

26.325.12(2р-4курс)

Л 42

66305

ЛЕЙСТ, Э. Е.

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ
АНОМАЛИЯ.

ПР 486

~~2/10/19~~
2/10/19

29

1-42

Жр

РОССИЙСКАЯ СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ ФЕДЕРАТИВНАЯ СОВЕТСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Московское отделение К. Е. П. С.

Материалы по исследованию Курской магнитной аномалии,
издаваемые под редакцией академика П. П. ЛАЗАРЕВА

Выпуск II.

Проф. Э. Е. ЛЕЙСТ

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1921

17

30
4x 100

26.325.12 (21-4курс)

Ж.р.

142
РОССИЙСКАЯ СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ ФЕДЕРАТИВНАЯ СОВЕТСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

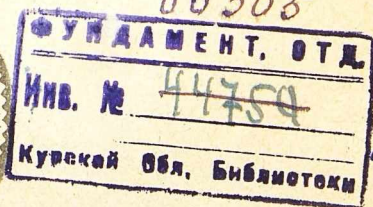
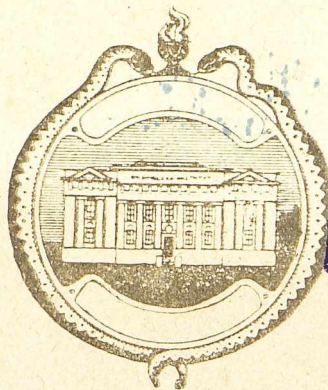
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Московское отделение К. Е. П. С.

Материалы по исследованию Курской магнитной аномалии,
издаваемые под редакцией академика П. П. ЛАЗАРЕВА

Проф. Э. Е. ЛЕЙСТ

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1921

91(СТ38) + 55

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
1. Введение.	3
2. Инструменты и точность наблюдений.	11
3. Приведение наблюдений к истинным суточным и годовым средним и к средней эпохе 1903,5	22
4. Изогоны	28
5. Изоклины	33
6. Изодинамы	37
7. Нормальный геомагнетизм	42
8. Анормальная часть Курской магнитной аномалии	45
9. Аномалия тяжести и аномалия геомагнетизма.	52
10. Глубина магнитных полюсов	57
11. Причины геомагнитных аномалий	65

ВВЕДЕНИЕ.

Первая геомагнитная съемка в Европейской России производилась покойным приват-доцентом Казанского университета И. Н. Смирновым, и ему же принадлежит честь открытия первых двух аномальных мест в обширной области Курской магнитной аномалии. Обзор наблюдений всех трех геомагнитных элементов с 291 места показал ему, что найденные им в 1874 г. в Белгороде величины склонения— $28^{\circ}33'$ и наклонения $61^{\circ}26'$ и на станции Крюково (Кустарной) склонения $26^{\circ}32'$ и наклонения $59^{\circ}53'$ —сильно отклоняются от тех, которые наблюдались в других местах центральной части Европейской России. Задача И. Н. Смирнова состояла в геомагнитном обследовании Европейской России и не допускала детальных местных исследований, а посему он не остановился на рассмотрении замеченной аномалии.

Приват-доцент Харьковского университета Н. Д. Пильчиков¹⁾ в 1883 и 1884 г. г. по предложению Русского Географического Общества специально занимался Белгородской аномалией и произвел 71 серию наблюдений над склонением и наклонением, но, однако, в области аномалии наблюдений было сделано мало, так в Белгороде только 7, на станциях: Кустарной—2, Прохоровке—3 и Марине (теперь Клейнмихелеве)—2 серии, большая часть 35 серий над наклонением произведена в гор. Харькове. Склонение определено было им в Харькове, Белгороде и на станции Кустарной, там же он производил наблюдения над качанием магнита вместо определения горизонтального напряжения. Исследования Н. Д. Пильчикова не расширили области Белгородской аномалии, а только дали другие пределы изменения элементов: склонения от— $22^{\circ}48'$ до— $36^{\circ}15'$ и наклонения от $59^{\circ}52'$ до $69^{\circ}59'$.

В 1889 году по поручению Русского Географического Общества студент Петроградского университета Д. Д. Сергиевский (ныне генерал-майор Генерального Штаба) продолжал исследование Белгородской аномалии; выводы его наблюдений в 155

¹⁾ Н. Пильчиков. Материалы по вопросу о местных аномалиях земного магнетизма. Харьков. 1888.

пунктах опубликованы генералом А. А. Тилло¹⁾. Работа Д. Д. Сергиевского значительно подвинула вопрос о Белгородской аномалии, которая из Белгородской обратилась в Белгородскую и Непхаевскую, ибо Д. Сергиевский в селе Непхаеве, что в 20 верстах от Белгорода, открыл более сильные центры, чем в Белгороде и Кустарной. После исследований трех магнитологов — Смирнова, Пильчикова и Сергиевского — Тилло напечатал список крайних величин, из которого приведу следующие пределы изменения элементов:

склонения от $+48^\circ$ до -38° ; разность 86° ;
наклонения » 81° до 52° ; разность 29° ;

горизонтального напряжения от 0 Г. до 1,1 Г; разность 2,9 Г.

$$1 \text{ Г.} = 1 \text{ mg mm Sec} = 1 \text{ Gauss} = 0,1 \text{ CGS}$$

Исследования названной магнитной аномалии в связи с вопросом о подробной магнитной съемке России служили предметом суждения членов Географического Общества, проявивших себя трудами по земному магнетизму. В заседании Отделений Географии Математической и Физической 29 октября 1891 года действительные члены Общества Э. Е. Лейст и М. М. Поморцев предложили образовать постоянную комиссию по земному магнетизму. Составившаяся из специалистов комиссия в числе других вопросов обсуждала и вопрос о расширении исследования Белгородской и Непхаевской аномалии, следствием чего явилось поручение от Географического Общества студенту Петроградского университета А. Е. Родду исследовать названную аномальную область. Последний определил за лето 1893 г. магнитные элементы в 133 пунктах, однако результаты его исследования остались не опубликованными отчасти потому, что имелись в виду наблюдения более компетентного, чем студенты, специалиста, именно директора Парижской магнитной Обсерватории Th. Mougeaux, производившего магнитную съемку Франции, а также и потому, что членам Магнитной Комиссии было известно, что мною предполагается продолжительное и систематическое магнитное обследование всей этой местности. Приступить к этой работе для меня стало возможным с весны 1894 года, т.е. со времени перевода моего с должности Заведующего Магнитно-Метеорологической Обсерваторией в Павловске на кафедру физической географии Московского университета.

Th. Mougeaux поставил условием своего участия в исследованиях магнитной аномалии устройство в Курске временного помещения с постоянной температурой для установки магнитных вариационных приборов и приглашение наблюдателя для надзора за магнитографом не только на время шестинедельного пре-

¹⁾ А. Тилло, Белгородская и Непхаевская аномалии земного магнетизма по наблюдениям И. И. Смирнова, Н. Д. Пильчикова и Д. Д. Сергиевского. Известия Императорского Русского Географического Общества. Т. XXVII 1891, Вып. III. Стр. 201.

бывания г. Mougeaux в области аномалии, но на целый год, дабы выяснить характер земномагнитных вариаций в местах аномалии. Магнитная комиссия поручила мне озаботиться как об устройстве временного магнитного павильона, так и о приглашении такого сотрудника для г. Mougeaux. 2 апреля 1896 г. мною было подано в Курскую Губернскую Земскую Управу ходатайство об устройстве названного павильона в выбранном мною месте и об ассигновании требуемых на это дело средств. Управа удовлетворила ходатайство, а заведующий Семеновской Обсерваторией в Курске, воспитатель Учительской Семинарии П. Г. Попов, согласился принять участие в вариационных наблюдениях.

В Западной Европе специалисты-магнитологи в частных разговорах с русскими недоверчиво относились к большим отклонениям Белгородской и Непхаевской аномалии от нормальных, опубликованных А. Тилло, а впоследствии еще менее доверчиво к неопубликованным определениям Родда, установившего еще большие отклонения, главным образом, потому, что наблюдения производились мало опытными наблюдателями, студентами, и очень примитивными инструментами. Вследствии этого А. Тилло к статье Th. Moureaux „Déterminations magnétiques faites en Russie dans le gouvernement de Koursk“ (Записки Импер. Русского Географического Общества, т XXXIII) предпослал Préface, в котором пишет следующее: „Quand au commencement de l'année 1896 la question de continuer ces études se posa de nouveau, la société pris la resolution d'inviter un magnétologue étranger expérimenté dans le double but d'augmenter le nombre de points d'observations et d'établir une comparaison entre les mesures des savants russes et les détermination au moyen d'appareils magnétiques étrangers, c'est à dire de créer un lieu entre les mesures des éléments à l'étranger et chez nous“.

Для выполнения этой программы магнитная комиссия передала Th. Mour aux список всех пунктов, где производились прежние наблюдения, не только Курской, но и соседних губерний.

Th. Mougeaux сделал 149 серий наблюдений на 102 станциях, в том числе 15 серий в Кочетовке, где еще Род открыл особый сильный центр. Он работал во всех 15 уездах Курской губернии, но в течение 38 дней не мог вести наблюдения систематически, а только по выбору, посему в трех уездах у него было по три станции, а в Корочанском даже только две. Составить карты по таким разрозненным и противоречивым результатам было совершенно невозможно. По его наблюдениям, крайние пределы изменений магнитных элементов в Курской губернии оказались следующие:

для склонения $+96^{\circ} 37'$ и $-34^{\circ} 0'$; разность $130^{\circ} 37'$;

» наклонения $82^{\circ} 13'$ и $48^{\circ} 18'$; разность $33^{\circ} 55'$;

» горизонт. напряжения 5,891 Г. и 0,789 Г.; разность 5,102 Г.;

» вертикального напряжения 9,732 Г. и 3,713 Г.; разность 6,019 Г.

Обе крайние величины склонения и оба максимума горизонтального и вертикального напряжения наблюдались в Кочетовке; в других уездах обнаружались также значительные отклонения, хотя менее сильные, а посему Белгородско-Непхаевская аномалия обращается в Курскую.

Приступая к своим наблюдениям в Курской губернии, я ставил себе целью систематическое изучение аномалии. Такая съемка местности одним наблюдателем даже при нормальном распределении магнетизма, понятно, требует значительного времени; съемка аномальной области с неизвестными границами, с неизвестным распределением магнетизма не может быть сделана в какой-нибудь определенный срок, тем более, что приходится считаться с непредвиденными случайностями, являющимися при всяких полевых работах, с культурностью народонаселения, способами и свободой передвижения и проч. С самого начала полевых работ я решил вести наблюдения через каждые 2-3 версты, располагая пункты, по возможности, в шахматном порядке; в местах же сильного изменения того или другого магнитного элемента это расстояние сокращалось даже до 50 метров. Такое детальное исследование требует значительных расходов, но зато дает возможность выяснить действительную картину аномалии. Предшествующие исследователи — И. Смирнов, Н. Пильчиков и Г. Фритше — производили наблюдения только в пунктах железнодорожного сообщения — вблизи станций, т. е. вели свои исследования, так сказать, попутно; Д. Сергиевский и А. Родд также наблюдали или на станциях железных дорог или останавливались в найденных центрах аномалии — в Непхаеве, Кочетовке и др., где и работали продолжительное время. Систематическое же изучение края, когда необходимы частые остановки, является весьма трудным делом; здесь приходится пользоваться всеми имеющимися путями сообщения от железных дорог до мелких проселков включительно и даже отдельными проезжими межами среди обработанных полей; в особо интересной местности, часто за неимением какой-либо дороги, приходилось инструменты переносить на себе по межам или просто через поля, если они оказывались свободными. Железными дорогами я пользовался только в тех случаях, когда необходимо было доехать до таких больших станций, на которых возможно было найти парный рессорный экипаж. В начале работы в 1896 г. я пробовал ездить в тарантасе на одной лошади, но тряска по плохим дорогам влияла на инструменты, отзывалась на ходе хронометров, да и на самом наблюдателе, так что впоследствии всегда имел экипаж на рессорах в две лошади. Для таких поездок с частыми остановками необходимо было завести или собственных лошадей или пользоваться наемными. Попытка содержать собственных лошадей обошлась очень дорого, лошади часто болели, так что, имея свой инвентарь, все-таки пришлось нанимать извозчиков; поездки на земских лошадях, которых не всегда возможно было достать,

являлись неудобными, так как лошади отпускались только по определенным трактам без остановок в нужных для дела местах. Оставалось только пользоваться извозчиками за сдельную плату, в большинстве случаев нанимая их посуточно, но и это оказывалось не легким делом. Извозчики обыкновенно привыкли возить от железнодорожных станций до определенных мест и обратно, хотя и на большие расстояния, но не всякий из них соглашался ехать на две-три недели от постоянного местожительства без определенного маршрута в неизвестную для него местность, где дороги указывал наниматель по трехверстной карте Генерального Штаба, где в каждый вечер надо было подыскивать ночлег в ближайших селах и где часто невозможно было купить овса для лошадей, а который и соглашался на такую поездку, обыкновенно ставил невозможные условия и прежде всего запрашивал высокую плату. Но, несмотря на уговор, извозчики дней через десять требовали обратного возвращения, и только сделки в казенной винной лавке приводили к обоюдному удовлетворительному результату. Часто меня и самого влекло обратно на какую-нибудь большую железнодорожную станцию, хотелось попасть в круг интеллигентных людей, узнать современные газетные новости, воспользоваться небольшим отдыхом и обедом или просто вернуться в Москву на несколько дней. При поездках извозчикам в среднем приходилось платить за каждый час около одного рубля; естественно, что при такой высокой плате я не мог терять времени без дела и работал от восхода до захода солнца, имея для отдыха несколько часов короткой летней ночи. О правильном питании нечего было и думать, ибо в деревнях кроме молока и яиц редко можно достать свежий белый хлеб; приходилось питаться сухарями, бисквитами и консервами, взятыми из Москвы. После усиленной работы на солнце в течение дней десяти чувствовалась уже некоторая усталость, в особенности от высокой температуры и пыли, которая проникала в одежду и садилась на инструментах; являлись и недостатки от неправильного питания и плохой воды. Невольно вспоминалось, что дальневосточные экспедиции оборудованы, несомненно, лучше и терпят, пожалуй, меньше неудобств, чем я при своих поездках по одной из центральных губерний Европейской России, невольно являлась мысль, что многие из моих товарищей профессоров отдыхают не в таких условиях, а где-нибудь в европейском курорте, и, вероятно, тратят меньше средств, чем я на научную, но утомительную работу. Часто проходящий циклон или гроза прерывали наблюдения, нередко сильный дождь заставлял нас вдали от населенных мест; от дождей дороги быстро размокали и становились почти непроходимыми, и иной раз приходилось тащиться пешком по липкой непролазной грязи, иногда в течение одного—двух дней; благодаря плотным облакам невозможно было определить азимута по солнцу; в такое время опять подкрадывалась мысль, не прервать

ли работу и не поехать ли отдохнуть куда-нибудь в европейский курорт, тогда как возница радовался, что лошади его отдыхают, а он между тем получит полную плату, но небо снова прояснилось, и я заканчивал необходимые измерения. Когда же попал на замечательную точку, где сильное горизонтальное напряжение, как в гальванометре с хорошими демпферами, быстро успокаивало магнит, то опять все временные трудности и препятствия уничтожались желанием довести дело до конца—продолжать съемку до границ Воронежской губ., в пределах которой пока работать не мог за неимением подробной карты. Перерывы в работе вызывались не только дурной погодой, но и необходимыми поездками в Москву для сверки хронометра; во время работы я не определял поправки времени, а сверял свой хронометр с хронометром Московской Астрономической Обсерватории не менее двух раз в месяц. Поездки в Москву два раза в месяц вызывались и текущими служебными обязанностями, так как в моем заведывании находились Физико-Географический Институт и Метеорологическая Обсерватория университета; кроме того, в течение последних шести лет курской работы я занимал выборную должность секретаря факультета, и последняя требовала выполнения неотложных текущих дел. Во время пребывания в Москве я определял все три элемента геомагнетизма, чтобы иметь контроль своих походных приборов с вариационными инструментами, функционировавшими в Москве. Такие поездки требовали 2—4 дня и, конечно, увеличивали мои расходы по исследованию Курской аномалии.

