Л. И.	1932, 1933, 1934	169	1 415	
6	Архангельский	1937	16	—	
7	Банухин Л. С.	1932, 1933, 1934, 1935, 1937, 1938, 1939, 1940, 1942	603	3 387	
8	Белоусова-Пионт- ковская М. А.	1933, 1934, 1935	167	—	
9	Беляев М. С.	1937, 1938, 1939	6	—	
10	Беляевский В. Н.	1931, 1932, 1933	143	461	Относительные пункты — микро- съемка
11	Безукладнов А. А.	1935, 1936, 1937, 1940, 1942	104	2 260	
12	Бенькова Н. П.	1932, 1933	166	—	
13	Бердяева А. В.	1932, 1933	135	—	
14	Болгов Г. Л.	1933	41	—	
15	Большаков В. А.	1936, 1938, 1940, 1941, 1942, 1943	275	731	
16	Бронштейн К. Г.	1932, 1935	54	—	
17	Брунковская Н. С.	1933	55	—	
18	Брюнелли Б. Е.		60	—	
19	Буднев М. Н.	1934	—	643	
20	Вальский Э. И.	1933	—	—	Опытные работы с магнетроном
21	Васильев Н. И.	1935, 1936	63	592	
22	Ватеркамф Е. Е.	1932	70	—	
23	Воробьев В. И.	1939	8	—	
24	Воробьев С. П.	1938, 1939	20	—	
25	Гаврилова В. В.	1931, 1932	110	—	
26	Гумилевский Г. Н.	1932, 1933, 1934, 1935, 1937, 1940, 1941, 1942	510	2 599	
27	Данилевский В. П.	1932, 1933, 1934, 1936	298	1 014	
28	Даниленко И. В.	1931, 1932, 1933, 1934	310	—	
29	Данилов И. Н.	1934, 1935	90	581	
30	Доброхотова М. П.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936	427	268	
31	Докучаев А. А.	1936, 1940, 1941	183	1 330	
32	Егоров Г. Е.	1932	40	—	
33	Жонголович И. Д.	1932, 1935, 1937	64	—	
34	Захаров П. С.	1941, 1942	92	1 080	
35	Звонарева К. В.	1937	47	—	
36	Зибаров В. И.	1933, 1934	123	562	
37	Иванов М. М.	1934, 1935, 1937, 1938, 1942	265	2 298	

№ п/п.	Фамилия и инициалы	Годы участия в полевых работах	Количество пунктов		Примечание
			абсо- лютных	относи- тельных	
38	Илгач Ф. Ф.	1934, 1941	42	355	
39	Ильин Д. И.	1932, 1933	150	—	
40	Инцкирвели Н. А.	1932, 1933, 1934, 1940, 1941	12	—	
41	Инякина З. Н.	1932, 1933	180	—	
42	Исаев С. И.	1934	56	653	
43	Калинин И. К.	1937, 1938, 1939, 1940, 1941	274	1 605	
44	Калиниченко А. Н.	1935, 1936	132	720	
45	Кедроливанский В. Н.	1931, 1932, 1935, 1936	226	—	
46	Клементов Д. П.	1933, 1934, 1935, 1936, 1938	230	4 898	
47	Климов Н. И.	1933, 1934, 1935, 1936	212	1 433	
48	Козик С. М.	1941	9	—	
49	Коковкин П. Ф.	1937, 1940	24	1 020	
50	Колобков В. П.	1936, 1938, 1939	160	1 731	
51	Коломиец К. В.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935	311	—	
52	Карандашов С.	1934	27	—	
53	Кораблева И. А.	1934	5	—	
54	Королев М. Н.	1935, 1936, 1940, 1941	213	1 589	
55	Кракау Е. В.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1938	542	3 261	
56	Кульков Н. С.	1937	2	—	
57	Кунько Л. И.	1939, 1940, 1941	52	2 422	
58	Лавров В. С.	1933	43	—	
59	Лазаренко Г. И.	1931, 1932	42	—	
60	Лаптурев Ю. Ф.	1932	—	5 300	Наблюдения с дефлекторным магнитометром
61	Левцова В. А.	1938, 1940	72	1 150	
62	Лейзенберг Г. М.	1936	20	—	
63	Леттенс А. А.	1939, 1940, 1941, 1942	266	2 056	
64	Локтев Н. И.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936	359	679	
65	Ляхов Б. М.	1933, 1934	140	798	
66	Малинина Н. Е.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1938	280	989	
67	Малиновский Т.	1941	112	—	
68	Маринин В. А.	1932	40	—	
69	Мартынова К. В.	1938, 1939, 1940, 1941, 1942	260	3 023	
70	Марчаковский Г. А.	1933, 1934, 1935, 1936	133	2 594	
71	Матвеев Б. М.	1938, 1940, 1941	64 и 550 на море	783	
72	Матвеев В. П.	1936, 1937, 1938, 1939	130	825	
73	Медведев Н. Д.	1934, 1935, 1936	234	696	
74	Менгель И.	1932, 1933	93	—	
75	Милошевич И. И.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935	340	—	