До 1905 года моя работа шла сравнительно беспрепятственно, хотя меня и беспокоили разные местные полицейские чины, но открытые листы от Московского университета, от Московского Общества Испытателей Природы и от губернаторов курского, орловского и харьковского всегда имели должное влияние, а губернаторский открытый лист иногда побуждал местных чинов оказывать мне мелкие услуги. В 1906 году продолжать съемку было невозможно. Мне надо было исследовать южную часть Белгородского уезда. Приехав на место и приступив к наблюдениям, я заметил собирающихся крестьян из ближайшего села, которые и обратились ко мне с требованием размерить им землю. Разъяснить им, что я не землемер, было бесполезно, так как крестьяне, видя штатив и инструмент на нем, везде принимали меня за землемера. Не окончив наблюдения на этой точке, я передвинулся на следующий пункт верст за восемь, но и здесь не удалось сделать наблюдения; вскоре явились крестьяне, которые сначала вели мирный разговор, а когда подошли еще несколько человек, то потребовали от меня, чтобы я с ними немедленно отправился в графский лес и отрезал им лесные участки. Кто-то из них грозил, что если он с нами не пойдет, то мы его убьем, как был убит на прошлой неделе какой-то землемер в ближайшем месте (название которого не мог разобрать). Понятно, что при

таким настроении народонаселения продолжать работу в 1906 г. я считал невозможным; в следующем же году в той же части Белгородского уезда продолжал работу при совершенно мирной обстановке, только за последние три года (1907—1909) местные сельские власти многократно меня арестовывали, не веря моим открытым листам и считая их или подложными или украденными.

Наблюдения мои 1896 года не сравнимы с наблюдениями следующих лет, так как с 1897 года я пользовался другими инструментами, как это видно из следующей главы; кроме того, в этом году наблюдений было сделано сравнительно мало, так как летом я приглашен был привести в действие находящуюся в завывании проф. А. В. Клоссовского магнитную Обсерваторию Новороссийского университета, на что пришлось потратить около шести недель. К весне 1897 года мне удалось получить новые приборы, с которыми работал до конца 1909 г. После окончательной обработки всех 14-летних наблюдений оказалось возможным ограничиться теми 4121-й сериями наблюдений, которые были получены после 1896 года и представляют совершенно однородный материал, тем более, что в пунктах измерений 1896 года, преимущественно в Непхаве и окрестностях, впоследствии было сделано достаточное количество повторных наблюдений.

В 1898 году Курская губернская земская управа решила в известных по наблюдениям Сергиевского, Родда и Mougeaux сильных центрах—Кочетовке и Непхаве устроить буровые скважины и обратилась ко мне с просьбой выбрать в каждом селе место для бурения. Исполняя это поручение, я в Кочетовке на берегу речки нашел северный магнитный полюс, т.-е. такую точку, где магнитное наклонение равно 90° , а горизонтальное напряжение равно 0, и вокруг которой наблюдаются всевозможные склонения от 0° до 360° . Я тогда писал об этом открытии генералу А. Тилло и прибавил, что если цель изучения магнитных аномалий заключается в отыскании наибольших значений магнитных элементов, чем тогда многие интересовались, то мои изыскания привели к абсолютному пределу. А. А. Тилло сообщил об этом Венюкову, который с своей стороны напечатал заметку в *Comptes Rendus* Парижской Академии наук, Т. CXXVI стр. 1380, откуда эти сведения перешли в учебник Е. Mascart'a «*Traité de magnétisme terrestre*» стр. 337 и в специальные работы, как, например, Dr. E. Schütz'a «*Die magnetischen Pole der Erde*» Berlin, 1902, стр. 3 и Th. Moureaux «*Déterminations magnétiques faites en Russie dans le gouvernement de Koursk*», стр. 58.

П. Т. Пасальский в этом же 1898 году исследовал магнитную аномалию в Кривом Роге; в беседе мы предполагали современным соединить наши области и коснулись открытого мною полюса, при чем П. Пасальский высказал уверенность, что и он найдет такую же точку. Однако, в своем письме от 10 июля 1898 г. он пишет: «Вы были правы! Увы, я полюса не нахожу, и, вероятно, не найду, но за то нашел необычайно большие изме-

нения». В появившейся спустя три года работе «Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности» (стр. 278—280) П. Т. Пасальский рассматривает вопрос о полюсах и приходит к заключению, что в точках пересечений нулевых изодинам $X=0$ и $Y=0$ должны быть полюсы. Вблизи рудника Львова в Кривом Роге действительно пересекаются изодинамы $X=0$ и $Y=0$ в двух местах и, следовательно, могут быть четыре полюса, однако, несмотря на чрезвычайную густоту сети наблюдений в этой местности, П. Пасальский ни одного полюса не нашел.

В настоящее время я смотрю на полюсы, как на исключительные точки с единственным свойством $H=0$, совершенно независимо от того, какую величину имеет полная сила или вертикальная слагающая, поэтому нет надобности, чтобы на северном или южном магнитном полюсе земли было наибольшее напряжение земного магнетизма. В полюсе в Кочетовке тоже нет максимального напряжения, в чем я убедился, наблюдая в этом месте продолжительность качания вертикальной стрелки инклинатора. Необходимое и достаточное условие для полюса $H=0$, при чем безразлично, каким путем H превращается в нуль. В области Курской аномалии есть только один путь, а именно: H есть некоторая сумма нормального горизонтального напряжения H_0 и горизонтальной слагающей h —действия местного магнетизма, т. е. $H=H_0+h$. Если h равно H_0 и действует в противоположном направлении, т. е. $H=H_0-h=0$, тогда получается полюс. Таких точек может быть очень много, и они могут давать полюсную линию, если изодинамы H_0 и h при разных значениях параллельны. Эти полюсы, как и магнитные полюсы земли не есть постоянные точки, а зависят от изменений dH_0 и dh . Горизонтальное напряжение H_0 имеет определенный суточный, годовой и вековой ход, а h изменяется постольку, поскольку изменения земного магнетизма вызывают изменения в индукции местных магнитных масс. Чем больше градиенты горизонтального напряжения, тем труднее найти полюсы.

В заключение даю сравнение открытых крайних величин всех элементов в области Курской аномалии в историческом ходе исследований:

	Смир- нов.	Пильчи- ков.	Сергиев- ский.	Moure- aux.	Лейст.
Число точек	2	14	155	149	4121
Склонение: Maximum . . .	— 26°32'	— 22°48'	+ 48°	+ 96°37'	+ 180°
» Minimum	— 28°33'	— 36°15'	— 38°	— 34°0'	— 180°
Наклонение: Maximum . . .	61°26'	69°59'	81°	82°13'	90°
» Minimum	59°53'	59°52'	52°	48°18'	39°13'
Горизонтальное) Maximum .	—	—	4,0 Г.	5,891 Г.	9,649 Г.
напряжение.) Minimum .	—	—	1,1 Г.	0,789 Г.	0,000 Г.
Вертикальное) Maximum .	—	—	—	9,732 Г.	19,135 Г.
напряжение.) Minimum .	—	—	—	3,713	3,480

Подробные таблицы результатов в отдельности для каждой станции, а всего более 200,000 цифр, все прочие сведения и результаты электрических исследований будут напечатаны в особом издании.

II.

Инструменты и точность наблюдений.

Для магнитной съемки необходимы были три прибора, а именно: магнитный теодолит, инклинометр и хронометр, да еще точные и подробные карты, а если последних нет, то универсальный инструмент для определения времени, широты и долготы точек наблюдений.

Для Орловской, Курской и Харьковской губерний имеются хорошие карты Генерального Штаба в трехверстном масштабе, и по ним можно определить широту и долготу с достаточною точностью до $\pm 0'1$, но, выходя из Курской губ. в Воронежскую, с самой границы начинается затруднение не только при определении широты и долготы, но и трудно ориентироваться. Для Воронежской губ. на трехверстные карты нанесены только данные ее ситуации, изображение относительного расположения зданий, дорог, начертание контуров сел и проч., но нет названий и никаких данных рельефа, нет гор, долин и вообще неровностей. Данные рельефа на дорогах между селами и населенными пунктами—единственное средство для выбора точки наблюдений и точного определения широты и долготы по карте. Хотя карты Генерального Штаба составлены уже давно и для настоящего времени местами не совсем точны, но они отчасти исправлены по съемке 1886, 1887 и 1888 г. г., а железные дороги нанесены по рекогносцировкам 1873, 1874 и 1893 г. г. и по съемкам 1875, 1888 и 1894 г. г. Если я и нашел некоторые неточности, которые будут мною указаны в моей полной работе, то эти неточности относятся к названиям и к данным ситуации, но данные рельефа не изменяются. Хутора, деревни и леса исчезают в одном месте и появляются в другом, дороги закрываются и открываются новые, но рельеф местности в течение десятков лет не изменяется. Гора и долина, лог и овраг, уклон места в ту или другую сторону служат для определения точки в поле и на карте дают долготу и широту. За неимением данных рельефа на карте Воронежской губернии мною там произведено лишь малое количество наблюдений.

В 1896 году все три магнитных элемента—склонение, горизонтальное напряжение и наклонение—определялись мною магнитным теодолитом, соединенным с индукционным инклинометром работы Эдельмана в Мюнхене и принадлежащим физико-географическому Институту Московского университета. Этот соединенный универсальный прибор для магнитной съемки в области

аномалии оказался в высшей степени неудобным. Индукционный инклинатор вообще не годен для полевых работ, потому что для гальванометра требуется особый штатив, тяжелый и прочный, чтобы ветер на него не действовал. Гальванометр к индукционному инклинатору имел слишком мало места для магнита, что требовало тщательной нивелировки, и тем не менее при самых слабых ветрах вследствие трения бездействовал. Вес прибора с упаковкою был слишком велик для требуемой подвижности наблюдателя, которому один ящик весом в 30 килограммов гораздо тяжелее, чем два места по 15 килограммов каждое. В области аномалии часто приходится наблюдать в недоступных для экипажа местах, и туда надо перенести инструменты со штативами, что невозможно, если вес одного места большой.

Произведенные в 1896 г. наблюдения в Непхаеве и окрестности получили значение предварительной съемки и не вошли в общее число всех наблюдений, сделанных стрелочным инклинатором и новым теодолитом. В 1896 г. мне не удалось получить других приборов, так как я был занят устройством магнитной обсерватории Новороссийского университета.

Начиная с 1897 г., для определения склонения и горизонтального напряжения служил теодолит работы механиков Эдельмана в Мюнхене и Громова в Москве. Оптическая часть и горизонтальный круг с делениями до 15' и с верньером до 1' получены от Эдельмана, а магнитная часть работы Громова, исполненной по моим чертежам. Вес прибора без штатива—4,4 килограмма. На линейке для отклонений нет делений для измерения расстояния магнитов, а имеются постоянные марки для двух расстояний, 186^{mm} и 247^{mm}, отношение которых 3:4. По опыту постоянные марки для наблюдателя удобнее, чем деления, и не допускают ошибок при установке отклоняющего магнита.

Главный, отклоняющий магнит имеет форму полого цилиндра длиной 50 миллиметров, с внутренним диаметром 8,6 мм. и наружным 10,4 мм. Его температурный коэффициент оказался незначительным, а именно $\mu = 0,000133$, что особенно важно для точности наблюдений, так как температура летом нередко доходила до 36°, а весною и осенью опускалась до 0°. Индукционный коэффициент не определен.

Горизонтальное напряжение H вычисляется по полной формуле:

$$H^2 = \frac{2\pi^2 N_0}{T^2 E_0^3 \sin \epsilon} \left[1 + \mu(t - \tau) + 2lt - 3m\tau - \gamma H(1 + \sin \epsilon) + \right. \\ \left. + ax^2 + bs - c\Delta - \frac{\Delta H}{H} + \frac{p}{E^2} + \frac{q}{E^4} + \dots \right] \quad (1)$$

Здесь:

N_0 — момент инерции магнита при 0°,

T — продолжительность одного колебания магнита, выраженная в секундах.

E_0 — расстояние между центрами обоих магнитов при 0° .

v — отклонение отклоняемого магнита от магнитного меридиана,

t — температура магнита во время наблюдений над колебанием,

$\tilde{t}$ — температура отклоняющего магнита во время наблюдений,

l — линейный коэффициент расширения стального магнита
 $= 0,0000124$,

m — линейный коэффициент расширения латунного масштаба
 $= 0,0000180$,

γ — коэффициент индукции главного магнита,

α — средняя амплитуда размахов магнита в градусах,

$a = 0,00003808$,

s — суточный ход хронометра в секундах, считая эту величину положительною, когда хронометр отстаёт,

$b = 0,00002315$,

Δ — отклонение магнита в градусах от положения равновесия, произведенное скручиванием верхнего конца нити на 360° ,

$c = 0,002778$,

ΔH — изменение горизонтального напряжения в промежутке времени между наблюдениями над колебаниями и наблюдениями над отклонением,

p и q — постоянные коэффициенты бесконечного ряда отклонений.

Из этих величин H_0 , E_0 , γ , p , q определены в совокупности путем ежегодных сравнений моего походного теодолита с нормальным Павловской обсерватории. В каждом году в начале и конце летнего периода наблюдений мною производились моим теодолитом несколько серий абсолютных измерений в малой абсолютной будке Павловской магнитно-метеорологической обсерватории, и таким образом все мои полевые наблюдения приведены к нормальным приборам названной обсерватории. В каждый раз снова определялся коэффициент A

$$A = \pi \sqrt{\frac{2N_0}{E_0^3}} \left[1 - \gamma H (1 + \sin v) + \frac{p}{E^2} + \frac{q}{E^4} + \dots \right] \quad (2).$$

В формуле

$$H = AT^{-1} \sin^{-\frac{1}{2}} v [1 + 0,000133 (t - \tau) + 0,0000248 t - \\ - 0,0000540 \tau + 0,00003808 \alpha^2 - \\ - 0,00002315 s - 0,002778 \Delta]^{\frac{1}{2}} \dots \quad (3).$$

или

$$H = AT^{-1} \sin^{-\frac{1}{2}} v [1 + 0,0000789 t - 0,0000935 \tilde{t} + 0,00001904 \alpha^2 - \\ - 0,00001158 s - 0,001389 \Delta \dots] \quad (4)$$

Нельзя не отметить, что величина A определена в Павловске при горизонтальном напряжении в среднем от 1,651 до 1,645 Г. Однако, пользоваться этой проверкою пришлось при всевозможных значениях от 0,0 до 9,649 Г. Постоянные поправки

действительны только в пределах проверки, но на всем земном шаре нигде нет такого места, где можно проверить инструменты в таких пределах, которые встречаются в Курской аномалии. Точность измерения абсолютных величин зависит от неточности отдельных отчетов; совокупность их неточностей дает степень точности окончательных результатов.

Формулу (4) можно сокращенно писать

$$H = \frac{AK}{T \sqrt{\sin v}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{где } K = 1 + 0,0000789 t - 0,0000935 \tau + 0,00001904 \alpha^2 - \\ - 0,00001158 s - 0,001389 \Delta \dots \dots \dots (6)$$

Дифференцируя выражение (5), получаем:

$$\frac{\partial H}{H} = \frac{\partial A}{A} + \frac{\partial K}{K} - \frac{\partial T}{T} - \frac{\cot g v \partial v}{2} \dots \dots \dots (7)$$

Если требуемая точность составляет $\frac{1}{1000}$ искомой величины горизонтального напряжения, тогда $\partial H = 0,001 H$, и в таком случае имеем следующие условия:

$$\partial A < \frac{A}{1000}; \partial K < \frac{K}{1000}; \partial T < \frac{T}{1000}; \partial v < \frac{tg v}{500}$$

Спрашивается, достижима ли такая точность при данных условиях полевых наблюдений?

Величина A по формуле (2) содержит N_0 , E_0 , p , q и выражение $\gamma H (1 + \sin v)$. Момент инерции N_0 и расстояние E_0 , а также и коэффициенты p и q , зависящие от размеров магнитов, не изменяются и не было повода для их изменений, да сверх того, в коэффициенте A они определялись ежегодно не менее двух раз и находились под контролем проверки. Единственная переменная, это $\gamma H (1 + \sin v)$. Угол v не может быть менее 0° и более 90° ; следовательно, максимум этого выражения $2 \gamma H$. Опыт показывает, что индукционный коэффициент γ несколько больше температурного μ ; если и γ в два раза больше μ , тогда для моего отклоняющего магнита получаем:

$$\gamma H (1 + \sin v) < 0,000532 H.$$

Наибольшая величина H горизонтального напряжения наблюдалась на точке № 1764 и равна 9,649 Г., при чем $v = 3^\circ 16'$; в этом случае имеем, если и $\gamma = 2\mu$

$$\gamma H (1 + \sin v) = 0,00271$$

и постоянная A увеличится до $A \sqrt{1 + 0,00271} = 1,00136 A$, следовательно, $\partial A = 0,00136$. На самом деле A равно 2,9056 и

$\frac{A}{1000} = 0,0029$; отсюда видно, что максимум $\partial A = 0,00136$ в два раза меньше $\frac{A}{1000}$ и поэтому точность $\partial H = \pm 0,001$ вполне обеспечена. В виду этого и не было особой надобности определить γ .