№ п/п.	Фамилия и инициалы	Годы участия в полевых работах	Количество пунктов		Примечание
			абсо- лютных	относи- тельных	
76	Миляев Н. А.	1932, 1934	61	—	
77	Михалков В. Н.	1931, 1932, 1935, 1939, 1940	43	—	
78	Мичри А. И.	1932	15	—	
79	Монахова Н. Ф.	1932, 1934, 1935	169	1 296	
80	Мордвинов П. С.	1935, 1936	25	482	
81	Мясоедова Е. М.	1935	66	—	
82	Надеев Л. Н.	1937	6	—	
83	Неверов В. И.	1936	70	670	
84	Нездюров Д. Ф.	1932	12	—	
85	Никольский А. П.	1932, 1933, 1934	141	—	
86	Нодиа М. З.	1931	43	—	
87	Огородников П. А.	1932, 1933, 1934	194	—	
88	Оль А. И.	1933	22	—	
89	Орлов В. П.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1940	551	10 902	
90	Острекин М. Е.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1941	242	—	7 пунктов наблю- дения высоко- широтной экспе- диции на самолете СССР-Н-169
91	Павленишвили Ш. В.	1932, 1933, 1934	144	—	
92	Пенкевич М. С.	1933, 1935	43	6 000	Относительные наблюдения с магнитометром Тибберг—Талена
93	Пейзе Ф. К.	1933, 1939, 1940, 1941	86	8 321	
94	Першукевич А. Ф.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942	895	1 948	
95	Петров Е. П.	1939, 1940	23	—	
96	Петров И. Н.	1932, 1934, 1935, 1936	317	—	
97	Петров А. И.	1934	42	653	
98	Петрова Н. М.	1932, 1934	139	—	
99	Пионтковский Л. И.	1931, 1932, 1933, 1934, 1939	276	47	
100	Половко И. Н.	1931	58	—	
101	Пономарев М. М.	1932	93	—	
102	Попков Н. Е.	1938, 1939, 1940, 1941	98	1 534	
103	Почтарев В. И.	1936, 1939, 1940	148	1 283	
104	Прохватиллов В. Г.	1937	17	—	
105	Пудовкин И. М.	1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942	302	5 834 + + 4 510	4 510 пунктов — микросъемка
106	Пушкин А. П.	1933	44	—	
107	Пушкин Н. Ф.	1931	64	—	
108	Радзеевский В.	1938, 1939	20	—	
109	Раскин Д. Е.	1931	93	200	
110	Розе Т. Н.	1933, 1935	92	450	
111	Ройтман А. А.	1941	30	366	
112	Рубинсон Б. С.	1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942	433	1 488	
113	Рузов С. С.	1932, 1933	181	—	

№ п/л.	Фамилия и инициалы	Годы участия в полевых работах	Количество пунктов		Примечание
			абсо- лютных	относи- тельных	
114	Русаков В. П.	1931	63	—	
115	Саблин В. В.	1933	16	—	
116	Саблина-Рожнова А. Н.	1932, 1935	163	—	
117	Саква А. И.	1932	35	380	
118	Санютин Н. П.	1932	78	—	
119	Семилетов С. М.	1931	12	—	
120	Симхович И. С.	1938	76	879	
121	Соболев В. А.	1935, 1936, 1937	173	2 166	
122	Солодухо О. Ю.	1935, 1936, 1937	24	6 309 2 176	Относительные наблюдения типа микросъемки
123	Сухачев В. П.	1941, 1942	59	535	
124	Терентьева А. Н.	1935	52	607	
125	Тимофеева З. А.	1935	78	—	
126	Тронов М. В.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935	272	—	
127	Трубяччинский И. Н.	1936	3	—	
128	Трухманов А. Д.	1931	—	1 299	
129	Успенский В. А.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936	305	32	
130	Федоров Е. К.	1931, 1932, 1933, 1935, 1937, 1938	290	—	143 пункта на дрейфующей станции „Север- ный полюс“
131	Федотова Л.	1932	37	—	
132	Федулов П. Е.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936	38	30	Относительные пункты — микро- съемка
133	Фоменко Д. С.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1937, 1938, 1939	490	—	
134	Хмелевский А. В.	1937, 1938, 1939, 1940, 1941	286	1 587	
135	Черепанова Л. Н.	1935	98	—	
136	Чернов А. А.	1940	68	550	
137	Чесноков Н. Д.	1932	44	—	
138	Чесноков П. А.	1934	25	291	
139	Чирихин Ю. Д.	1932, 1934	98	—	
140	Чугурян З. С.	1936	60	591	
141	Чугурян Л. С.	1934, 1935, 1936	204	1 937	
142	Чурзин М. Г.	1941, 1942	88	800	
143	Шадрина Т. А.	1935, 1936, 1940	192	1 486	
144	Шаров Г. Л.	1932	46	—	
145	Шахвердов А. Ш.	1931	24	—	
146	Шельтинг В. Ф.	1931, 1932, 1933, 1934, 1935	399	—	
147	Шик М.	1933	27	—	
148	Юрыгина В. В.	1940	8	—	
149	Яковлев Д. А.	1932, 1933	18	—	
150	Яневич М. А.	1936, 1937, 1938	15	—	
151	Яновский Б. М.	1931	77	—	

**СПИСОК ПОМОЩНИКОВ НАЧАЛЬНИКОВ ПАРТИЙ ГЕНЕРАЛЬНОЙ  
МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ, ПРОРАБОТАВШИХ БОЛЕЕ ДВУХ ЛЕТ**

№ п/п.	Фамилия, инициалы	Годы участия в полевых работах	№ п/п.	Фамилия, инициалы	Годы участия в полевых работах
1	Абрамов П. В.	1935, 1936	11	Копьева А. С.	1939, 1940, 1941
2	Аваков А. Б.	1937, 1938	12	Кораблева И. А.	1932, 1933, 1934
3	Адам Г. И.	1933, 1934, 1935, 1940	13	Лепилов А. В.	1939, 1940, 1941
4	Адам Н. В.	1931, 1932, 1933, 1934	14	Леттенс А. А.	1934, 1935, 1936, 1937, 1938
5	Акутин В. А.	1939, 1940	15	Мартынова К. В.	1932, 1935, 1936
6	Белоусова М. И.	1931, 1932, 1939	16	Медведев Н. Д.	1931, 1932, 1933
7	Вайс М. Ш.	1940, 1941, 1942	17	Никитенко С. Д.	1933, 1934, 1935, 1940
8	Клыкова А. Г.	1940, 1941, 1942	18	Прохватиллов В. Г.	1931, 1934, 1935
9	Козлов Н. Д.	1932, 1933, 1934	19	Розе Т. Н.	1932, 1934, 1936
10	Коломиец М. И.	1933, 1934, 1935	20	Чижевская Я. П.	1940, 1941, 1942

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**СПИСОК ОПОРНЫХ МАГНИТНЫХ ПУНКТОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР  
1924 г.**