Погрешность ∂K может происходить от неточности температуры t или τ , от неточности амплитуды α размахов магнита при наблюдениях колебаний, от неточности суточного хода хронометра и, наконец, от неточности кручения Δ . При требуемой точности $\frac{\partial H}{H} = \pm 0,001$ и в виду того, что K величина близка к единице, получаем условие

$$\partial K = \pm 0,001$$

или каждая часть величины K может иметь погрешность в этих же пределах. Ни от температурного коэффициента μ ни от температур t и τ таких больших погрешностей ожидать нельзя. Ошибка температуры может доходить до 10° , и самый температурный коэффициент может быть в три раза больше найденного, и погрешность от этого не превышает $0,001 K$. Чтобы суточный ход s хронометра, амплитуда α и кручение Δ дали такие погрешности $\partial K = 0,001$, ошибка s должна дойти до 90° , ошибка α — до 7° , и ошибка Δ — до $\frac{3}{4}$ градуса, что едва ли можно допустить.

Наблюдения над продолжительностью колебания магнита легко производятся с точностью $\partial T = \pm 0,0001$; из равенства

$$\frac{\partial H}{H} = - \frac{\partial T}{T} = \pm 0,001$$

получаем при $\partial T = \pm 0,0001$ для $T = 10^s$. Однако T более 8 sec не наблюдалось, следовательно, неточность ∂H не превышает $\pm 0,0008$.

Последняя часть касается неточности угла отклонения v по формуле

$$\frac{\partial H}{H} = - \frac{\cotg v}{2} \partial v$$

Отсчет по горизонтальному кругу имеет точность $\pm 1'$. Наименьший угол, который наблюдался, был $v = 3^\circ 16'$; наибольший может быть только 90° ; так как для отклонений имеется формула в простейшем виде

$$H \sin v = \text{Const} = 2 M_0 E^{-3}$$

чем больше $\sin v$, тем меньше H , и если $\sin v = 1$, тогда $H = \text{Const} = 2 M_0 E^{-3}$. Однако H может быть меньше $2 M_0 E^{-3}$; в том случае увеличением E достигается уменьшение C , но тем не менее v больше 90° быть не может. Но и $v = 90^\circ$ наблюдать

нельзя, потому что в случае v вблизи 90° при наблюдениях в положении отклоняющего магнита от отклоняемого на запад и на восток и при положении северного полюса отклоняющего магнита на запад или на восток, разность углов v настолько велика, что наблюдать невозможно. Наибольший угол $v = 68^\circ 42'$. В пределах действительных наблюдений имеем

$$\pm 0,001 = \pm 0,195 \, dv \text{ и } \pm 0,001 = \pm 8,76 \, dv,$$

и допустимая погрешность получается

$$dv = \pm 0,00513 \text{ и } dv = \pm 0,000114$$

или в минутах

$$dv = \pm 18' \text{ и } dv = \pm 0',4.$$

Оказывается, что при больших значениях горизонтального напряжения, как например $9,649 \, \Gamma$, точность делений горизонтального круга на минуты не гарантирует точности напряжения до $0,001 \, H$, а для этого требуется увеличить точность отсчета до $\pm 0',4$. Напротив, для малых значений H допустимая погрешность доходит до $\pm 18'$. Возможная максимальная ошибка для $H = 9,649 \, \Gamma$ составляет $\pm 0,0025 \, H$ или $\pm 0,024 \, \Gamma$.

Резюмируя сказанное о точности определения горизонтального напряжения, можно заключить, что точность $\pm 0,001 \, H$ можно считать обеспеченною, за исключением случаев H свыше $5 \, \Gamma$, для которых неточность может дойти до $\pm 0,002 \, H$. Из 4121 станции 5 имеют H более $9 \, \Gamma$, 7—от 8 до $9 \, \Gamma$, 5—от 7 до $8 \, \Gamma$, 7—от 6 до $7 \, \Gamma$ и 27—от 5 до $6 \, \Gamma$, или 51 станция могут иметь неточность до $\pm 0,002$.

В «Отчете о деятельности Главной Физической Обсерватории и подведомственных ей учреждений за 1917 год» стр. 49 читаем: «Стремясь получить величину горизонтальной силы с точностью до $0,00002 \, \text{mg. mm. sec.}$, мы имели отклонения от ожидаемой величины, доходившие до $0,0003 \, \text{mg}^{\frac{1}{2}} \, \text{mm}^{\frac{1}{2}} \, \text{sec}^{-1}$ при чем такое отклонение продолжало держаться неделями, пропадая затем на несколько недель». Если в образцовой магнитной обсерватории в Павловске, где инструменты лежат нетронутыми на своих прочных местах, загадочные отклонения доходят до $0,0002 \, \Gamma$, при том они то держатся неделями, то пропадают на несколько недель, тогда выведенная здесь точность походного теодолита $\pm 0,001 \, H$ можно считать вполне удовлетворительною.

Точность магнитного склонения складывается из двух погрешностей; одной—зависящей от определения магнитного меридиана и другой—от астрономического меридиана. Первая сводится к точности отсчета по горизонтальному кругу, но эти отсчеты производятся с точностью до $\pm 1'$, и такая величина и будет предельная погрешность магнитного меридиана. Астрономический меридиан получается по отсчетам по тому же горизонтальному

кругу с той же точностью $\pm 1'$, но здесь точность зависит еще от определения азимута.

Наблюдения азимута производились по солнцу с утра до вечера, с восхода до захода солнца, во все часы дня. В исключительных случаях азимут определялся по луне или по α Urs. min. Азимут вычисляется по одной из формул, выведенных из параллактического сферического треугольника и магнитологи пользовались, по удобству наблюдений и вычислений, разными приемами и формулами. В моем теодолите нет вертикального круга, и я не мог измерять ни высоты, ни зенитного расстояния, и поэтому азимут солнца, луны или α Urs. min. должен был вычислять по формуле:

$$-\cot \alpha \sin t = \sin \varphi \cos t - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta (8),$$

где α — искомый азимут солнца, t — часовый угол, φ — географическая широта и δ склонение солнца. Неудобство применения этой формулы в том, что надо вычислять не только тригонометрическими логарифмами, но и логарифмами суммы и разности двух чисел или произвести вычисления помощью вспомогательных углов. Требовалось вычислить более четырех тысяч азимутов, и понятно, вопрос о выборе формулы для вычислений надо было решить, чтобы, с одной стороны, не было лишней утомительной вычислительной работы, а с другой стороны — результаты вычислений можно было легко проверить. После опыта вычислений по разным формулам я все-таки остановился на вышеприведенной формуле, без вспомогательного угла, но составил подробные таблицы, чтобы не вычислять каждый азимут в отдельности. Таблицы были составлены для часовых углов от 0° до 90° для каждого полного градуса и для склонения солнца от $15^\circ 0'$ до $24^\circ 0'$ за каждые $20'$.

Для каждой широты вычислялись 2520 азимутов с точностью до $\pm 5''$. Таблицы были составлены для широт

$50^\circ 0'$ $50^\circ 10'$; $50^\circ 40'$; $51^\circ 10'$; $51^\circ 20'$; $51^\circ 50'$; $52^\circ 20'$; $52^\circ 30'$;

всего 8 таблиц, каждая по 2520 азимутов. В общем были вычислены по полной вышеприведенной формуле 20160 азимутов. Вычислительной работы было несравненно больше, чем при прямом вычислении более 4000 азимутов, но зато таблицы допускали хорошую проверку разностями по Δt , $\Delta \delta$ и $\Delta \varphi$. Все наблюдения при склонении солнца менее 15° и при часовых углах более 90° были вычислены непосредственно, но вычисления производились два раза.

Дифференцируя вышеприведенную формулу (8), получаем:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} = \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \left[\cos \varphi \cos t + \sin \varphi \operatorname{tg} \delta \right] (9)$$



$$\frac{\partial \alpha}{\partial \zeta} = \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos^2 \delta} \dots \dots \dots (10)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \cdot \frac{\sin \varphi - \cos \varphi \cos t \operatorname{tg} \delta}{\sin t} \dots \dots \dots (11)$$

Мои исследования производились в пределах широт $\varphi_1 = 52^\circ 33'$ и $\varphi_2 = 50^\circ 12'$; в среднем в широте $\varphi_3 = 51^\circ 22'$, и для этой средней широты имеем:

$$\sin \varphi_3 = 0,78115 \quad \cos \varphi_3 = 0,62434$$

Для крайних широт имели бы:

$$\begin{aligned} \text{Максимум: } \sin \varphi_1 &= 0,79388 & \cos \varphi_2 &= 0,64011 \\ \text{Минимум: } \sin \varphi_2 &= 0,76828 & \cos \varphi_1 &= 0,60807; \end{aligned}$$

средний $\sin \varphi_3$ отклоняется от крайних не более $1,6\%$, и средний $\cos \varphi_3$ не более $2,6\%$.

Съемка производилась в пределах склонения солнца $\delta_1 = 3^\circ$ и $\delta_2 = 23^\circ 27'$; пределы $\operatorname{tg} \delta$ и $\cos^2 \delta$ следующие:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta &\text{ от } 0,052 \text{ до } 0,434 \\ \cos^2 \delta &\text{ » } 0,997 \text{ » } 0,840. \end{aligned}$$

Наблюдения производились от восхода до захода солнца, и часовой угол t и азимут α имели всевозможные величины, и синусы и косинусы этих величин имеют пределы 0 и 1. Таким образом вместо равенств 9, 10 и 11 для указанных пределов получаем следующие неравенства:

$$0,041 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \leq \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \leq 0,963 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \dots \dots \dots (9^*)$$

$$0,628 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \leq \frac{\partial \alpha}{\partial \delta} \leq 0,743 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin t} \dots \dots \dots (10^*)$$

$$0,510 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 t} \leq \frac{\partial \alpha}{\partial t} \leq 0,781 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 t} \dots \dots \dots (11^*)$$

Степень точности $\partial \alpha$ зависит от отношения $\frac{\sin^2 \alpha}{\sin t}$; если мы вычисляем это отношение для разных α и t , то получаем:

$$0 \leq \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \leq 4,37 \dots \dots \dots (9^{**})$$

$$0 \leq \frac{\partial \alpha}{\partial \delta} \leq 3,37 \dots \dots \dots (10^{**})$$

$$0 \leq \frac{\partial \alpha}{\partial t} \leq 3,54 \dots \dots \dots (11^{**})$$

Вышеприведенные формулы и неравенства ограничиваются только известными величинами φ , δ и t ; если же ввести зенитное расстояние ζ , параллактический угол p и высоту h , тогда вышеприведенные формулы можно преобразовать в следующие:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} = \sin \alpha \operatorname{tg} h \quad (12)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \delta} = \frac{\sin p}{\cos h} \quad (13)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = \frac{\cos p \cdot \sin \alpha}{\sin t} = \frac{\cos \delta \cdot \cos p}{\cos h} \quad (14).$$

В пределах наблюдений получаем:

$$\begin{aligned} \delta &= 3^0 & \delta &= 23^{\circ}27' \\ 0,889 \sin \alpha &\geq \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \geq 0 & 1,887 \sin \alpha &\geq \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \geq 0 \quad (12^*) \end{aligned}$$

$$0,836 \geq \frac{\partial \alpha}{\partial t} \geq 0 \quad 1,22 \geq \frac{\partial \alpha}{\partial t} \geq 0 \quad (14^*)$$

$$0,769 \geq \frac{\partial \alpha}{\partial t} \geq 0 \quad (13^*)$$

В неравенстве (12*) максимум $1,887 \sin \alpha$ не превышает 1,1 потому, что $1,887 = \operatorname{tg} h$ получается для максимума h , значит, вблизи меридиана, где величина α мала.

Требования точности по последним неравенствам гораздо ниже, чем 9**, 10** и 11**. Изменение азимута $\partial \alpha$ в зависимости от изменения $\partial \varphi$ широты по 9** может доходить до $\partial \alpha = 4,37 \partial \varphi$, а по неравенству 12* только до $\partial \alpha = 1,1 \partial \varphi$. Широта по карте определена с точностью до $\pm 0',1$; следовательно, погрешность $\partial \alpha$ от погрешности $\partial \varphi$ не может быть больше $\pm 0',1$.

Вопрос о допустимой погрешности более сложный, чем кажется. Brunnow в своем „Lehrbuch der sphärischen Astronomie“. Berlin, 1862, стр. 14, дал следующее дифференциальное уравнение для любого сферического треугольника со сторонами a, b, c и углами A, B, C :

$$\partial A = -\cos c \partial B - \cos b \partial C + \sin b \sin C \partial a.$$

В треугольнике солнце—полюс—зенит имеем $a = 90^{\circ} - \delta$; $b = 90 - \varphi$; $c = \zeta$; $A = \alpha$, $B = p$, $C = t$; вставляя эти значения в предыдущую формулу, получаем

$$-\partial \alpha = \cos \zeta \partial p + \sin \varphi \partial t - \cos \varphi \sin t \partial \delta \quad (15).$$

В средней широте $\varphi_s = 51^{\circ}22'$, зенитное расстояние ζ не может быть менее $27^{\circ}55'$ и поэтому максимум $\cos \zeta = 0,884$. Мы получаем

$$0,884 \geq \frac{\partial \alpha}{\partial p} \geq 0$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = 0,781$$

$$0,624 \geq \frac{\partial \alpha}{\partial \delta} \geq 0.$$

Это было бы совершенно неправильно. По формуле (15) выходит, что неточность азимута $\partial \alpha$ при абсолютно верных величинах p и δ , т. е. $\partial p = 0$ и $\partial \delta = 0$, зависит от погрешности часового угла dt пропорционально $\sin \varphi$. На самом деле получается:

$\varphi = 50^{\circ}0'$			$52^{\circ}30'$	
t	$\delta = 15^{\circ}$	$\delta = 23^{\circ}$	$\delta = 15^{\circ}$	$\delta = 23^{\circ}$
1,5°	$\partial\alpha = 1,68dt$	$\partial\alpha = 2,02dt$	$\partial\alpha = 1,50dt$	$\partial\alpha = 1,87dt$
87,5	$\partial\alpha = 0,75dt$	$\partial\alpha = 0,72dt$	$\partial\alpha = 0,77dt$	$\partial\alpha = 0,75dt$

Резюмируя вышеизложенное, могу сказать, что пределы погрешности получаются следующие:

от	$\partial \alpha = 0,7 dt$	до	$\partial \alpha = 2,0 dt$
»	$\partial \alpha = 0,0 \partial \delta$	»	$\partial \alpha = 1,0 \partial \delta$
»	$\partial \alpha = 0,0 \partial \varphi$	»	$\partial \alpha = 1,1 \partial \varphi$

Склонение солнца взято мною из Berliner Astronomisches Jahrbuch, за берлинский полдень, и пользовался этой величиной за весь день, не обращая внимания на изменение склонения солнца в течение дня. Наибольшее изменение бывает в дни равноденствия, до 1' в час, а наименьшее до 0 в день солнцестояния. Склонение солнца весною и осенью в утренние и вечерние часы может быть ошибочно до $\pm 5'$ и так как $\partial \alpha$ доходит до $1,0 \partial \delta$, ошибка азимута может быть $\pm 5'$.

Неточность азимута $\partial \alpha$ от погрешности часового угла dt имеет четыре причины: во-первых, неправильная поправка хронометра, во-вторых, ошибка долготы, в-третьих, погрешность отсчета по кругу и, в-четвертых, погрешность отсчета по хронометру или неправильная, несвоевременная установка трубы на восточный или западный край солнца. Часовой угол t имеет наибольшее влияние на азимут вблизи меридиана и там во время максимума склонения солнца $dt = \pm 0',5$ или две секунды времени изменяют азимут на 1'.

Поправки хронометров определялись в Москве, приблизительно раз в две недели, с точностью до $\pm 0,1^s$. Если суточный ход на месте наблюдений оказался неверным в среднем на $\pm 0,5^s$, то поправка хронометра могла иметь погрешность $\pm 3^s$ и то в начале или в конце поездки, так как суточный ход, вероятно, имел наименьшую ошибку в середине двухнедельного срока. В 1897 и 1898 г.г. наблюдения производились по принадлежащему Русскому Географическому Обществу хронометру Wirén № 51; его суточный ход в 1897 г. с августа до октября имел довольно значительные колебания, но в 1898 г., после чистки, оказался

правильным. Начиная с 1899 г., для наблюдений служил хронометр Ericsson № 393 Курского Губернского Земства; его суточный ход был вполне удовлетворительный. Точность поправок хронометров в 1897 г. можно принять равною $\pm 6^{\text{сек}}$ или $dt = \pm 1',5$, и в следующие годы $\pm 4^{\text{сек}}$ или $dt = \pm 1',0$.