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. Маточкин Шар              | 40. Пермь (Молотов)                             |
| 2. Малые Кармакулы           | 41. Псков                                       |
| 3. Хабарово                  | 42. Тверица                                     |
| 4. Остров Колгуев            | 43. Вышний Волочок                              |
| 5. Кола                      | 44. Холмы                                       |
| 6. Канин Нос                 | 45. Тюмень                                      |
| 7. Святой Нос                | 46. Тверь (Калинин)                             |
| 8. Куя                       | 47. Екатеринбург (Свердловск)<br>(Обсерватория) |
| 9. Каидалакша                | 48. Корсовка                                    |
| 10. Обдорск (Салехард)       | 49. Козьмодемьянск                              |
| 11. Сосновецкий Маяк         | 50. Нижний Новгород (Горький)                   |
| 12. Усть-Уса                 | 51. Кучино (близ Москвы)                        |
| 13. Мезень                   | 52. Елабуга                                     |
| 14. Усть-Цыльма              | 53. Муром                                       |
| 15. Кемь                     | 54. Мосегутово                                  |
| 16. Остров Мудьюг            | 55. Витебск                                     |
| 17. Шугор                    | 56. Вязьма                                      |
| 18. Березов                  | 57. Челябинск                                   |
| 19. Онега                    | 58. Лукоянов                                    |
| 20. Село Сийское             | 59. Смоленск                                    |
| 21. Повенец                  | 60. Уфа   |
| 22. Троицко-Печерское        | 61. Рязань                                      |
| 23. Нижняя Тойма             | 62. Бугульма                                    |
| 24. Яренск                   | 63. Калуга                                      |
| 25. Каргополь                | 64. Симбирск (Ульяновск)                        |
| 26. Усть-Кулом               | 65. Рославль                                    |
| 27. Вытегра                  | 66. Минск                                       |
| 28. Великий Устюг            | 67. Чернь                                       |
| 29. Лодейное Поле            | 68. Верхнеуральск                               |
| 30. Чердынь                  | 69. Пенза                                       |
| 31. Ленинград (Обсерватория) | 70. Самара (Куйбышев)                           |
| 32. Тотьма                   | 71. Мелеус                                      |
| 33. Кай                      | 72. Полюнки                                     |
| 34. Череповец                | 73. Гомель                                      |
| 35. Верхотурье               | 74. Хвалынский                                  |
| 36. Вятка (Киров)            | 75. Пинск                                       |
| 37. Акуловка                 | 76. Оренбург (Чкалов)                           |
| 38. Глазов                   | 77. Воронеж                                     |
| 39. Малые Угоры              |   |

78. Масловка	102. Гурьев
79. Саратов	103. Николаев
80. Борисоглебск	104. Кизиюрка
81. Конотоп	105. Ейск
82. Орск	106. Одесса (Обсерватория)
83. Уральск	107. Астрахань
84. Новоузенск	108. Ст. Кавказская
85. Киев	109. Керчь
86. Камышин	110. Владимировка
87. Харьков	111. Новороссийск (Шевченко)
88. Мергенев	112. Форт Александровский (Шевченко)
89. Тургай	113. Ялта
90. Ассигово	114. Туапсе
91. Винница	115. Пятигорск
92. Эльтон	116. Владикавказ (Орджоникидзе)
93. Уильское Укрепление	117. Петровск (Махач-Кала)
94. Лозовая	118. Поти
95. Царицин (Сталинград)	119. Дербент
96. Иргиз	120. Тифлис (Тбилиси)
97. Эмбинский пост	121. Баку
98. Елисаветград (Кировоград)	122. Эривань (Ереван)
99. Каменская	123. Красноводск
100. Цимлянская	124. Ленкорань
101. Енотаевск	

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### ПРОЕКТ

## ПЛАН МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ РСФСР

### Задачи съемки

1. Магнитная съемка РСФСР имеет основной задачей выявление действительного распределения земного магнетизма на пространстве страны. Съемка должна выделить все более значительные районы с аномалиями земного магнетизма, выяснить общую картину распределения этих аномалий и установить их возможную связь между собою; детальное же исследование аномалий не входит в задачи общей съемки. Из задач съемки тем не менее не исключается более детальное исследование отдельных районов, представляющих особую важность в промышленном или военном отношении.

### Характер съемки

2. Совокупность пунктов съемки распадается на 4 группы:
- сеть опорных пунктов,
  - сплошная сеть общей съемки,
  - сети дополнительной более детальной съемки отдельных районов,
  - маршрутные пункты.

### Сеть опорных пунктов

3. Наблюдения на сети опорных пунктов имеют целью:

- изучение пространственного распределения вековых изменений земного магнетизма, что, помимо теоретического интереса, существенно необходимо для приведения результатов всей съемки к одной эпохе;
- контроль для сличения в полевых условиях приборов различных наблюдений.

Имея в виду, что магнитная съемка РСФСР составляет органическое целое с магнитной съемкой СССР, необходимо признать, что сеть опорных магнитных пунктов должна быть единой для всего Советского Союза и наблюдения на опорных пунктах должны производиться по единому плану и одинаковой программе.

План работы на сети опорных пунктов СССР, одобренный на Всесоюзном геомагнитном совещании в 1924 г. и на I-м Всесоюзном геофизическом съезде в 1925 г., предусматривает регулярное повторение наблюдений на каждом опорном пункте класса I ежегодно и на каждом опорном пункте класса II через каждые 3 года в среднем. Общее число опорных пунктов на территории СССР около 280.

Наблюдения на опорных пунктах должны производиться с наивысшей достигаемой магнитными приборами точностью, по единой программе, изложенной в издаваемой Главной геофизической обсерваторией инструкции.

## Сеть общей съемки

4. Сплошная сеть общей съемки должна покрыть те районы страны, которые обладают достаточно развитой сетью путей сообщения. Среднее расстояние между пунктами сети принято в 20 км с доступными отклонениями  $\pm 5$  км. Это расстояние должно обеспечить выявление всех более значительных по протяжению аномалий. Поверхность всего Советского Союза, доступная сплошной съемке, составляет, по оценке Б. П. Вейнберга, 4 200 000 км<sup>2</sup>, из которых 2 900 000 км<sup>2</sup> приходится на долю Европейской части СССР и только 1 300 000 км<sup>2</sup> — на долю Азиатской части СССР; до настоящего времени из этой площади покрыто сплошной магнитной съемкой 320 000 км<sup>2</sup> в Европейской части и 13 000 км<sup>2</sup> в Азиатской части СССР. Таким образом, число пунктов общей съемки, считая в среднем на каждые 400 км<sup>2</sup> по одному пункту, исчисляется в 6450 для Европейской части СССР и 3250 для Азиатской части СССР; всего же на территории СССР около 9700 пунктов. Исключая из сети общей съемки Украину (1120 пунктов), Белоруссию (280 пунктов), Среднюю Азию (150 пунктов) и Закавказье (500 пунктов), получаем для РСФСР 7650 пунктов общей съемки (4550 в Европейской и 3100 в Азиатской части СССР).

## Сеть дополнительной детальной съемки

5. При производстве общей магнитной съемки некоторые районы покрываются более детальной сетью пунктов. Таковы в первую очередь рудничные районы, где для нужд маркшейдерского дела необходима сеть пунктов, среднее расстояние между которыми оценивается в 5 км. Выбор районов такой детальной съемки, установление границ районов и очередности работ производится по заданиям горного отдела ВСНХ. Аналогично более детальной съемки могут требовать районы, представляющие особое значение для нужд военного дела, как например, артиллерийские полигоны, районы маневров и т. д. Планировка работ в таких районах производится по заданиям военного ведомства.

## Пункты маршрутных наблюдений

6. Части страны, не допускающие по состоянию путей сообщения и малонаселенности сплошной магнитной съемки, прорезаются линиями наблюдений, вытянутыми по определенным маршрутам. Согласно подробному плану маршрутов, разработанному Б. П. Вейнбергом, общая длина маршрутов для РСФСР составляет 137 000 км, из которых 22 000 км приходится на Европейскую часть СССР и 115 000 — на Азиатскую часть СССР. Принимая для маршрутных наблюдений среднее расстояние между пунктами в 40 км с возможными отклонениями  $\pm 10$  км, получим общее число маршрутных пунктов около 3450 (550 в Европейской части СССР и 2900 в Азиатской части СССР).

## Вариационные станции

7. Для учета суточного хода и возмущений при обработке съемки необходимо иметь в районе съемки вариационную станцию (магнитную обсерваторию) с непрерывной регистрацией за время работ в данном районе всех трех элементов земного магнетизма: радиус действия вариационной станции оценивается в 500 км. В настоящее время (1927 г.) функционируют магнитные обсерватории в Слуцке (Ленинград), Кучине (Москва), Маточкином Шаре, Тифлисе, Свердловске, Ташкенте и Иркутске. В течение ближайшего пятилетия намечена организация магнитных обсерваторий в Одессе, Макеевке (Донбасс), Архангельске, Кузнецке, Якутске и Хабаровске (или Владивостоке). Тем не менее даже при осуществлении намеченного плана развития сети магнитных обсерваторий, значительная часть территории Советского Союза окажется вне района действия магнитных обсерваторий и таким образом является необходимо иметь временные вариационные станции, функционирующие во время производства магнитной съемки в районе станции. Настоящий план предусматривает наличие двух таких переносных временных вариационных станций.

## Точность наблюдений

8. На сети общей съемки необходимо принципиально пожертвовать большой точностью определений, чтобы ценою этого получить возможность осуществить намеченный план в кратчайший срок. Поэтому на каждом пункте является обязательным однократное определение всех трех магнитных элементов; повторение же наблюдений желательно в тех случаях, когда наблюдатель найдет время без ущерба для числа определенных им пунктов.

Для полевых наблюдений на пунктах общей съемки ошибки измерений не должны превосходить следующих величин: для склонения и наклона  $\pm 2'$ , для горизонтальной составляющей  $\pm 0,001 H$  измеряемой величины.

При этом еще не приняты во внимание ошибки приведенных наблюдаемых величин к одной и той же эпохе. Та же точность обязательна и для маршрутных определений. Для более детальных съемок особого назначения точность определяется заданиями соответствующих ведомств.

Имея в виду ограниченное количество магнитных приборов в стране и значительную их стоимость, настоящий план не предусматривает единого типа инструментов для магнитной съемки; необходимо, однако, признать годными для съемки лишь те приборы, которые по испытанию в Магнитной обсерватории дают указанную выше точность.

Для достижения поставленной точности для каждого типа прибора вырабатывается своя инструкция, предусматривающая определенные программы, методы и схемы наблюдений.

Необходимым условием надежности определений нужно признать обязательное сравнение походных приборов с абсолютными приборами магнитных обсерваторий, производимое ежегодно дважды — до и после полевых работ. Весьма желательными являются контрольные определения, производимые походными приборами на опорных магнитных пунктах в районе работ.

#### Продолжительность работ по съемке и персонал для полевых работ

9. Продолжительность работ по общей сплошной и маршрутной съемке рассчитана на 10 лет. Принимая в среднем ежегодную продолжительность полевых работ в 5 месяцев, считая, согласно опыта прошлых лет, что каждый наблюдатель определяет в среднем 20 пунктов в месяц при сплошной съемке и 15 пунктов при маршрутной, найдем, что каждый наблюдатель определит в год на сплошной съемке 100 пунктов и на маршрутной — 75. Таким образом, общая съемка может быть осуществлена при помощи 13 наблюдателей, работающих одновременно.

Кроме того, для наблюдений на опорных пунктах потребуется 2 наблюдателя, работающих ежегодно по 5 месяцев и определяющих в год по 50 пунктов каждый (считая в месяц 10 пунктов). Наконец, для обслуживания 2 вариационных станций потребуется 4 наблюдателя. Таким образом, персонал для полевых работ определяется в 19 человек.

#### Очередность работ

10. Первоочередной работой является определение опорных пунктов во всесоюзном масштабе. К этой работе было приступлено в 1924 г. по инициативе Главной геофизической обсерватории. К началу 1927 г. было определено 68 опорных пунктов, из них Главной геофизической обсерваторией — 51 пункт, Гидрографическим управлением СССР — 6, ГНИГИ — 8, Средазметом — 2, Свердловской геофизической обсерваторией — 5, Цумором — 5, Ленинградским университетом — 3, Казанской обсерваторией — 1, Одесской обсерваторией — 1, Тифлисской геофизической обсерваторией — 1, Иркутской обсерваторией — 1, немецким путешественником Фильхнером — 2.

Очередность выполнения работ по настоящему плану устанавливается в зависимости: 1) от размера отпускаемых на производство работ средств; 2) от состояния путей сообщения и транспорта в том или ином районе; 3) наличия местных научных работников; 4) важности того или иного района в хозяйственно-экономическом отношении и т. д.