Долготы по картам Генерального Штаба, если они действительно точны, можно определить с точностью до $\pm 0',1$ или $\pm 0,4^{\text{сек}}$. Неточность отсчета по кругу зависит от делений круга и не превышает $\pm 1'$. Труднее всего оценить погрешность установки трубы на солнце или погрешность отсчета по хронометру, но эта неточность едва ли превышает $\pm 2'$. Если все погрешности имеют одновременно максимальную величину и один и тот же знак, тогда в сумме dt получается $\pm 5'$ и влияние на азимут выразится максимальной величиною $\pm 10'$.

Суммируя максимальные погрешности

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} = \pm 0',1; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial \delta} = \pm 5'; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial t} = \pm 10',$$

получаем $\pm 15',1$ или $1/4^\circ$, если знаки все одинаковы. Но знаки могут быть и противоположные и сами величины не максимальные. Низший предел $0'$, а средняя погрешность склонения будет $\pm 8'$ или $\pm 0,13^\circ$.

Наклонение в 1897 году определилось маленьким стрелочным инклинометром Вгауер'а в Петрограде, с делениями вертикального круга до $10'$. Хотя наклонение вычисляется из восьми положений стрелки с отсчетами у двух концов и отсчеты повторяются и среднее наклонение выводится из множества отсчетов, тем не менее, точность наклонения в 1897 году можно считать только $\pm 3'$. В 1898 году я мог производить наблюдения по английскому инклинометру Dover'a № 52, принадлежащему Русскому Географическому Обществу, и, начиная с 1899 г., по английскому инклинометру Dover'a № 116 Курского Губернского Земства. Погрешность каждого отдельного отсчета по инклинометру Dover'a не может превышать $\pm 1'$, так как вертикальный круг делен на минуты, но, несмотря на множество отсчетов (в каждой полной серии 64 отсчета), точность наклонения не превышает $\pm 0',5$, потому что трение играет важную роль.

Резюмируя погрешность всех наблюдений, можно сказать, что для большинства случаев:

- для склонения степень точности $\pm 8'$,
- » наклонения » » $\pm 0',5$
- » горизонт. напряжения степ. точности . $\pm 0,001$ Г.
- » наклонения в 1897 г. $\pm 3'$.

Такова точность моих походных инструментов, для которых в поле имеют вредное влияние ветер, пыль, тряска при перевозке приборов и недостаточная устойчивость легкой походной треноги.

Наблюдения в постоянной обсерватории с большими инструментами должны отличаться большою степенью точности, так как они обставлены всевозможными удобствами и ведутся при помощи инструментов, несдвигаемых с места. Тем не менее, сравнения теодолитов больших обсерваторий дали разности склонения:

Pola 2',4; Kew 2',8; Wilhelmshafen 2',4;

разности наклона:

Potsdam 2',6; Utrecht 3',8; Rotterdam 5',6;

разности горизонтального напряжения:

Parc St. Maur 0,0092 Г; Utrecht 0,0094 Г.

В виду таких разностей нормальных магнитных инструментов точность моих походных инструментов для полевых работ, а тем более в области больших аномалий, можно признать более чем достаточною.

III.

Приведение наблюдений к истинным суточным и годовым средним и к средней эпохе 1903,5.

Каждое абсолютное измерение земного магнетизма требует более или менее продолжительного времени, в течение которого измеряемый элемент изменяется и эти изменения должны быть известны по непосредственным вариационным наблюдениям или по записям магнитографа. Известный порядок в способе наблюдений отчасти устраняет влияние правильного изменения измеряемого элемента во время самого измерения и, если требуемая точность полевых наблюдений не особенно велика, тогда можно и отказаться от поправок на изменение элемента во время его определения. В случае неправильных изменений вычисление таких поправок, по магнитографу в другом месте, мало или совсем не улучшает результата. Для полевых работ отдаленные от места абсолютных измерений магнитографы бесполезны, если речь идет о вычислении поправок во время самых наблюдений, например, поправок вследствие перемещения магнитного меридиана во время измерений наклона, склонения, отклонения или качания магнита.

Совершенно другое дело—приведение результатов абсолютных измерений к истинным суточным и годовым средним к определенной эпохе. Каждое наблюдение имеет несколько моментов; средний результат отдельных моментов, даже отдельных о тсчетов относится к некоторому среднему моменту. Повторить наблюдение или отдельный отчет при тех же условиях невозможно, потому что тех же условий уже нет и геомагнетизм непрерывно изменяется то правильно,

то неправильно. Правильный суточный ход каждого элемента, а также и правильный годовой ход обуславливает некоторую разность между средними результатами отдельных отсчетов каждой серии наблюдений и истинными суточными и годовыми средними. Последние для места наблюдения неизвестны. Для сравнимости отдельных наблюдений в разных местах в разное время все результаты абсолютных измерений должны быть приведены к истинным суточным и годовым средним и к одной и той же эпохе, для чего по магнитографу ближайшей магнитной обсерватории должна быть определена действительная величина элемента в момент наблюдений в поле и отношение этой величины к величине этого же элемента в момент избранной эпохи.

Наблюдения производились мною с 1896 года до 1909 года включительно, и среднюю эпоху выбрано мною 1903,5 г. Для приведения к этой эпохе необходимо определить по записям магнитографа, который непрерывно действовал в течение тех же 14 лет, а это только павловский, величину каждого из трех наблюдаемых элементов, склонения, наклонения и горизонтального напряжения, в средний момент отсчетов и определить разность между этими величинами и истинными суточными средними, выведенными за 24 часа из записей магнитографа или непосредственных ежечасных наблюдений. Этим исключается суточный ход и для этого Th. Mougeaux установил свой магнитограф в Курске.

Затем необходимо определить, насколько суточные средние величины отклоняются от средних за весь год, чтобы привести результат наблюдений к годовым средним данного года и исключить годовой ход и вместе с тем и часть векового. Для этого Mougeaux требовал, чтобы его магнитограф действовал в Курске не только во время шестинедельного периода наблюдений, а целый год.

Наконец, необходимо определить разницу между годовыми средними и средними того года, который выбран средней эпохой. Таким образом, по наблюдениям ближайшей обсерватории, определяются следующие три поправки:

- 1) Поправка для приведения результатов наблюдений к истинным суточным средним;
- 2) поправка для приведения к годовым средним;
- 3) поправка для приведения к эпохе 1903,5 г.

Обработка наблюдений за 14 лет производилась мною отчасти постепенно и эпоху 1903,5 г. мог выбрать только в конце периода полевых работ, вследствие чего третья поправка определена отдельно. Первая поправка вычислялась по наблюдениям в Павловске для тех месяцев, для которых не было записи магнитографа в Москве, установленного мною в подвале физико-географического института в начале 1902 года. В виду неудовлетворительных условий магнитных наблюдений в большом городе, притом в помещении, где находятся железные трубы отопления,

по записям московского магнитографа вычислялись лишь предварительные поправки, а по павловским впоследствии—окончательные.

Приведение к истинным суточным и годовым средним и к эпохе 1903,5 г. должно вызвать разные принципиальные вопросы, а именно: во-первых, насколько допустимо вычисление поправок для Курской аномальной области по наблюдениям обсерватории в Павловске, находящейся на расстоянии более тысячи верст от области аномалии; во-вторых, какая точность требуется от таких поправок и, в-третьих, допустимо ли применить поправки, вычисленные по наблюдениям в нормальной местности, в аномальных областях.

Первый вопрос решается исследованиями Th. Mougeaux в его работе «Determinations magnétiques faites dans le gouvernement de Koursk (Russie) en 1896», в которой имеется диаграмма суточного хода склонения и горизонтального напряжения для Курска, Павловска и Parc-Saint-Maur, вблизи Парижа. Оказывается, что кривые склонения для всех трех мест почти совпадают и разница между ними не превышает одной минуты склонения и 0,00008 CGS горизонтального напряжения. Эти разности далеко не превышают предела точности полевых наблюдений, и, поэтому, безразлично, вычисляются ли поправки для суточного хода по Курскому, по Павловскому или по Парижскому магнитографу.

Второй вопрос, о точности поправок, отчасти решается работою Th. Mougeaux «Магнитные наблюдения, произведенные в Курской губернии» (Записки Русского Географического Общества 1898 г.). В таблицах I и II даны величины по наблюдениям на станциях и приведенные по курскому магнитографу; разность между ними и есть поправка для исключения не только суточного, но и годового хода.

Из 128 поправок склонения оказались:

5 раз $\pm 6'$	13 раз $\pm 6'$
14 » $\pm 1'$	4 » $\pm 7'$
23 » $\pm 2'$	1 » $\pm 8'$
15 » $\pm 3'$	1 » $\pm 9'$
28 » $\pm 4'$	1 » $\pm 10'$
23 » $\pm 5'$	

Из 136 поправок горизонтального напряжения были:

56 раз $\pm 0,0000$ Г.
48 » $\pm 0,0001$ »
22 » $\pm 0,0002$ »
10 » $\pm 0,0003$ »

Из 264 случаев только 2 случая имеют поправки ($\pm 9''$ и $\pm 10''$), которые превышают предел точности моих наблюдений.

Наблюдения наклонения Th. Moureaux не приводил к истинным средним, потому что, по его мнению, «*La variation diurne de l'inclinaison étant faible et la variation séculaire négligeable...*», а кроме того, у Moureaux в Курске не было вариационного прибора для вертикального напряжения.

Самый важный вопрос последний, т.-е. вопрос о суточных вариациях в области аномалий. В начале моих исследований в 1896 г. этот вопрос никем не был затронут. Теоретические соображения привели меня к заключению, что в местах, находящихся на южной стороне от подземных магнитных масс, направляющая сила земного магнетизма должна увеличиваться и, наоборот, на северной стороне — уменьшаться. Такая разница в направляющей силе должна действовать на суточный ход магнитных элементов, как компенсирующие магниты, увеличивая или уменьшая колебания магнита магнитометра и гальванометра, смотря по положению их северного и южного полюсов. В таком случае вопрос о приведении наблюдаемых элементов земного магнетизма к истинным средним в аномальных районах по записям магнитографов нормальных обсерваторий теряет всякий смысл. Для решения этого вопроса надо было устроить вариационные наблюдения в местах сильных положительных и сильных отрицательных аномалий. Th. Moureaux этой цели не имел в виду и установил свой унифиляр и бифляр в Курске исключительно для приведения своих наблюдений к истинным средним. Он констатирует, что вариации в Курске, Павловске и в Parc-St.-Maur одинаковы, независимо от спокойного состояния земного магнетизма или возмущенного. У Moureaux на стр. XIII работы «Магнитные наблюдения, произведенные в Курской губ. 1896 г.», читаем: «*Il ne semble pas que l'anomalie constatée, à Koursk même, ait une influence marquée sur la variation diurne des éléments en ce point. L'amplitude de la variation de D et de H est sensiblement la même à Koursk et au Parc-St.-Maur, dont les latitudes sont peu différentes, et ce résultat est constant pour le mois de juin 1896, soit que l'on tienne compte de toutes les observations horaires, troublées ou non, soit que l'on raisonne sur les données recueillies pendant cinq jours choisis comme particulièrement calmes*».

Летом 1897 г. мне удалось устроить магнитную вариационную неделю с ежечасными отсчетами унифиляра днем и ночью. Не имея в своем распоряжении денежных средств, магнитный вариационный павильон 1-я устроил самым примитивным образом, абсолютно без железа, из дерева, соломы и веревок. В соломенной крыше, над трубой со шкалою, было стеклянное окно для освещения шкалы днем, а ночью шкала освещалась керосиновой лампою. В павильоне на деревянном столбе был установлен одинитный магнитометр с подвижным и постоянным зеркалами. Каждое деление шкалы равнялось $2',0$. Наблюдения производили, кроме меня, добровольные наблюдатели, воспитатель Курской учительской семинарии П. Г. Попов, его бывшие ученики, со-

седние сельские учителя, и студенты Харьковского университета. Павильон был устроен сперва на полях села Красного, где географические координаты и абсолютные измерения дали для эпохи 1903,5 следующие величины:

$$\begin{aligned}\varphi &= 51^{\circ}1',3 \\ \lambda &= 6^{\circ}28',6 \text{ E от Пулкова,} \\ D &= -20^{\circ}32' \\ J &= 59^{\circ}36' \\ H &= 2,870 \text{ Г}^1).\end{aligned}$$

Наблюдения здесь производились с 9^h р. м. 15 августа до 5^h а. м. 19 августа 1897 г., а затем магнитный павильон был переведен на поля села Зеленого, где географические координаты и магнитные элементы были следующие:

$$\begin{aligned}\varphi &= 51^{\circ}2',0 \\ \lambda &= 6^{\circ}29',1 \text{ E от Пулкова,} \\ D &= +14^{\circ}4'. \\ J &= 82^{\circ}55', \\ H &= 0,676 \text{ Г}^1).\end{aligned}$$

Наблюдения здесь начались 6^h а. м. 20 августа и продолжались до 8^h а. м. 22 августа 1897 г.

На первой станции, где местная направляющая сила велика, а амплитуда вариации склонения по ежечасным наблюдениям днем и ночью за все время наблюдений (трое суток) 8',4, а в то же время в Павловске 20',6. Наоборот, на второй станции, где минимальная направляющая сила ($H=0,676$ Г.) вариации склонения дали амплитуду 43',2, а в Павловске в те же дни и часы только 13'2. Такая оказалась разница в суточном ходе на расстояние только 1,4 километра. Замечательно еще то, что амплитуды ночных часов сильнее отклоняются от павловских, чем дневных.

Отношение амплитуд получается:

$$\begin{aligned}\text{при } H=2,870: \text{ с. Красное: Павловск} &= q=0,408, \\ > H=0,676 \text{ с. Зеленое: Павловск} &= q=3,27.\end{aligned}$$

При большой направляющей силе амплитуды склонения малы (размахи задерживаются северными магнитными массами), при слабой силе велики (размахи, как неустойчивого магнита, южною магнитною массою увеличиваются). Насколько магнит неустойчив при слабой направляющей силе, видно было в Зеленом. Уже со

¹⁾ В журнале заседания постоянной Комиссии по земному магнетизму 9 января 1898 г. («Известия Имп. Русск. Географ. Об-ва», т. XXXIV, 1898, вып. II, стр. 226), в книге П. Т. Нассальского «Об изучении магнетизма на земной поверхности», Одесса, 1910, стр. 110 и в моих лекциях, изданных Кулаковым и Потапенко 1915, ст. 307, даны предварительные неприведенные к эпохе 1903,5 г. элементы, при чем H дано в системе CGS.

второго отсчета пришлось ввести особый порядок отсчетов, потому что микромагнитные колебания так сильно обнаружались, что совершенно спокойного состояния магнита не было. В каждый раз производили не менее трех отсчетов, первый за 1 минуту до полного часа, второй—в полный час и третий—одну минуту после полного часа. Эти три отсчета расходились до 0',6.

Мои наблюдения и выводы о суточных вариациях в области аномалии вполне подтвердились Пассальским, спустя три года. П. Т. Пассальский 5 и 6 сентября 1900 г. повторил эти опыты в Криворожской аномалии, но, к сожалению, только от 7^h 45 *а. м.* до 5^h 35^m *р. м.*, т.-е. всего 10-дневных часов в каждом пункте, а в ночные часы совсем не наблюдали. Кроме вариаций склонения Пассальский наблюдал также вариации горизонтального напряжения. Результаты следующие ¹⁾.

Амплитуды α склонения:

$$\begin{array}{lll} H=4,6396; \alpha=5',0; & \text{Одесса } \alpha_1=8',3; & \text{отношение } q=0,602, \\ H=0,4253; \alpha=29',0; & \text{» } \alpha_1=7',6; & \text{» } q=3,81. \end{array}$$

Амплитуды β горизонтального напряжения:

$$\begin{array}{lll} H=4,6396; \beta=0,0179; & \text{Одесса } \beta_1=0,0038; & \text{отношение } r=4,71, \\ H=0,4253; \beta=0,0021; & \text{» } \beta_1=0,0035; & \text{» } r=0,599. \end{array}$$

Суточные кривые склонения в аномальных областях, как в Курской, так и в Криворожской, имеют одинаковую форму с кривыми в Павловске и Одессе, и крайние кривых наступают приблизительно в одно и то же время. Этого нельзя сказать относительно суточного хода горизонтального напряжения по наблюдениям Пассальского; этот вопрос требует новых исследований. Во всяком случае ясно, что поправка для приведения наблюдений в аномальных областях к истинным суточным средним по записям магнитографа нормальной обсерватории, могут быть очень не точны.