Вместе с тем желательно произвести съемку в районах, сопредельных с территорией Советского Союза, исследование которых хотя бы только маршрутными наблюдениями представляет большую важность для целей Генеральной магнитной съемки Советского Союза.

К таковым относятся: 1. Манчжурия, 2. Монголия (сев.), 3. Урянхайский край, 4. Джунгария, 5. Афганистан (сев.), 6. Северная Персия.

#### Организация работ в РСФСР

11. Общее руководство работами по магнитной съемке РСФСР принадлежит Магнитному Бюро РСФСР, в распоряжение которого отпускаются кредиты по Генеральной съемке и переводятся соответствующими ведомствами кредиты на специальные съемки по заданиям этих ведомств.

Имея в виду обширность территории, подлежащей съемке, и необходимость лучшего приспособления общего плана к местным условиям работ и местным потребностям народного хозяйства, Магнитное Бюро РСФСР организует в качестве своих филиалов краевые магнитные бюро, которым передается непосредственное осуществление съемочных работ в крае с переводом соответственных средств. В ближайшую очередь намечена организация Дальневосточного бюро.

Для производства съемки в отдельных районах Магнитное Бюро РСФСР и его краевые филиалы назначают ответственных руководителей работ (начальников съемки) в каждом районе, которым непосредственно подчинены все производители работ данного района.

В обязанности руководителей работ входит:

- 1) выбор, обучение и инструктирование производителей работ в соответствии с общими инструкциями работ по съемке;
- 2) составление детальных маршрутов и их распределение между производителями работ;
- 3) организация временных вариационных станций;
- 4) снаряжение производителей работ;
- 5) забота о сохранности инвентаря и о выверке походных приборов;
- 6) инспектирование съемочных работ на местах;
- 7) представление ежегодных отчетов о работах в Магнитное Бюро или соответствующее Краевое Бюро.

Обязанности производителей работ составляют:

1. Ежегодная двукратная выверка походных приборов.
2. Производство работ на месте в точном соответствии с инструкциями.
3. Вычисление всех своих наблюдений.
4. Представление отчета руководителю работ.

#### Обработка и издание результатов съемки

12. Контрольное вычисление, обработка и издание результатов всей съемки производится Магнитным Бюро РСФСР, в котором сосредоточиваются все материалы работ по съемке (журналы наблюдений, вычисления и отчеты руководителей и производителей работ, обработка записей приборов вариационных станций), получаемые от руководителей работ либо непосредственно в подлинниках, либо через краевые бюро в копиях.

Для ближайшего заведывания обработкой результатов съемки Магнитное Бюро назначает генерального инспектора магнитной съемки РСФСР, в ведении которого состоит необходимый вычислительский персонал.

В обязанности генерального инспектора входит:

- 1) составление инструкций по съемке и схем для контрольных вычислений и приведение наблюдений к эпохе;
- 2) непосредственное заведывание всеми контрольными вычислениями и обработкой результатов;
- 3) забота о планомерном развитии съемки по отдельным районам;
- 4) забота об организации краевых бюро и осуществлении связи между ними;
- 5) подготовка к печати результатов съемки и забота об их издании.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

#### ПОЛОЖЕНИЕ О ГЕОМАГНИТНОЙ КОМИССИИ ПРИ ГМК СССР

1. Постоянная Геомагнитная комиссия организуется ГМК СССР в соответствии § 3, п. ж декрета СНК СССР от 28/VIII 1929 г. и § 2 декрета от 20 мая 1930 г.

2. В состав комиссии входят: представители ГМК СССР и ГМК союзных республик, представители геомагнитных обсерваторий, представители ведомств и учреждений, которые ведут работы в области геомагнетизма и персонально приглашенные работники в области земного магнетизма.

3. Комиссия является совещательным органом при ГМК по научным и научно-организационным вопросам в области геомагнетизма.

4. Постоянная Геомагнитная комиссия обсуждает и дает свои заключения по вопросам:

- а) организации и методологии исследований по геомагнетизму,
- б) планирование геомагнитных исследований, имеющих всесоюзное значение, и распределение таких работ между научно-исследовательскими учреждениями,
- в) организации и проведения экспедиционных исследований по земному магнетизму, имеющих общесоюзный характер,
- г) организации и проведения детальных магнитных съемок в отдельных районах, представляющих интерес в научно-промышленном отношении,
- д) постановке специальных исследований по геомагнетизму,
- е) выявления основных тем исследовательского характера в области геомагнетизма,
- ж) связи с иностранными и международными организациями, ведущими работы в области геомагнетизма,
- з) учета потребности в квалифицированном персонале для учреждений, ведущих геомагнитные работы,

- и) организации и подготовки совещаний и съездов по вопросам геомагнетизма.
- к) издания сводок наблюдений — монографий, популярной литературы.
5. Собрания комиссии происходят регулярно, не реже одного раза в год.
6. В промежутке между сессиями текущую работу ведет Бюро комиссии, избираемое из состава членов комиссии в количестве 5 человек; состав Бюро утверждается ГМК СССР. Председатель Бюро назначается ГМК СССР. Постоянный секретарь выделяется ГМК СССР.
7. Комиссия и Бюро в своей работе пользуются аппаратом ГМК.
8. Все постановления комиссии и Бюро подлежат утверждению ГМК.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### ПОСТАНОВЛЕНИЯ 1-Й СЕССИИ ПОСТОЯННОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ КОМИССИИ ПРИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ КОМИТЕТЕ СССР, ИМЕВШЕЙ МЕСТО В ЛЕНИНГРАДЕ 20—23 НОЯБРЯ 1930 г.

План организации и проведения в жизнь Генеральной магнитной съемки СССР, предложенной ГМК, одобрить полностью, сделав следующие добавления к соответствующим разделам.