Поправки по магнитографу бывают для склонения в пределах $+\frac{\alpha}{2}$ и $-\frac{\alpha}{2}$ и для горизонтального напряжения между $+\frac{\beta}{2}$ и $-\frac{\beta}{2}$, но на самом деле пределы бывают $+q\frac{\alpha}{2}$ и $-q\frac{\alpha}{2}$, а так же $+r\frac{\beta}{2}$ и $-r\frac{\beta}{2}$ и каждая поправка должна быть умножена или на q или на r , а эти величины q и r для отдельных станций нам неизвестны. Для абсолютного склонения в с. Зеленом в 8^h *а. м.* поправка по павловскому магнитографу $+6',6$, между тем как

¹⁾ П. Т. Пассальский. Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности. Стр. 111—114.

действительная поправка $3,27 \times 6,6 = +21',6$ и приведенное к истинным суточным средним склонение ошибочно на $15'$. То же самое следует сказать о других элементах; горизонтальное напряжение по одесским записям магнитографа может иметь поправку $0,0019 \text{ Г.}$, вместо $0,0090 \text{ Г.}$

Здесь довольно неожиданно обнаруживается, что точность наших полевых абсолютных измерений несравненно выше, чем точность исключения суточных вариаций.

Несмотря на недостатки приведения к истинным суточным средним, я все-таки не мог отказаться от применения означенных поправок в надежде, что исправленные величины в большинстве случаев ближе к истинным, чем не исправленные.

IV.

ИЗОГОНЫ.

На карте изогон выделяются две области особенно сильных аномалий склонения, из которых, одна, северная, имеет направление от северо-запада на юго-восток и другая, южная, идет в общем по тому же направлению параллельно северной. Северная область начинается в Дмитровском уезде Орловской губернии, проходит через Фатежский, Курский, Шигровский, Тимский и Старо-Оскольский уезды Курской губернии и распространяется до Нижне-девицкого уезда Воронежской губ. Южная область аномалии склонения распространяется, главным образом, в Обоянском, Белгородском, Корочанском и Ново-Оскольском уездах Курской губ. и доходит до югозападной части Воронежской губернии и северо-восточной части Харьковской губернии, с общим направлением, как и первая, от северо-запада на юго-восток. Обе аномальные области, вероятно, распространяются и дальше, с одной стороны на северо-запад и с другой—на юго-восток, на что указывают довольно большие значения западного и восточного склонения, в особенности в юго-восточных концах.

Длина северной области, насколько она мною исследована, приблизительно 250 километров, при чем ширина этой области местами доходит до 40 километров. Южная область изучена мною также на протяжении 250 километров; она в северо-западной части также, как и северная, уже и слабее, чем в центральной и юго-восточной частях, где ширина местами доходит до 50 километров. Обе аномальные области, вместе имеют длину около 500 километров; между ними распространяется свободная от больших аномалий область шириною около 60 километров, при чем ширина в северо-западной части больше, чем в юго-восточной.

Карты изогон по магнитным съемкам составляются большей частью через каждые $1'$ (Франция, Германия и подробная карта

Японии) или через каждые 30' (Великобритания и общие карты Японии), или, наконец, через каждый градус (Австро-Венгрия, Соединенные Штаты Северной Америки и общие карты Великобритании). Масштаб упомянутых изогонических карт для Германии 65 верст в дюйме, для Франции, Англии и Японии — от 105 до 120 верст в дюйме, для Австро-Венгрии — 150 верст и для Соединенных Штатов — 170 верст. Крупный масштаб карт Германии, 65 верст в дюйме, позволяет построить изогоны через каждые 10' склонения, а так как масштаб моих карт еще крупнее, 3 версты в дюйме, т.-е. в 22 раза, то соответственно масштабу можно составить изогоны через каждые 0'.5. Вследствие весьма больших градиентов склонения в Курской аномалии это абсолютно невозможно, и для курских изогон даже один градус слишком малая единица. Пришлось составить изогоны через каждые 5°, чтобы не затемнять слишком карты. Отношение интервалов между значениями склонения на германских картах и моих показывает, что градиенты курской аномалии до 600 раз больше нормальных. Несмотря на крупную единицу изогон, 5°, во многих местах кривые сливаются. П. Т. Пасальский на своих картах аномалии в Криворожском районе тоже встретил затруднения, когда построил изогоны в местах с сильными градиентами; он изменил тогда интервалы и составил в таких местах изогоны то через 5°, то через 10° и даже 20°. Я считал более правильным интервала 5° не изменять, хотя от этого изогоны местами сливались, в особенности в тех местах, где склонение или его градиенты велики.

Многие авторы считают склонение уже аномальным, если отклонения склонения от величин в соседних местностях достигают примерно до минут пятнадцати, как, например, аномалия Парижского бассейна. В Курской губернии такой масштаб аномалии неприменим, потому что там наблюдаются все склонения от 0° до 360°, между тем как нормальным склонением можно считать приблизительно — 1°. Если в курской аномалии западное или восточное склонение превышает уже 10°, тогда аномалия уже в 40 раз сильнее, чем в Парижском бассейне.

В северной области аномалии западное склонение более 10° наблюдается на площади в 950 квадратных километров, а восточное склонение более 10° на площади 703 квадратных километров. Таким образом в северной аномалии склонение более $\pm 10^\circ$ встречается на протяжении 1653 квадратных километров, при чем площадь больших западных склонений на 35% больше, чем область больших восточных.

В южной области площадь с склонением больше 10° гораздо шире, чем в северной, а именно 1207 квадратных километров с западным склонением более 10° и 2782 квадратных километра с восточным более 10°. Здесь сильно преобладает восточное склонение. В восточной части южной области имеется непрерывная площадь в 1642 квадратных километра, где восточное склоне-

ние более 10° . Попасть при магнитной съемке в эту часть много шансов, и здесь именно приват-доцент Казанского университета И. Н. Смирнов в 1874 году попал на аномалию в Белгороде и Крюкове, здесь проф. Н. Д. Пильчиков, здесь же Д. Д. Сергиевский в 1889 г. попал в Непхаево и А. Е. Родд в 1891—1893 в Кочетовку. Все эти места полностью или частью находятся в названной области; сначала думали, что аномалия имеет только восточное склонение, что и оправдалось таблицей А. А. Тилло на стр. 210 в «Известиях Русского Географического Общества», Т. XXVII, 1891, вып. III. Но уже наблюдения Mougeaux показывали, что из 131 пунктов 32 имеют западное склонение более 10° и 29 восточное более 10° , всего 61, следовательно число пунктов с восточным и западным склонением почти одинаково.

В северной и южной областях оказалось 2158 квадратных километров с западным склонением более $+10^\circ$ и 3485 квадратных километров с восточным склонением более -10° всего 5643 квадратных километра из 30460, мною исследованных, или $18,5\%$. По числу точек наблюдений Th. Mougeaux со склонением более $\pm 10^\circ$ всего 61 из 131, или 47% , можно было ожидать еще большую область с большими склонениями, чем найденные $18,5\%$. Что этого нет, объясняется тем, что Mougeaux в некоторых сильно аномальных местах производил несколько серий наблюдений, например, в Непхаево 15 и Кочетовке 15, которые почти все с сильными отклонениями от нормальных величин, а с другой стороны, его цель отчасти была наблюдать именно в местах с сильными отклонениями и проверять результаты русских наблюдателей.

В северной области 1654 квадратных километра с склонением более $\pm 10^\circ$, а в южной 3989 квадратных километров; отношение получается 29:71. Вероятность открыть аномалию в южной области 2,45 раз больше, чем в северной. В таблицах Mougeaux из 61 мест со склонением более $\pm 10^\circ$ в северной области 15 и в южной 46; отношение 25:75.

Из карт изогон видно, что обе области аномалий представляют собою непрерывный ряд гнездообразных участков в вытянутой по общему направлению области формы, при чем везде попарно замечаются участки с большим западным склонением и участки с большим восточным.

Между участками проходит агоническая линия; к востоку или северо-востоку от нулевой линии находится участок с западным склонением, а к западу или юго-западу — участок с восточным склонением. Это — общий закон. Внутри обширных участков местами наблюдается, что на небольшом пространстве восточное склонение велико и нет соответствующего западного; в таком случае есть участок, где восточное склонение, хотя не доходит до нуля и не переходит в западное, все-таки уменьшается. От агонической линии, проходящей между попарно расположенными участками положительных и отрицательных изогон, скло-

ние сильно увеличивается, на некотором расстоянии достигает своего максимума, а дальше опять уменьшается, но уже медленнее. Это — тоже общий закон, и его можно выразить следующим образом. От максимума склонения, западного или восточного, градиенты склонения по направлению к агонической линии, проходящей между участками положительного и отрицательного склонения, велики, а по противоположному направлению сравнительно малы.

Вся курская магнитная аномалия состоит из двух главных подземных магнитных горных хребтов, северного и южного, имеющих общее направление от северо-запада на юго-восток. Как все горные цепи, высота гребня не везде одинакова, стчего получается то большая, то меньшая глубина подземных центров магнитного действия и соответственно этому более или менее сильная аномалия в виде гнездообразных изогон. Гребень магнитного хребта направления магнетизма не изменяет и над ним нормальное склонение, приблизительно — 1° , т.-е. вблизи агонической линии. По обеим сторонам от гребня магнитные меридианы отклоняются, на запад от гребня склонение будет восточное и, наоборот, на восточной стороне будет западное склонение. Вблизи гребня или агонической линии склонение очень сильно изменяется и имеются большие градиенты; склонение растет на обеих сторонах до некоторого максимума и затем дальше медленно уменьшается. Это — общий закон, без исключения. В следующий таблице даны несколько примеров сильных градиентов, но считаю необходимым сперва определить, что такое магнитный градиент. П. Т. Пасальский в своей работе ¹⁾, пользуясь термином «градиент», на стр. 414, как бы в виде оправдания говорит: «Градиенты введены у Лейста, стр. 81. Действительно, на стр. 81 моего сочинения: «О географическом распределении нормального и аномального геомагнетизма» мною введены не просто «градиенты», а «меридиональные градиенты», т.-е. не падение по направлению перпендикулярно к изолиниям, а падение по определенному направлению, по меридиану, независимо от направления падения данного элемента. П. Т. Пасальский пользовался словом «градиент» в более широком смысле, и мне приходится тоже говорить о градиентах и даже вычислять градиенты просто между отдельными станциями, независимо от направления изогон, изоклин и изодином. Истинные градиенты, перпендикулярные к изолиниям, в общем больше тех, которые в дальнейшем будут сообщены. Конечно, по картам можно определить истинные градиенты, но изолинии все интерполированы и при малом количестве наблюдательных точек даже отчасти произвольны. Разность между двумя точками, деленная на расстояние между точками, будет наш градиент.

¹⁾ Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности. Одесса, 1901.

Южный хребет.

№ стан- ции.	Склонение.	№ стан- ции.	Склонение.	Рас- стояние.	Разность склонения.	Градиент в минут. на 1 м.
424	+ 88° 22'	425	— 70° 88'	90 м.	158° 30'	106'
163	— 20° 32'	168	+ 163° 59'	1140 »	184° 31'	10'

Северный хребет.

4083	— 78° 50'	4084	— 17° 17'	388	61° 33'	10'
3943	+ 120 32	3945	— 92 46	1100	213 18	12
4062	+ 39 23	4063	— 33 25	371	72 48	12
4015	+ 74 05	4017	— 46 02	577	120 07	12
1420	+ 52 52	4090	— 27 23	300	80 15	16
924	+ 30 16	925	+ 77 45	160	47 29	18
929	— 32 35	930	+ 78 30	320	111 05	21
4031	+ 108 36	4032	— 62 29	453	171 05	23
4033	— 60 54	4031	+ 108 36	381	169 30	27
4053	+ 50 15	4117	— 52 47	154	103 02	40
4048	— 33 42	4049	+ 55 52	62	89 34	87
4026	— 53 11	4027	+ 71 46	82	124 57	91
579	— 48 55	581	+ 70 27	50	119 22	143
565	+ 161 01	568	— 45 14	80	206 15	155
4021	+ 151 22	4024	— 84 11	70	235 33	202

Из этой таблицы видно, что в южной аномалии больших градиентов мало; более 10' только в двух местах, а в северном хребте их 15. Между станциями № 4021 и 4024 склонение изменяется на каждый метр 3°22'. Насколько такие градиенты редки, видно из того, что по наблюдениям Монгеах наибольший градиент получается по следующим пунктам в Кочетовке $J = +96^{\circ}37'$; $C = -18^{\circ}59'$; разность $115^{\circ}36'$ на 800 метров; градиент 9' на 1 метр.

В Криворожском районе Пассальский нашел:

№ 1 = $-32^{\circ}27'$; № 3 = $+84^{\circ}10'$; разность $116^{\circ}37'$ на 40 метров; градиент 175' на 1 метр. Максимальный градиент в Кривом Роге тоже велик, но все-таки на 27' меньше курского максимума. При полевых работах некогда производить вычисления и трудно судить об изменении наблюдаемого элемента, но если бы в поле имелись окончательные результаты, то легко можно было бы искать места еще большими градиентами. Большие градиенты исключают возможность определения векового хода в этих местах; чтобы между станциями № 4021 и № 4024 получить точность $\pm 1'$ по двум направлениям, необходимо установить центр. инструменты на одну и ту же точку с точностью $\pm 5^{mm}$, что через некоторое время абсолютно невозможно, если своевременно не приняты меры для фиксации точки.

В южном хребте 18 апреля 1898 г. на точках 424 и 425 оказалась разница $158^{\circ}30'$, и мне хотелось определить склонение между этими двумя пунктами. На расстоянии 45 метров от той и другой точки магнит теодолита абсолютно не действовал и останавливался в любом положении. Точно также не было никакой возможности наблюдать горизонтальное напряжение и наклонение, потому что направляющая сила в горизонтальной плоскости равнялась нулю.

На несколько метров от этой точки карманный компас действовал, хотя слабо, но определения вокруг этой точки показывали, что все меридианы сходились в точке № 426 и там был полюс. Продолжительности колебания стрелки инклинометра в вертикальном положении в точках 424, 425 и 426 показали, что вертикальная слагающая имела на полюсе значения больше нормального приблизительно на 3 Г.

V.

И з о к л и н ы.

Наклонение изменяется меньше, чем склонение, и карту изоклин можно составить с меньшими интервалами, чем карту изогон. Склонение имеет свои пределы от 0° до $\pm 180^{\circ}$, всего 360° , а наклонение от $39^{\circ}13'$ до 90° , т.-е. в пределах $50^{\circ}47'$ или в семь раз меньше, чем склонение. По этому расчету следовало бы составить изоклины через каждый градус, раз изогонны проведены через 5° , но местами густота кривых была бы слишком велика, и изоклины были построены через каждые 2 градуса.

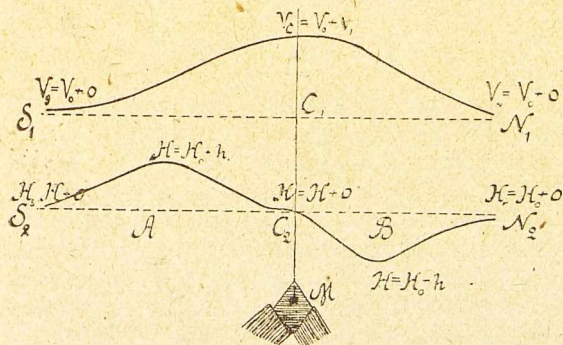
Карта изоклин показывает те же два магнитных хребта, один северный, другой южный, с такими же вытянутыми овальными участками, с которыми мы уже познакомились по картам изогон. Эти участки представляют собою центры с большими наклонениями или с малыми, но центры окружены замкнутыми изоклинами и между участками проходит нормальная изоклина. Особенно замечательно, что участки везде являются попарно и каждому участку с центром большого наклонения принадлежит другой участок с центром малого наклонения. Это—общий закон Курской аномалии. Бывает, что два центра находятся на слишком коротком расстоянии и они друг друга стесняют и деформируют или даже сливаются, но закон все-таки сохраняется. Участки с большими наклонениями везде находятся на северной, северо-восточной или восточной стороне от нормальной изоклины, а участки с малыми значениями на противоположной.