#### Задачи съемки

1. Для удовлетворения нужд авиации необходимы магнитные карты всего Советского Союза, дающие возможность снимать склонения с точностью до  $0^{\circ},5$ , а горизонтальную и вертикальную слагающие с точностью до 0,001 их величины. Отмечая важность изучения градиента склонения по высоте особенно в аномальных районах, комиссия предлагает Бюро по проведению Генеральной магнитной съемки озаботиться постановкой соответствующих исследований.
2. Для обеспечения нужд мореплавания необходимы магнитные карты побережий морей СССР с той же степенью точности, как и для авиации.
3. Для топографических работ различного рода, в частности при железнодорожных изысканиях, необходимы карты склонения, дающие величину склонения с точностью до  $0^{\circ},2$ .
4. При геологоразведочных работах, связанных с постановкой магнитометрических съемок, необходимы карты всех трех магнитных элементов, определенных с точностью до  $2'$  для  $D$  и с точностью порядка  $15 \gamma$  для  $H$  и  $Z$ ; при этом при предлагаемой планом густоте пунктов  $D$  и  $H$  (20 км) на сплошной сети желательно сгустить сеть определений  $Z$  до расстояния 1—2 км между пунктами по маршрутам упомянутой сплошной сети пунктов.

#### Характер съемки

5. Одобрить предполагаемое разделение пунктов съемки на группы: а) сеть опорных пунктов, б) сеть сплошной съемки, в) пункты маршрутной съемки, г) сеть детальной съемки.

#### Сеть опорных пунктов

6. По вопросу об установлении списка опорных пунктов принять за основу список, предложенный II Всесоюзным геомагнитным совещанием.
7. По вопросу о точности измерений на опорных пунктах признать необходимым стремиться к возможному максимальному повышению точности, взяв за современные средние квадратичные ошибки отдельного измерения  $D$ ,  $I$ ,  $H$  соответственно  $\pm 0^{\circ},8$ ,  $\pm 0^{\circ},5$  и  $\pm 10 \gamma$ .
8. По вопросу о программе и методике измерений на опорных пунктах предложить Бюро Генеральной магнитной съемки произвести детальную разработку и издание инструкций.
9. Просить ГМК войти в правительственные учреждения с ходатайством о распространении декрета об охране геодезических знаков на знаки, устанавливаемые для закрепления на местности опорных магнитных пунктов.

#### Сеть общей съемки

10. По вопросу об объеме работ на сплошной сети пунктов и по маршрутам принять за основу карту, составленную в 1925 г. Б. П. Вейнбергом. Ориентировочное общее число пунктов сплошной съемки всего СССР определить в 12 000, а длину маршрутов в 150 000 км, что даст около 4000 пунктов маршрутной съемки.

## Сеть дополнительной детальной съемки

11. Для подробного определения объема работ по детальной съемке поручить Бюро ГМС войти в сношение с заинтересованными ведомствами для выявления районов, представляющих важность в хозяйственном отношении и для обороны страны, а также выявить и учесть районы, в которых детальная съемка представляет научный интерес.

### Продолжительность работ по съемке, приборы, кадры

12. Растущие потребности народного хозяйства в связи с принятыми темпами социалистического строительства настоятельно диктуют необходимость сокращения срока выполнения съемки до 5 лет, вместо намеченных 8 лет.

Для усиления темпов работ по съемке необходимо продолжать начатые работы по рационализации типов приборов и методики работ; закрепить и усилить кадры работников для проведения съемки, поручив Бюро съемки разработать по годам план обеспечения кадрами.

13. Из намеченного плана работ по годам фиксировать необходимость ежегодного выполнения определения на 100 опорных пунктах и выполнение маршрутной съемки в приполярных районах на 1932—1933 гг.

14. Дальнейшее уточнение плана работ по годам в связи с усилением темпов с открывающимися возможностями поручить Бюро ГМС.

### Организация работ

15. Фиксировать на 1931 г. распределение 22 полевых партий по Генеральной магнитной съемке.

16. Признать необходимым организацию при Бюро ГМС специальной экспериментальной партии для исследования и проверки новых методов съемки в целях рационализации полевых работ.

### Районы работ на 1931 г.

17. Одобрить предлагаемое на 1931 г. распределение районов работ, отметив, что план работ составлен в точном соответствии с имеющимся в Советском Союзе оборудованием, с наличием персонала, а также с учетом наиболее острых потребностей народного хозяйства и обороны страны.

18. Включить в план работ 1931 г. производство маршрутных съемок в некоторых районах Азиатской части СССР при помощи дефлекторных котелков облегченного типа.

19. Считать необходимым, чтобы Бюро ГМС установило тесный контакт с учреждениями, ведущими геомагнитные съемочные работы для специальных целей, для того чтобы последние могли быть использованы при производстве Генеральной съемки, выявить при этом районы работ упомянутых учреждений в 1931 г.

### Густота сети пунктов

20. Принять предлагаемое среднее расстояние между пунктами сплошной съемки  $20 \pm 5$  км. Признать, что в аномальных районах для общей характеристики найденных аномалий должна применяться более густая сеть пунктов с употреблением менее точных приборов и методов; густота сети и методика работы в районах аномалии должна быть в каждом отдельном случае определена Бюро ГМС.

### Типы приборов

21. Признать необходимым использование полностью наличного в Советском Союзе оборудования, не устанавливая единого типа приборов при условии обеспечения указанной ниже точности; приборы для работ по съемке могут быть допущены только с разрешения Бюро ГМС.

### Организация работ

22. Признать максимальным состав партии в 3 человека. В случае необходимости, в частности для исследования новых открытых аномалий, Бюро ГМС должно озаботиться усилением существующих и организацией дополнительных партий.

### Учет вариаций

23. Считать ориентировочно радиус действия магнитной вариационной станции в 500 км.

24. Работы по приведению к эпохе полевых измерений сосредоточить в Бюро, допуская исключение по согласованию с ГМК СССР.

### Точность наблюдений

25. Учитывая наличное оборудование, установить на 1931 г. следующие допустимые пределы ошибок наблюдений на пунктах сплошной съемки:

$$\Delta D = \pm 2', \quad \Delta I = \pm 3', \quad \Delta H = 0,001H.$$

Предложить Бюро ГМС разработать и издать подробную инструкцию, предусматривающую методы контроля наблюдений на месте и методы оценки точности наблюдений после обработки.

26. Предложить Бюро разработать в срочном порядке вопрос о применении для целей Генеральной съемки дефлекторных котелков и метода Ламона измерения вертикальной составляющей (индукция в мягком железе).