Наклонение I есть угол между горизонтальной плоскостью и направлением силовых линий земного магнетизма. Стрелка инклинометра устанавливается по направлению силовых линий и держится в этом направлении полным напряжением G , которое

можно разложить в вертикальную слагающую V и горизонтальную H . В плоскости магнитного меридиана имеем

$$\operatorname{tg} I = \frac{V}{H}.$$

Представим себе в чертеже № 1 некоторую линию от юга (S) на север (N) на небольшом расстоянии. Пунктирная линия S_1N_1 показывает изменение нормальной вертикальной слагающей V_0 при переходе от точки S_1 к N_1 , и, если расстояние SN не велико, то линия S_1N_1 прямая и горизонтальная, т.-е. параллельна оси координат. Другая пунктирная линия S_2N_2 показывает изменение нормальной горизонтальной слагающей H_0 , и при небольшом расстоянии между точками S_2 и N_2 она тоже прямая. Между точками S и N везде наблюдаются одинаковые величины V_0 и одинаковые значения H_0 . Это наблюдалось бы в нормальном поле. Пусть под землею на некоторой глубине находится идущая от запада на восток магнитная масса с северным полюсом M ; спра-



Чертеж № 1.

шивается, каким образом изменяется вертикальная и горизонтальная слагающие и наклонение вследствие присутствия полюса M ? Очевидно, что северный полюс M не может уменьшить вертикальную слагающую V , а должен ее увеличить на v от полюса M . В точке S_1 , где v пока равно нулю, имеем $V_s = V_0 + 0$, но чем ближе к точке C_1 , под которой находится полюс M , тем больше растет $V = V_0 + v$, потому что v увеличивается, а в точке C_1 , вертикальная слагающая $V_c = V_0 + v_1$ будет иметь свой максимум, потому что c_1 имеет максимальную величину v_1 . Начиная с точки C_1 по направлению к N_1 вертикальная слагающая опять постепенно уменьшается до $V_n = V_0 + 0$, в точке N_1 . Кривая $V_s V_c V_n$ показывает ход вертикальной слагающей V от точки S_1 через C_1 до N_1 .

Кривая горизонтальной слагающей будет иная, в зависимости от горизонтальной составляющей h от полюса M . Очевидно, h равняется нулю в трех точках: S_2 , C_2 и N_2 , а между точками

S_2 и C_2 , как и между C_2 и N_2 , в точках A и B будет максимум h , с той только разницею, что в точке A величины H_0 и h имеют одинаковое направление, от S_2 к N_2 , а в точке B величина H_0 сохраняет свое направление, а h получает обратное направление. Поэтому горизонтальное напряжение H будет иметь следующие значения, к которым и прибавляем значение V и I по формуле $\text{tg } I = V : H$.

- Точка S : $V = V_0 + 0$; $H = H_0 + 0$; наклонение I нормальное,
 » A : $V = V_0 + v$; $H = H_0 + h_1$; наклонение I вблизи максимума, в зависимости от градиента v ,
 » C : $V = V_0 + v_1$; $H = H_0 + 0$; наклонение I больше нормального,
 » B : $V = V_0 + v$; $H = H_0 - h_1$; наклонение I вблизи максимума,
 » N : $V = V_0 + 0$; $H = H_0 - 0$; наклонение нормальное.

v_1 и h_1 показывают максимумы v и h . Минимум и максимум наклонения не совпадают с крайними величинами H и V , а зависит от глубины полюса M и могут быть очень далеко от полюса, как видно из следующих примеров:

Станция.	I .	V .	H .	G .
№ 2746	75°59'	9,802	2,447	10,193.
» 2793	59°12'	9,319	5,555	10,848.

Полное напряжение G и вертикальная слагающая V в обоих случаях почти одинаковы, а наклонение в первом случае больше, а во втором—меньше нормального, несмотря на то, что G и V в два раза больше нормального.

Станция.	I	V .	H .	G .
2807	85°43'	13,632	1,021	13,670.
4085	84°12	3,987	0,405	4,008.

В обоих примерах очень большое наклонение, но во втором случае, несмотря на весьма большое наклонение, полное напряжение G и вертикальная слагающая V меньше нормальных величин. Эти примеры показывают, что одно наклонение, как и одно склонение, или одни изоклины и изогоны не могут дать ясную магнитную картину в аномалиях и картина изоклин должна быть иная, чем картина изогон. Попарные участки крайних находятся по обеим сторонам от агонической линии, проходящей в чертеже № 1 через точку C . Попарные участки изоклин также имеют закономерное расположение, но с точкою C они не имеют очевидной связи, потому что там наклонение имеет значение больше нормального и меньше максимума.

В северном хребте аномалия наклоения на 10° и более выше нормального, т.-е. наклонение 74° или более занимает площадь в 142 квадратных километра, а площадь с наклоением 54° или менее, т.-е. не менее 10° ниже нормального, обхватывает 172 квадратных километра. По величине площади в отдельных участках в северо-западной части хребта преобладает положительное отклонение, в юго-восточной части — отрицательное.

Приведу крайние величины наклоения для некоторых парных участков северного хребта, начиная с северо-западного конца.

Minima.	Maxima.
$55^\circ 1'$	$78^\circ 8'$
51 1	85 4
47 5	89 2
46 8	88 9
42 4	86 5
49 7	84 9
39 5	73 9
39 5	86 5
42 1	83 8
48 9	80 4

Разность доходит до 47° .

В южном хребте площадь с наклоением 54° или ниже занимает только 40 километров, а площадь с наклоением 74° или выше — 269 квадратных километров. Поэтому крайние величины здесь выше, чем в северном хребте, в особенности minima, как видно из следующей таблицы:

$52^\circ 4'$	$85^\circ 7'$
55 0	81 2
48 9	86 2
48 4	90 0
54 5	81 8
58 0	85 8
51 3	80 0
57 7	82 5
53 6	84 5
54 6	79 6

Сравнивая крайние наклоения северного и южного хребтов, видно, что в последнем крайние больше. Формула $\operatorname{tg} I = V:H$ дает большие наклоения при двух условиях, или при больших V , или при малых H . Этот вопрос рассмотрим в главе об изодинамах.

Приведу еще несколько величин сильных градиентов наклоения на один метр расстояния.

Южный хребет.

Станция.	Накло- ние.	Станция.	Накло- ние.	Разно- сть.	Расстоя- ние.	Градиент.	
26	81°49'	30	56°14'	25°35'	1500 м.	1',02	на 1 метр.
433	69 12	434	77 55	8 43	185 »	2,83	»
437	61 50	438	71 14	9 24	185 »	3,05	»
432	58 45	433	69 12	10 27	160 »	3,92	»
445	86 20	446	71 59	14 21	185 »	4,65	»

Северный хребет.

4030	86 30	4033	52 34	33 56	268 »	7,60	»
4046	59 32	4047	69 45	10 13	70 »	8,76	»
4047	69 45	4048	80 55	11 10	70 »	9,51	»
4021	88 53	4022	59 37	29 16	154 »	11,40	»
4025	54 45	4026	84 35	29 50	93 »	19,25	»

Градиент наклона в северном хребте несравненно больше, чем в южном. Такое отношение градиентов оказалось также в изогонах.

VI.

И з о д и н а м ы.

Изодинамами называются все кривые, соединяющие точки с одинаковыми напряжениями, безразлично будет ли это полное напряжение, или одна из слагающих по любому направлению. В настоящей статье мы рассматриваем кривые разных слагающих, и поэтому установим следующие термины. Обозначаем полное напряжение через G , горизонтальное по направлению магнитного меридиана через H , горизонтальное по астрономическому меридиану через X , горизонтальное по направлению перпендикулярно к астрономическому меридиану через Y , вертикальное через Z или Z и соответствующие аномальные слагающие x , y , z , g и h . Слагающие X и x будем считать положительными по направлению на север и Y и y положительными на запад, так как западное склонение считаем положительным. Соответственно этим обозначениям имеем следующие изодинамы:

Общие:

G — изодинамы,
 H — изодинамы,
 X — изодинамы,
 Y — изодинамы,
 Z — изодинамы.

Специальные аномальные:

g — изодинамы,
 h — изодинамы,
 x — изодинамы,
 y — изодинамы,
 z — изодинамы.

Непосредственными наблюдениями можно получить только H — изодинамы, а все остальные изодинамы представляют собою результаты вычислений из H — изодинам, изогон и изоклин.

H — изодинамы.

На карте H — изодинам кривые проведены через каждые 1000 γ ¹⁾; хотя масштаб карты 3 версты в дюйме, но тем не менее во многих местах трудно различать отдельные кривые, так как градиенты очень велики.

Карты H — изодинам показывают два отдельных магнитных хребта, один северный, другой южный, как и на картах изогон и изоклин. В обоих хребтах попарно отдельные гнездообразные овальные участки, или с высокими значениями, или с низкими. Между этими участками, с вытянутыми по направлению хребта замкнутыми линиями, проходит нормальная H — изодинама. На южной или юго-западной стороне от нормальной H — изодинамы видны гнезда с большими значениями горизонтального напряжения, а на противоположной стороне такие же участки с малыми. Такое распределение H — изодинам вполне соответствует чертежу № 1, на стр. 34, и тем выводам, которые там сделаны. Приведу несколько пар крайних в южном и северном хребтах:

Южный хребет.

Maxima.	Minima.	Разност.
5,643 Г	0,000 Г	5,643 Г
5,525	0,888	4,637
4,632	1,396	3,236
4,412	0,667	3,745
4,243	0,883	3,360

Северный хребет.

Maxima.	Minima.	Разность.
9,649 Г	1,107 Г	8,542 Г.
9,623	1,983	7,640
9,232	1,432	7,800
9,207	1,396	7,811
9,207	1,808	7,399

Здесь видно, насколько магнитная аномалия в северном хребте сильнее, чем в южном. В последнем самая большая величина $H=5,643$, а в северном в пяти группах максимумы почти вдвое больше, чем наибольшее значение в южном хребте. Minima в

¹⁾ 1 $\gamma = 0,0001$ Г = 0,0001 mgr. $\frac{1}{2}$ mm. $\frac{1}{2}$ sec. $^{-1} = 0,00001 C^{\frac{1}{2}} G^{\frac{1}{2}} S^{-1}$.

южном хребте ниже, чем в северном. Уже из больших разностей можно заключить, что градиенты северного хребта будут больше южных, что и видно из следующей таблицы.

Южный хребет.

Станция.	<i>H</i>	Станция.	<i>H</i>	Разность.	Расстояние.	Градиент.
446	2,966 Г	445	0,575 Г	2,391 Г	165 м.	145 γ на 1 метр.
433	4,029	434	2,131	1,898	160	119 »
432	5,576	433	4,029	1,547	160	97 »
437	4,903	438	3,457	1,446	180	80 »
421	4,098	420	2,654	1,444	200	72 »
431	5,643	444	0,339	5,304	1017	52 »
19	2,870	20	0,676	2,194	1500	15 »
302	3,347	114	1,048	2,299	1600	14 »
3303	4,412	3304	0,667	3,745	2700	14 »
335	3,331	337	1,001	2,330	1980	12 »

Северный хребет.

Станция.	<i>H</i>	Станция.	<i>H</i>	Разность.	Расстояние.	Градиент.
4025	6,474 Г	4026	1,401 Г	5,073 Г	93 м.	546 γ на 1 метр.
4047	6,615	4048	2,955	3,660	70	523 »
4117	6,661	4053	1,808	4,853	144	337 »
1217	3,845	1219	1,772	2,073	70	296 »
1213	8,574	1212	1,854	6,720	244	276 »
4023	3,156	4024	1,621	1,535	70	219 »
4063	9,232	4062	1,422	7,810	371	211 »
1218	5,135	1217	3,845	1,290	70	184 »
4052	9,207	4117	6,661	2,546	149	171 »
569	1,838	568	1,164	0,674	40	168 »

В северной аномалии наибольшие градиенты приблизительно в четыре раза больше, чем в южной, а какое значение могут иметь большие градиенты для самых абсолютных измерений, видно из следующего. Наибольшие градиенты непосредственно наблюдаемых элементов в Курской аномалии были:

Изогоны	202' на 1 метр.
Изоклины	19' 25 » »
<i>H</i> — Изодинамы	546 γ » »

В Павловской магнитно-метеорологической обсерватории в 1884—1886 г.г. горизонтальное напряжение наблюдалось по спо-

собу Gauss'a при расстояниях отклоняющего магнита от отклоняемого 750 мм. и 1000 мм. Магнитная ось отклоняющего магнита по способу Gauss'a должна находиться перпендикулярно к магнитному меридиану. Если с таким прибором наблюдать в аномальном месте, то в положении магнита на 1000 мм. на восток и 1000 мм. на запад от отклоняемого магнита меридианы расходятся на $6^{\circ}44'$. Даже в моем маленьком походном теодолите получается разница склонения $1^{\circ}40'$.

Требуемая и достижимая точность определения горизонтального напряжения в постоянных обсерваториях $\pm 0,2 \gamma$. При градиенте 546γ на 1 метр или 1092γ на 2 метра в приборе Gauss'a в Павловске о такой точности $\pm 0,2 \gamma$ говорить не приходится, так как само геомагнитное поле расходуется в двух точках инструмента в 5460 раз больше, чем требуемая точность.

Длина отклоняющего магнита этого прибора 110 мм.; северный и южный полюсы магнита находились бы в точках 4025 или 4026 в геомагнитных полях, которые различны на $22'$ склонения и 60γ напряжения.

Предельные величины следующие:

изогоны	от $+180^{\circ}$	до -180° ;	разница	360°
изоклины	$39^{\circ}13'$	90° ;	»	$50^{\circ}47'$
H — изодинамы	0.000	$9,649 \text{ Г}$;	»	$9,649 \text{ Г}$.

Склонение от 0° до 360° встречается только на полюсах земного шара; только там наблюдается наклонение 90° . Минимум наклонения $39^{\circ}13'$ в Северной Америке и Европе нигде не наблюдается, а в Южной Америке в широте 10° на берегах Венесуэлы и в Азии в широте 27° южнее Дели в Индии и южнее Лхассы. Горизонтальное напряжение $0,000 \text{ Г}$ тоже наблюдается только на магнитных полюсах земного шара, но максимума H Курской аномалии нигде нет. Самая большая величина на всем земном шаре $3,8 \text{ Г}$ встречается между полуостровом Малакка и островом Борнео. Даже в Криворожской аномалии нет больше $H = 7,130 \text{ Г}$ и этот максимум на $2,519 \text{ Г}$ меньше, чем курский. Наблюдения в Лапландии, в частности в Kärna и Gellivaara все еще не опубликованы, и мы не знаем, какие там крайние значения, и пока можно считать крайние элементы в Курской аномалии единственными на всем земном шаре.

Z — изодинамы.

На картах Z — изодинам особенно отчетливо выделяются оба магнитных хребта с гнездообразным залеганием магнитных масс, как и на всех картах изогон, изоклин и H — изодинам. Но есть большая разница. Во всех изогонах, изоклинах и H — изодинамах участки больших величин и участки малых величин появились отдельно и попарно. Этого нет в системе Z — изодинам, проведен-

ных через каждые 1000 γ, в той степени, как это обнаружилось на других картах. Сильно преобладают участки с большими величинами, и максимума так велики, что всех кривых нельзя было провести, чтобы карты не оказались слишком пестрыми. Z — изодинамы проведены только до 6.5 Г. Если бы провести все изодинамы, то точку с 19,135 Г пришлось бы окружить 126 кривыми, и карта покрылась бы в этих областях внутри участков просто цветными пятнами, но значительное преобладание положительных участков лучше бросилось в глаза. Гнезды имеют овальную форму, как и на предыдущих картах, и имеют преобладающее направление большей оси от северо-запада на юго-восток или от севера на юг.

В следующей таблице приведены наибольшие значения в центрах десяти наиболее сильных участков.

Северный хребет.	Южный хребет.
19,135 Г.	13,632 Г.
18,804	10,763
18,607	10,131
15,829	9,675
15,483	9,429
14,745	9,344
12,254	8,888
11,994	8,180
11,685	7,917
11,563	7,852

Наименьшие величины следующие:

Северный хребет.	Южный хребет.
3,480 Г.	3,866 Г.
3,671	3,912
3,725	3,923
3,768	3,980
3,830	4,000
3,853	4,019
3,881	4,034
3,895	4,082
3,949	4,100
3,952	4,126

В северном хребте maximum 19,135 Г и minimum 3,480 Г различны на 15,655 Г; для южного хребта имеем maximum 13,632 Г и minimum 3,866 Г и разница только 9,866 Г. Из этого опять видно, насколько аномалия северного хребта сильнее, чем южного. Насколько северная аномалия вообще сильна, достаточно упомянуть, что вертикальная слагающая там до трех раз больше, чем полная сила на северном магнитном полюсе земного шара.