### Нормы работы партии

27. Принять в среднем месячную норму работы партии 20 пунктов в обычных условиях равнинной местности в средних широтах, представив Бюро ГМС изменить указанную норму с учетом местных условий.

### Дополнительные предложения комиссии

28. Признать необходимым произвести сосредоточение в Бюро ГМС всех определенных на опорных пунктах, а также наблюдений на пунктах сплошной и маршрутной съемки, удовлетворяющих поставленной точности.

29. Признать необходимым производить всю обработку полевых измерений до учета вариаций в первую руку самим наблюдателем; обработка во вторую руку должна производиться, как правило, соответствующими обсерваториями союзных республик.

30. Признать необходимым при записи полевых измерений производить записи в 2 экз. (через переводную бумагу) с оставлением оригинала у наблюдателя и с немедленной, по возможности, пересылкой копий в Бюро ГМС.

31. Учитывая необходимость магнитной съемки морей, просить ГМК войти с представлением в Гидрографическое управление о постройке специального судна из немагнитных материалов.

32. Признать необходимым ежегодное и регулярное издание предварительных материалов по съемке в виде числовых таблиц и карт отдельных районов.

### Вариационные станции

33. Поручить президиуму комиссии разработать проект сети обсерваторий. Считать целесообразным функционирование постоянных обсерваторий в Слуцке, Кучино, Свердловске, Карсани, Иркутске, Новой Земле, Ташкенте, Одессе, Якутске.

34. Для обеспечения задач Генеральной магнитной съемки признать необходимым функционирование в течение работ по съемке обсерватории в следующих пунктах:

- |                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| 1. Слуцк        | 11. Кандалакша                |
| 2. Кучино       | 12. Якутск                    |
| 3. Свердловск   | 13. Ашхабад                   |
| 4. Иркутск      | 14. Приморская область        |
| 5. Карсань      | 15. Минск                     |
| 6. Маточкин Шар | 16. Земля Франца-Иосифа       |
| 7. Ташкент      | 17. Низовье р. Лены           |
| 8. Одесса       | 18. Восточное Семиречье       |
| 9. Макеевка     | 19. Западная Сибирь           |
| 10. Казань      | 20. Петропавловск-на-Камчатке |

35. Одобрить проект ГМК организации для задач Международного полярного года временных магнитных обсерваторий на о. Диксон, в Нижне-Колымске и Уэллене.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### СПИСОК РУКОВОДСТВ, ИЗДАННЫХ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

1. Розе Н. В. Руководство для работ по магнитной съемке, Литограф. изд. ГГО, 1923.
2. Розе Н. В. и Трубяччинский Н. Н. Краткое руководство для работ по магнитной съемке. Изд. ГГО, 1928.
3. Розе Н. В. и Трубяччинский Н. Н. Краткое руководство для работ по магнитной съемке. Изд. ГГО, Л., 1931.
4. Розе Н. В., Трубяччинский Н. Н. и Яновский Б. М. Земной магнетизм и магнитная разведка. ОНТИ ГТТИ, 1934.
5. Вейнберг Б. П., Малинина Н. Е., Орлов В. П., Трубяччинский Н. Н. Инструкция для производства работ по Генеральной магнитной съемке СССР. Литограф. изд. ГГО. Под редакцией В. П. Орлова, 1936.

6. Климов Н. И. и Пенкевич М. С. Краткое наставление к производству магнитных наблюдений универсальным магнитометром типа «Комбайн». Под ред. М. С. Пенкевич. ГГО, Бюро Генеральной магнитной съемки. Литограф. изд., Л., 1936.
7. То же, Л., 1939.
8. Орлов В. П. Инструкция для производства наблюдений на опорных магнитных пунктах. Литограф. изд. ГГО, 1936.
9. Орлов В. П. и Трубяччинский Н. Н. Руководство по работе с вертикальными весами Шмидта. Литограф. изд. ГГО, Л., 1939.
10. Орлов В. П. и Трубяччинский Н. Н. Руководство по работе с вертикальными и горизонтальными весами Шмидта. Литограф. изд. ГГО, Л., 1939.
11. Пенкевич М. С. Руководство к производству и обработке магнитных наблюдений по Генеральной магнитной съемке СССР. Гидрометеоздат, Л., 1946.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ПОВЕРКА ПРИБОРОВ ПАРТИЕЙ ГЕНЕРАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

1. Перед поездкой на съемку и после ее окончания приборы должны быть проверены в магнитной обсерватории по следующей программе.

Наблюдения каждого элемента каждым методом должны разбиваться по крайней мере на 2 дня.

Как минимум следует проделать:

- а)  $D$  — 8 серий. Перед каждым двумя сериями раскручивать нить.
- б)  $I$  — 4 раза индукционным инclinатором,  $I$  — 2 раза стрелочным инclinатором — 6 серий каждой стрелкой.

$I$  — методом Ламона (динамная сталь) 3 раза каждой парой стержней по три серии, чередуя каждый раз пары стержней. При наблюдениях методом Ламона как в обсерватории, так и в поле следует тщательно центрировать магнит; перед каждой серией центрировку проверять.

в)  $H$  — каждым методом и каждым магнитом по 3 серии 2 раза при низкой и 1 раз по 4 серии при высокой температуре — между первым и вторым определением при низких температурах.

В случае, если индукционные коэффициенты, полученные ранее, вызывают сомнения, то их следует определить снова, производя при этом для каждого магнита не менее 4 серий по 4 наводки в каждой (только для метода Гаусса — Ламона).

г) Нужно проверить (или устранить) коллимацию астрономической трубы и проверить состояние уровней, микроскопов, нониусов и дымчатого стеклышка. Чтобы убедиться в исправном состоянии их, следует сделать одну серию астрономических наблюдений и вычислить ее.