Максимум Z в Криворожской аномалии 17,124 Г на 2,011 Г меньше, чем в Курской аномалии. Должен еще прибавить, что исследователь Криворожской аномалии П. Т. Пассальский на стр. 262 своей книги «Об изучении распределения магнетизма на земной поверхности» писал: «Из частного письма ко мне Э. Е. Лейста видно, что им найден в Курской аномалии пункт, где $Z=18,365$ Г». Его книга напечатана в 1901 г., а я окончил свои полевые работы в 1909 г. и нашел более сильные точки.

VII.

Нормальный геомагнетизм.

В области величайшей в мире геомагнитной аномалии едва ли можно найти место с нормальными магнитными элементами, чтобы с ними сравнивать другие места, где явно выражены аномальные величины. Хотя между обоими магнитными хребтами имеется широкая полоса, местами шириною до 60 километров, но она находится в поле сильных и обширных магнитных масс, действующих с обеих сторон. Карты изогон, изоклин и изодинам показывают, что и в этой сравнительно спокойной полосе нормального равновесия магнитных сил нигде нет, по крайней мере, в той степени, которая требуется для установления нормальных магнитных условий с целью базировать на них степень ненормальности. Точно так же для этой цели не могут служить наблюдения на некотором расстоянии от аномальной области, раз неизвестно, до какого места распространяется сама аномалия и ее влияние. Фундаментальные нормальные величины геомагнетизма можно вывести или из формул Gauss'a, выражающих распределение геомагнетизма на большей части или по всей земной поверхности, или из магнитных карт всего земного шара, где влияние местных аномалий помощью сглаживания изолиний по возможности исключено. По формулам Gauss'a получаются взаимно-перпендикулярные координаты X , Y , Z полного напряжения, а по магнитным картам—склонение, наклонение и горизонтальное напряжение. Самыми точными картами в настоящее время можно считать карты Neumayer'a в его «Atlas des Erdmagnetismus» (Berghaus Physikalischer Atlas. Abtheilung IV). для эпохи 1885,0. Коэффициенты формулы Gauss'a за тот же 1885 г. приведены в «Vorbemerkungen» к названному атласу, стр. 19, по вычислениям Neumayer'a и Petersen'a. По этим картам мною¹⁾ определены не только склонение, наклонение, горизонтальное и полное напряжение, но и координаты X , Y , Z ; однако из карт и моих таблиц можно получить величины по троекратно изглаженным кривым и притом

¹⁾ Э. Лейст. О географическом распределении нормального и аномального геомагнетизма. Ученые записки Имп. Московского Университета. Отдел физико-математический. Вып. 16. Москва, 1899 г.

из карт в малом масштабе. Проф. Ad. Schmidt имел возможность воспользоваться оригинальными картами Neumayer'a, составленными в большом масштабе и вычисленными координатами X , Y , Z . Проф. Ad. Schmidt¹⁾ напечатал на стр. 35 координаты X , Y , Z , вычисленные по наблюдениям, а на стр. 55—те же координаты X_φ , Y_φ , Z_φ , изглаженные вычислениями по всему параллельному кругу. Первые данные изглажены только один раз, картографически; отдаленные места на изолинии сильно влиять не могут, а X_φ , Y_φ , Z_φ изглажены два раза, сперва картографически и затем аналитически, а в последнем случае каждая отдельная точка имеет влияние по всему параллельному кругу. Насколько те и другие расходятся, видно из следующих таблиц, где λ обозначает долготу и φ —широту. Западное склонение и западная слагающая Y считаются мною положительными. X , Y , Z выражены в Г. Г.

$$\varphi = 55^\circ.$$

$$\begin{aligned}\lambda &= 35^\circ \\ X &= 1,8838 \\ X_\varphi &= 1,8618 \\ X - X_\varphi &= +0,0220\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y &= -0,0263 \\ Y_\varphi &= -0,0851 \\ Y - Y_\varphi &= +0,0588\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= 4,5410 \\ Z_\varphi &= 4,5421 \\ Z - Z_\varphi &= -0,0011.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X &= 2,100 \\ X_\varphi &= 2,1013 \\ X - X_\varphi &= -0,0013\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y &= +0,0153 \\ Y_\varphi &= -0,0483 \\ Y - Y_\varphi &= +0,0636\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= +4,1966 \\ Z_\varphi &= +4,2794 \\ Z - Z_\varphi &= -0,0828\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= 40^\circ \\ X &= 1,9021 \\ X_\varphi &= 1,8739 \\ X - X_\varphi &= 0,0282\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y &= -0,1052 \\ Y_\varphi &= -0,1622 \\ Y - Y_\varphi &= +0,0570\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= 4,6067 \\ Z_\varphi &= 4,5774 \\ Z - Z_\varphi &= +0,0293.\end{aligned}$$

$$\varphi = 50^\circ.$$

$$\begin{aligned}X &= 2,1291 \\ X_\varphi &= 2,1264 \\ X - X_\varphi &= +0,0027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y &= -0,0632 \\ Y_\varphi &= -0,1245 \\ Y - Y_\varphi &= +0,0613\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= 4,2412 \\ Z_\varphi &= 4,3105 \\ Z - Z_\varphi &= -0,0693.. \end{aligned}$$

Из этих таблиц видно, что два раза изглаженные величины X_φ , Y_φ , Z_φ , вычисленные по формулам, обхватывающим весь параллельный круг, значительно отклоняются от X , Y , Z , опре-

¹⁾ Adolphi Schmidt. Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche 1885,0. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. XXI. Jahrgang. Hamburg, 1898.

деленных по картам. Надо полагать, что X , Y , Z ближе подходят к тем данным, которые можно считать нормальными. Едва ли можно предположить, что лежащая в широтах от 50° до 53° Курская аномалия может повлиять на X , Y , Z в широте 55° в той степени, которая обнаруживается в выше приведенных разностях $X - X_\varphi$, $Y - Y_\varphi$ и $Z - Z_\varphi$; сверх того, знаки этих разностей отчасти не соответствуют положению Курской аномалии. В широте 55° , более 200 километров от северного края магнитного хребта, меридиональная слагающая X не может быть больше нормальной, между тем в первой таблице имеются положительные разности $X - X_\varphi$ от 1,2 до 1,50%. Точно так же вертикальная слагающая Z в широте 50° от 1,6 до 2,0% меньше той, которая получается по формуле, выведенной для полного параллельного круга 50° широты. Из этого сравнения X , Y , Z с X_φ , Y_φ , Z_φ можно заключить, что два раза изглаженные данные X_φ , Y_φ , Z_φ не могут служить нулевыми точками для выделения аномальных элементов местного магнетизма. Еще менее годны для этой цели три раза изглаженные Gauss'овые коэффициенты для всей поверхности земного шара. Поэтому я остановился на координатах X , Y , Z , взятых Neumayer'ом и Schmidt'ом из карт в большом масштабе и опубликованных Schmidt'ом на стр. 35 упомянутой его работы.

Эти координаты действительны для эпохи 1885,0, а все мои наблюдения приведены к среднему времени периода наблюдений, к 1903,5 г. и, следовательно, взяты из работы Schmidt'a за 1885,0, координаты X , Y , Z должны быть переведены к той же эпохе. В моей работе¹⁾ о вариациях земного магнетизма вековой ход всех трех элементов исследован по наблюдениям в Павловске, Иркутске, Потсдаме, Екатеринбурге и Гринвиче, в зависимости от физического состояния солнца, внешним признаком которого являются солнечные пятна, при чем оказалось, что в годы с большим количеством пятен вековой ход сильнее, чем во время минимума солнечных пятен. Соответственно этому все наблюдения в области аномалии были приведены к эпохе 1903,5 не со средними величинами вековых вариаций, а с действительными. Точно так же нормальные координаты приведены к эпохе 1903,5, принимая во внимание полную разность 1903,5—1885,0 по наблюдениям в Павловске. Путем прямолинейной интерполяции вычислены координаты X , Y , Z для широт $50^\circ 0'$ до $52^\circ 30'$ и долгот от $4^\circ 35'$ до $8^\circ 0'$ от Пулкова: по этим основным координатам составлена формула для X , Y , Z следующего вида

$$X = X_0 + a \Delta \varphi + b \Delta \lambda + c (\Delta \varphi)^2 + d (\Delta \lambda)^2 + f (\Delta \varphi) (\Delta \lambda).$$

Коэффициенты c , d и f оказались малыми, особенно c и d , и не приняты во внимание. Центральной точкою принята $\varphi = 51^\circ 20'$

¹⁾ Ernest Leyst. Die Variationen des Erdmagnetismus. Bulletin de la Société Imp. des Naturalistes de Moscou 1909, стр. 143—162.

и $\lambda = 6^{\circ}15' \text{ E}$ от Пулкова. Таким образом получены следующие формулы для нормального геомагнетизма в области Курской магнитной аномалии; положительными считаются северная слагающая X и западная Y .

$$X = +2.067 - 0.0007232(\varphi - 51^{\circ}20') + 0.0000896(\lambda - 6^{\circ}15') - 0.00000008(\varphi - 51^{\circ}20')(\lambda - 6^{\circ}15'),$$

$$Y = -0.027 - 0.0001381(\varphi - 51^{\circ}20') - 0.0002602(\lambda - 6^{\circ}15') - 0.00000005(\varphi - 51^{\circ}20')(\lambda - 6^{\circ}15'),$$

$$Z = +4.314 + 0.0011658(\varphi - 51^{\circ}20') + 0.0001656(\lambda - 6^{\circ}15') + 0.00000025(\varphi - 51^{\circ}20')(\lambda - 6^{\circ}15').$$

Разности $\varphi - 51^{\circ}20'$ и $\lambda - 6^{\circ}15'$ выражены в минутах, а координаты X , Y , Z — в единицах Gauss'a. Для центральной точки $\varphi = 51^{\circ}20'$ и $\lambda = 6^{\circ}15'$ получаем следующие нормальные геомагнитные элементы для эпохи 1903,5 г.

Северное меридиальное напряжение . . . $X = +2.067$.

Западное напряжение $Y = -0.027$.

Вертикальное напряжение $Z = +4.314$.

Полное напряжение $G = 4.784$.

Горизонтальное напряжение $H = 2.067$.

Западное склонение $D = -0^{\circ}45'$.

Наклонение $J = 64^{\circ}24'$.

VIII.

Аномальная часть Курской геомагнитной аномалии.

О способе выделения аномальной части геомагнетизма из системы изомагнитных линий Курской аномалии мною были сделаны сообщения в конце 1897 г. в заседании Отделения Физических наук Имп. Общества Любителей Естествознания, Антропологии и Этнографии в Москве, и в январе 1898 г. в заседании Постоянной Комиссии по земному магнетизму Имп. Русского Географического Общества в Петрограде. На тех же основаниях мною выделен аномальный магнетизм всего земного шара в моей работе ¹⁾ «О географическом распределении нормального и аномального геомагнетизма». Если установлен некоторый нормальный магнетизм M_0 , тогда аномальный m получается вычитанием $m = M - M_0$ этого нормального M_0 из найденного по наблюдениям M , при чем вычисления можно производить или теми величинами, которые непосредственно наблю-

¹⁾ Ученые Записки Имп. Московского У-та, Отдел Физико-Математич. Выпуск 16. Москва. 1899 г.

ваются, то-есть угловыми значениями склонения D и наклонения J и значениями горизонтального напряжения H или, если это считается неправильным, выведенными из D , J и H взаимно-перпендикулярными слагающими полного напряжения X , Y , Z .

Проф. D. J. Liznar¹⁾ во второй части изданного в 1898 г. отчета об австро-венгерской магнитной съемке определяет аномальное склонение d , аномальное наклонение i и аномальное горизонтальное напряжение по формулам:

$$d = D - D_0; \quad i = J - J_0; \quad h = H - H_0,$$

где нормальные значения D_0 , J_0 и H_0 вычислены из данных самой съемки по формулам $\delta = \delta_0 + xl + yl$, где l и λ разности широт и долгот, x и y коэффициенты, вычисленные по способу наименьших квадратов, δ_0 нормальное и δ измеренное склонение.

Rücker и Thorpe²⁾ при обработке английской магнитной съемки вывели тоже средние склонения, наклонения и горизонтальные слагающие, но в отделе о местных влияниях они обращали особое внимание на h и азимут этой слагающей. Если аномальная часть или отклоняющие местные силы, сравнительно с общим и нормальным магнетизмом не велики, тогда такой прием до некоторой степени точности допустим, но при тех больших разностях магнитных элементов, которые встречаются в Курской губернии, никоим образом не следует выводить арифметических средних из малых и больших величин разных направлений, как, например из величин горизонтальных слагающих при разных склонениях, т. е. их направлениях, или средние из значений магнитного склонения или магнитного наклонения при разных напряжениях, точно также, как и недопустимо вывести средние направления ветров при разных скоростях, или из направления других векторов. Вопрос, в каких случаях и в каких пределах такие средние допустимы, теоретически мною подробно рассмотрен в выше упомянутой работе о нормальном и аномальном геомагнетизме (стр. 69—75) и на примерах магнитных элементов всего земного шара исследован в той же работе на страницах 129—156. В этой же работе на стр. 157 мною принят следующий прием обработки наблюденные величины склонения, наклонения и горизонтального напряжения, то вычисляются следующие слагающие аномального магнетизма x , y , z по формулам

$$\begin{aligned} x &= H \cos D - X_0 \\ y &= H \sin D - Y_0 \\ z &= H \operatorname{tg} J - Z_0 \end{aligned}$$

¹⁾ J. Liznar. Die Vertheilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn. LXVII Band der Denkschriften der Math. Naturw. Classe der Kaiserl. Academie der Wissenschaften. Wien. 1898 г.

²⁾ A. W. Rücker and T. E. Thorpe. A magnetic survey of the British Isles Phil. Trans of the Royal Society of London. Vol. 181 (1890).

Положительные знаки x , y , z показывают, что напряжение увеличивается на север, на запад и по радиусу земли вниз. Однако взаимно-перпендикулярные координаты не могут представить распределения аномального местного магнетизма в виде наглядной картины; для такой цели мы должны опять вернуться к величинам в роде D , J и H и вычислить направление силовых линий в горизонтальной и вертикальной плоскостях и горизонтальное напряжение по направлению силовых линий. Мы должны знать, какое напряжение h действует в любой точке и азимут δ этого действия, то и другое в горизонтальной плоскости; затем нам надо знать, какой угол i образуется силовыми линиями местных магнитных масс и какое полное напряжение g наблюдается по силовым линиям. Эти вычисления производятся по формулам:

$$\begin{aligned} h^2 &= x^2 + y^2 \\ g^2 &= x^2 + y^2 + z^2 \\ \operatorname{tg} \delta &= \frac{y}{x} \\ \operatorname{tg} i &= \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned}$$

Таким образом, аномальный местный магнетизм рассматривается новыми системами магнитных изолиний, изодинамами x , y , z , h , изогонами δ и изоклинами i , после выделения нормального из наблюденного магнетизма. При гнездообразном залегании магнитных масс аномальный магнетизм содержит некоторую часть соседних гнезд и эту сумму разных и разнообразных систем силовых линий уже разделить невозможно, если неизвестны форма и масса отдельных гнезд.

Картина аномальных изодинам, изогон и изоклин в северо-западной части как северной, так и южной аномалии сравнительно проста, а в юго-восточной части более сложна, потому что там хребты разветвляются и образуются переплетающиеся гнездообразные центры. Рассмотрим один участок из центральной части северного хребта на протяжении 136 квадратных километров. Для этого участка все магнитные карты составлялись в масштабе $1^{\text{см}} = 10,3$ метров, т.-е. $1:10300$.

Несмотря на крупный масштаб, вследствие больших градиентов нельзя было построить магнитных изолиний через каждые 1000 γ , как карты в масштабе 3 версты в дюйме, а пришлось провести кривые через каждые 10.000 γ .

Аномальные x —изодинамы.

Знак северной слагающей напряжения X зависит только от склонения, а знак x не только от склонения, а также и от величины напряжения. В местах, где склонение менее $\pm 90^\circ$, знак x положительный, а если склонение более $\pm 90^\circ$ — отрицательный.

Для аномальной величины x , кроме, этого источника отрицательного знака есть еще другой, разниця $x - x_0$ и поэтому отрицательные значения x встречаются не реже положительных, хотя отрицательных величин X сравнительно мало. Точно так же абсолютные значения отрицательных и положительных величин x могут быть одинаково велики.