д) У  $Z$ -вариометра после предварительной регулировки (проверки состояния призм, установки на требуемую чувствительность, температурной компенсации) (см. руководство для работы с вариометром) следует:

1) проделать две серии определения переводного множителя по крайней мере с двух расстояний, т. е. определить чувствительность кольцами Гельмгольца (при трех значениях силы тока) и магнитами (с двух расстояний);

2) определить температурный коэффициент;

3) определить абсолютное значение нуля шкалы прибора. Полученные постоянные приборов просматриваются и утверждаются соответствующим руководителем и только после этого начальнику партии разрешается выехать к месту работ.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 8

### ОСНОВНЫЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА ЗА ПЕРИОД 1931—1951 гг.

В предисловии к Атласу магнитных карт Союза ССР эпохи 1940 г. [5] приведен перечень карт для всей территории СССР, опубликованных ГГО и НИИЗМ с начала Генеральной магнитной съемки СССР в 1931 г. до выхода в свет Атласа в 1948 г. Дополняя список картами, изданными после 1948 г., будем иметь помещенный ниже полный список магнитных карт, опубликованных за 1931—1951 гг.

1. Склонение, наклонение и горизонтальная составляющая эпохи 1925 г. [35].
2. Склонение, наклонение, горизонтальная и вертикальная составляющие эпохи 1930 г. [36].
3. Нормальное распределение всех семи элементов (нормальное поле) эпохи 1935 г. [45].
4. Общее распределение и нормальное поле для всех семи элементов эпохи 1940 г. [5].
5. Годовые изменения (карты изопор) магнитных элементов за различные периоды [52, 53, 5, 55].
6. Карта региональных магнитных аномалий Западной Сибири [60].
7. Карта региональных магнитных аномалий Европейской территории СССР в масштабе 1 : 1 000 000.

8. Мировые магнитные карты склонения, наклонения, горизонтальной и вертикальной составляющих для эпохи 1950 г. в масштабе 1 : 80 000 000, кроме карты склонения, впервые издаваемой в Советском Союзе. Карта склонения составлена А. П. Шляхтиной, наклонения — Б. Д. Винц, горизонтальной силы — З. С. Чугурян, вертикальной силы — К. А. Мальцевой под общим руководством М. М. Иванова. Карты опубликованы в томе II Морского атласа [Гидрографического управления] Военно-Морских Сил.

#### Неопубликованные карты

1. Карты склонения, горизонтальной и вертикальной составляющих на эпоху 1935 г. для морей, омывающих СССР, составили:

Балтийское и Северное — Б. П. Вейнберг.

Черное и Азовское — В. П. Орлов.

Японское, Охотское, западная часть Берингова и восточная часть (к востоку от меридиана  $\lambda = 122^\circ$ ) полярных морей — М. С. Пенкевич.

Западная часть полярных морей (от западной границы до меридиана  $\lambda = 122^\circ$ ) — Н. Е. Малинина.

2. Морские карты склонения на эпоху 1940 г. составили в 1939—1940 гг.:

Балтийское — К. В. Звонарева.

Охотское и Японское — З. С. Чугурян.

Берингово — Н. Е. Малинина.

Черное — К. А. Мальцева.

Каспийское — А. П. Шляхтина.

Баренцово — Б. М. Матвеев.

3. Карта магнитного склонения эпохи 1943 г. для Европы составлена К. В. Звонаревой в 1940 г.

4. Карта магнитного склонения эпохи 1943 г. для СССР составлена К. В. Звонаревой в 1940 г.

5. Мировая карта склонения на эпоху 1943 г. составлена в 1941 г. З. С. Чугурян.

6. Карта склонения северо-восточной трассы на эпоху 1940 г. составлена в 1942 г. К. А. Мальцевой и А. П. Шляхтиной.

7. Карта изогон на эпоху 1943 г. для аномалий: Псковской, Одесской, Курской и Криворожской составлена в 1943 г. Н. Б. Яновской.

8. Карты склонения на эпоху 1945 г. составили в 1944 г. для следующих морей:

Балтийское — А. П. Шляхтина и Е. В. Серова.

Охотское, Берингово, Японское, Черное — К. А. Мальцева.

Баренцово и Норвежское — Е. В. Серова.

Чукотское, Северное и Каспийское — А. П. Шляхтина.

9. Мировые карты склонения, наклонения, горизонтальной и вертикальной составляющих эпохи 1945 г., выполненные под общим руководством Н. Е. Малининой в 1944 г., составили:

Карту склонения — А. П. Шляхтина.

» наклонения — Н. Б. Яновская.

» горизонтальной составляющей — Е. В. Серова.

» вертикальной составляющей — К. А. Мальцева.

10. Карты магнитного склонения эпохи 1945 г. для аномальных районов СССР составлены в 1944—1945 гг. А. П. Шляхтиной.

11. Карты магнитного склонения эпохи 1945 г. для авиатрасс СССР составлены в 1944—1945 гг. К. А. Мальцевой.

12. Карта магнитного склонения эпохи 1945 г. для бассейна р. Амур составлена в 1945 г. А. П. Шляхтиной.

13. Карта магнитного склонения эпохи 1945 г. для Европы и Азии в масштабе 1 : 2 500 000 составлена в 1945 г. К. А. Мальцевой.

14. Карта магнитных меридианов Европы эпохи 1945 г. масштаба 1 : 10 000 000 составлена в 1946 г. А. П. Шляхтиной.

15. Карта магнитного склонения эпохи 1945 г. для Европы составлена в 1945 г. А. П. Шляхтиной и Е. В. Серовой.

16. Карта магнитного склонения эпохи 1945 г. для СССР составлена в 1945 г. А. П. Шляхтиной и Е. В. Серовой.

17. Карты магнитного склонения эпохи 1945 г. Африки и Америки масштаба 1 : 5 000 000 составлены в 1947 г. М. М. Ивановым и Б. Д. Винц.

18. Карта магнитного склонения СССР эпохи 1950 г. масштаба 1 : 2 500 000 на 32 листах составлена в 1947 г. К. А. Мальцевой.

19. Карта дирекционных углов для северной полярной зоны на эпоху 1950 г. составлена Б. Д. Винц в 1948 г.

20. Аэронавигационная карта склонения Чукотского полуострова эпохи 1947 г. для высоты 2000 м составлена Л. С. Банухиним в 1948 г.

21. Мировая карта магнитного склонения эпохи 1950 г. в масштабе 1 : 5 000 000 на 62 листах составлена в 1948 г. под общим руководством М. М. Иванова, А. П. Шляхтиной, К. А. Мальцевой, Б. Д. Винц и Т. А. Шадринной.

5454