Направление x —изодинам преимущественно северо-западно—юго-восточное, между положительными и отрицательными x —изодинами находится нулевая x —изодина, на западной стороне которой группируются положительные x , а на восточной — отрицательные. От нулевой x —изодины по обеим сторонам величины x быстро увеличиваются до некоторого максимума, от которого опять уменьшаются до нуля, но медленно. Наибольшие градиенты встречаются около нулевой x —изодины между максимумами положительных и отрицательных значений x . На избранном участке в 136 квадратных километров встречаются следующие пары:

$$\begin{array}{rclcl} +3,701 \text{ Г.} & \text{и} & -2,045 \text{ Г.}; & \text{разность} & 5,746 \text{ Г.} \\ +4,144 & & » -3,004 & & 7,148 \\ +5,651 & & » -4,570 & & 10,221 \end{array}$$

Встречается и бóльшая величина $x = +6,919 \text{ Г.}$ и в этой точке $X = 9,002 \text{ Г.}$ На всем земном шаре такой величины X нигде нет, а встречаются только величины от $X = 0,000 \text{ Г.}$ до $X = 3,84 \text{ Г.}$, а в Курской аномалии встречаются:

$$\begin{array}{rclcl} X = +9,002 \text{ Г.} & \text{и} & X = -2,523 \text{ Г.}; & \text{разность} & 11,525 \text{ Г.} \\ x = +6,919 & & » x = -4,570; & & 11,489. \end{array}$$

Градиенты x местами очень велики и их величины быстро меняются; по одной линии через хребет наблюдали под-ряд следующие градиенты на 1 метр

$$0,0053 \text{ Г.}; 0,0157 \text{ Г.}; 0,0260 \text{ Г.}; 0,0192 \text{ Г.}$$

В нормальном магнитном поле в Курской губернии можно наблюдать разность $x = 0,0260 \text{ Г.}$, но только на расстоянии 67 километров, а в этом участке такая величина получается на 1 метр. Значит, градиент в 67000 раз больше нормального.

Аномальные y -изодины.

Знак Y зависит только от склонения; при западном склонении знак положителен, и при восточном отрицателен. Знак y зависит, кроме того, от разности $y = Y - Y_0$, но так как нормальное склонение -1° , то Y_0 имеет малую величину и знаки у Y и y большею частью одни и те же. Отсюда следует, что картина Y изодинам и y —изодинам в общем одна и та же.

В рассматриваемом специальном участке направление y — изодинам почти такое же, что у x — изодинам и нулевые y — изодинамы очень близки к нулевым x — изодинамам. Точно так же и центры больших значений x и y близки друг другу, только знаки противоположны: где x со знаком $+$, там y отрицательный. Близость нулевых x — изодинам и y — изодинам понятна, потому что если $x=0$ и $y=0$, тогда в этом месте и склонение и горизонтальное напряжение нормальны. Если же сильно отклонение от нормальных величин, то это обнаруживается у всех элементов, и поэтому понятно, что места с большими величинами тоже совпадают. Другое дело противоположность знаков. Если одновременно $\pm x$ и $\mp y$, тогда будут противоположные знаки, а это значит, что крайние бывают или в северо-восточном или юго-западном квадранте, а в северо-западном и юго-восточном их не бывает. И это вполне понятно, если мы вспомним, что направление хребтов северо-западно—юго-восточное, а на гребне хребта горизонтальное напряжение и склонение нормальны; следовательно, большие величины и большие градиенты имеют направление перпендикулярное к хребтам. Если хребты разделяются, и участки имеют и другое направление, как это бывает в юго-восточной части хребта, тогда и наблюдаются соответствующие изменения.

Приведу несколько пар крайних значений y по направлению перпендикулярному к гребню хребта:

— 5,343 Г.	и	+ 3,624	Разность	8,967
— 6,121 »	»	+ 2,907	»	9,028
— 6,675 »	»	+ 4,737	»	11,412
— 7,682 »	»	+ 5,811	»	13,493
— 6,777 »	»	+ 5,669	»	12,446
— 5,034 »	»	+ 4,073	»	9,107

Положительные крайние x — изодинам были в среднем больше отрицательных, но y — изодинамы обнаруживают противоположное свойство. Это объясняется тем, что большие крайние x и y наблюдаются на одной и той же стороне, но знаки у них противоположны. Сравнение x и y показывает далее, что величина крайних y больше, чем крайних x , что объясняется следующим образом. Максимум U и u получается при склонении $\pm 90^\circ$, значит, в очень сильных местах аномалии; но при склонении $\pm 90^\circ$ слагающая $X=0$, и величина x получает значение X_0 , то есть приблизительно 2 Г.

При больших величинах y сравнительно с x , y — градиенты должны быть также больше; по линии через хребет от юго-запада на северо-восток имеются:

0,0242 Г; 0,0267 Г; 0,0417 Г; 0,0486 Г. на 1 метр.

Самые большие градиенты наблюдаются вблизи нулевой η — изодинамы. Градиенты 0,0486 Г приблизительно в 200.000 раз больше нормальных.

Аномальные ε — изодинамы.

Как в северном, так и в южном хребте бросается в глаза, что нет такого попарного сочетания положительных и отрицательных участков с почти равными крайними. Имеются только круглые максимумы, вокруг которых, и то сравнительно далеко, имеются очень незначительные значения отрицательных ε . На картах аномальных ε — изодинам кривые проведены через 0,5 Г, и оказывается, что в южном хребте нет ни одной отрицательной ε — изодинамы, потому что отрицательных значений $\varepsilon \geq 0,5$ Г совсем нет. В северном более сильном хребте встречается отрицательная ε — изодинама 0,5 Г, но нет следующей, а положительных имеется до 29. Это показывает, что толщина магнитных масс очень велика. Если под землей находятся массы, намагниченные индукцией земного магнетизма, и эти массы лежат горизонтально, тогда на одном конце будет северный полюс и на другом конце южный, и числовые значения $+\varepsilon$ и $-\varepsilon$ будут одинаковы. Если эти магнитные массы находятся приблизительно вертикально, что бывает, если они магматического происхождения, как, напр., в Лапландии, тогда северный полюс получается наверху, вблизи поверхности земли, а южный — внизу, и чем больше толщина магнитных масс, тем глубже и тем меньше будет $-\varepsilon$. Это и наблюдается везде в Курской аномалии.

Индукция земного магнетизма действует по направлению силовых линий, которые в центре Курских аномалий образуют с горизонтом в среднем угол $J=64^{\circ}24'$ или с вертикальной линией $25^{\circ}36'$. Магнитный зенит находится на $25^{\circ}36'$ на юг от астрономического зенита, и если большие массы намагничиваются индукцией, то, при вертикальном положении этих масс, южный полюс должен находиться на северной стороне от северного полюса под углом $25^{\circ}36'$.

Проверить это в южном хребте при малых значениях ε затруднительно. В северном хребте встречаются отрицательные ε — изодинамы в 0,5 Г в трех местах в виде замкнутых кривых и все три находятся на северной стороне от участков с большими положительными величинами ε . В северном хребте имеются 28 гнездообразных участков, в центре которых $\varepsilon > 2,000$ Г. Ширина этих гнезд, считая от $\varepsilon = 0$ до $\varepsilon = 0$, колеблется между 3 и 12 километрами. В южном хребте 29 таких гнезд, менее сильные, расширенные по размерам, с меньшими крайними и меньшими градиентами.

Приведу несколько максимумов в таких участках.

Северный хребет. Южный хребет.

$z = 14,782 \text{ Г}$	$z = 9,289 \text{ Г}$
14,452	6,711
14,256	6,472
11,479	5,823
11,168	5,641
10,997	5,461
10,430	5,011
10,240	4,986
10,018	4 813
8,383	4,365

Наименьшие величины следующие:

Северный хребет. Южный хребет.

$z = -0,838 \text{ Г}$	$z = -0,411 \text{ Г}$
— 0,646	— 0,336
— 0,603	— 0,312
— 0,597	— 0,310
— 0,556	— 0,296
— 0,555	— 0,288
— 0,554	— 0,271
— 0,547	— 0,262
— 0,534	— 0,254
— 0,512	— 0,249

Градиенты аномальных z — изодинам имеют следующие максимальные величины:

Северный хребет. Южный хребет.

0,0711 Г на 1 метр.	0,0077 Г на 1 метр.
661	59
547	52
416	49
407	48
375	38
324	28
154	28
115	27
052	27

В северном хребте градиенты всех элементов больше, чем в южном, а это указывает на то, что глубина северного полюса в северном хребте меньше, чем в южном.

Аномальные h — изодинамы и азимуты δ .

В специальном участке в 136 квадратных километров особенно легко видеть, как полезны карты h — изодинам вместе с азимутами δ , если азимуты нанесены стрелками. Азимут δ и h -изодинамы теснейшим образом связаны с максимумом ε и прямо направлены к линии, соединяющей центры больших ε . На гребне хребта, где $h = 0$, азимут резко изменяется почти на 180° . Особенно интересно следующее: гнезда с большими положительными ε имеют овальную форму и длинная ось, по направлению хребта, приблизительно в два, три и более раза больше короткой. На концах гнезд h и азимуты группируются радиально, а по сторонам, если нет резких изменений ε , азимут почти не изменяется, и стрелки все параллельны и перпендикулярны как к h — изодинамам, так и линии, соединяющей максимумы ε . Такое распределение h и δ показывает, что мы имеем дело не с подземными точечными полюсами, а полюсами в виде линий.

Аномальное наклонение i .

Аномальное наклонение i представляет собою угол между местными аномальными силовыми линиями и горизонтальной поверхностью. Над максимальной линией $+\varepsilon$, где $h = 0$, i равняется 90° . В специальном участке из 28 наблюдаемых я на такую точку или даже линию не попал, на самом деле наблюдал $i = 86^\circ$, и вследствие больших градиентов на несколько метров дальше i должно равняться 90° .

Для отрицательных величин ε наклонение i имеет тоже отрицательный знак, и силовые линии направлены к южному полюсу магнитных масс.

Аномальное наклонение i имеет большое значение для определения глубины полюсов подземных магнитных масс.

IX.

Аномалия тяжести и аномалия геомагнетизма.

Так как геомагнитные аномалии обуславливаются известного рода неправильностями строения земной коры, то они должны сопровождаться аномалиями тяжести. Принимая это в соображение и обнаружив под Москвою существование уклонения отвеса, покойный профессор московского университета Б. Я. Швейцер¹⁾ предположил, что имеется в Московской губернии и магнитная аномалия. По его просьбе в 1853 году преподавателем Константиновского межевого института Мейеном определены были магнитные элементы, и оказалось, что имеется также магнитная ано-

¹⁾ Bulletin de la Société Imp. des Naturalistes de Moscou 1862, № 2 стр. 477—479.

мания. В 1893 г. Г. Фритше¹⁾, обнаружив существование некоторой связи между обоими аномалиями под Москвою, вычислил глубину магнитных масс около 35.000 английских футов. Насколько такие определения верны, видно из того, что покойный профессор московского университета Ф. А. Слудский в 1893 г. вычислил 11 километров²⁾, а в 1896 г.—только 2,2 километра³⁾.

На тесную связь между геомагнетизмом и силою тяжести, начиная с 1862 года, указывал Р. Е. Chase в целом ряде статей в *Silliman's Journal* и других изданиях, а в последнее время W. Deecke⁴⁾ в статье «*Erdmagnetismus und Schwere*» обнаружил такую связь на германских берегах Немецкого и Балтийского морей. В 1887 г. Dr. E. Naumann напечатал книгу «*Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau d. Erdrinde*» и в 1897 г. появилась его статья «*Geotektonika und Erdmagnetismus*»; в этих изданиях Naumann старался выяснить эту связь во всех частях света. В Северной Америке Locke⁵⁾ нашел тесную зависимость геомагнитного наклонения от контуров берегов Hudson-River. По этому вопросу в литературе имеется много указаний подобного характера, но совсем нет фактических данных и одновременных наблюдений для сравнения обеих аномалий. Только в Австро-Венгрии, благодаря трудам R. v. — Sterneck'a, аномалии тяжести хорошо известны, и геомагнитная съемка I. Liznar'a дала довольно точный материал для сравнения отклонения земного магнетизма с аномалиями тяжести. Сравнимых станций оказалось 55 и 109 магнитных.

Связь между аномалиями тяжести и геомагнетизма до Liznar'a искали исключительно в направлении изогон и изоклин; в предыдущих главах мною доказано, что отклонения этих изолиний встречаются не там, где причина отклонения, а иногда даже на большом расстоянии, смотря по тому, на какой глубине находятся отклоняющие массы. Liznar впервые указал на то, что с отклонением силы тяжести Δg можно сравнить только отклонение вертикального напряжения земного магнетизма ΔV . Такое сравнение говорит не в пользу общей связи между Δg и ΔV . Положительные значения Δg сопровождаются как положительными, так и отрицательными ΔV , и наоборот. Величины также не сходятся. Самая большая величина $\Delta g = +132$ там, где $\Delta V = -32 \gamma$, а где $\Delta g = +57$, там $\Delta V = +230 \gamma$. Liznar⁶⁾ при-

1) Bulletin de la Société Imp. des Naturalistes de Moscou 1893, № 4 стр. 381.

2) Известия Русск. Географического Общества. Т. XXIX.

3) Известия Русск. Географического Общества. Т. XXXII, стр. 524.

4) Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie XXII Beilage-Band, Stuttgart, 1906.

5) Locke. Observations made 1835—1843 to determine the magnetical. Dip and the Intensity of magnetical Force in several parts of the United States Transactions of the American Phil. Soc. of Pennsylvania. IX. стр. 23.

6) J. Liznar. Die Vertheilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn. II Theil. Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserl. Academie der Wissenschaften. Bd. LXVII. Wien. 1898, стр. 43.

ходит к следующему заключению: «Nach den vorstehenden Auseinandersetzungen kann im Allgemeinen eine Beziehung zwischen den Störungen der Schwere und des Erdmagnetismus nicht bestehen, obwohl es nicht undenkbar wäre, dass sie in einzelnen Fällen zusammenhängen könnten». Впрочем, нельзя сказать, что даже $+230 \gamma$ уже такая магнитная аномалия, которая происходит от заметных для тяжести масс. Сверх того, Liznar вовсе не старался наблюдать в той точке, где наблюдали аномалию тяжести. Выводы Liznar'a не решают вопроса окончательно.

Маятник R. v. Sterneck'a для простых полевых наблюдений очень неудобен, и поэтому я искал инструменты и способы, требующие минимума средств и времени. В первое время я хотел произвести свои исследования прибором Roland von Eötvös'a, описанным им в статье «Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus»¹⁾. По описанию автора прибор должен быть удобный и целесообразный, но при личном свидании с R. v. Eötvös'ом в 1900 г. выяснилось, что эти приборы в открытом поле днем совсем не годны и только ночью они достаточно спокойны, если они установлены в палатках и если нет ветра.

Пришлось пользоваться ртутным барометром и одним из способов определения атмосферного давления, не зависящим от тяжести. Таких способов два: анероид и гипсотермометр. Барон v.-Wüllerstorff-Urbair²⁾ в 1865 г. предложил способ определения аномалии тяжести ртутным барометром и анероидом, а проф. Н. Mohr³⁾ в Норвежских фиордах вместо анероида употреблял гипсотермометры Richter'a, точность отсчета которых оказалась $\pm 0,001$. Мне пришлось воспользоваться анероидами, так как Richter моего заказа на гипсотермометры с указанною точностью в течение двух лет не выполнил. Пришлось заказать анероиды и переносный ртутный барометр, и исследования я мог произвести только в июле 1909 г.

Ртутный барометр Tounelot № 721 проверялся мною до и после поездки в Физико-Географическом Институте Московского университета с нормальным барометром, при чем поправки оказались:

до поездки в июле 1909 г. — 0,42 мм.
после поездки в августе 1909 г. . . — 0,46 »

Для вычисления принята средняя поправка — 0,44 мм.

Анероиды № 4857 и № 5802 были компенсированы относительно влияния температуры; проверка компенсации при быстром и медленном повышении и понижении температуры от $13^{\circ},7$ до $44^{\circ},4$ дала следующие результаты.

¹⁾ Annalen der Physik und Chemie. Band 59. 1896.

²⁾ Das Aneroid als Instrument zur Messung der Aenderungen der Schwere. Meteorologische Zeitschrift. Band I, crp. 97.

³⁾ Meteorologische Zeitschrift. Band 25, 1908, Heft 5.

При повышении температуры в среднем на 1° в минуту температурные коэффициенты оказались:

№ 4857	— 0,048 мм. на 1° .
№ 5802	— 0,061 » » 1° .

Такое быстрое изменение температуры при полевых работах возможно в том случае, когда инструменты упакованы при низких температурах, а употребляются при высоких и наоборот. Медленное изменение температуры дало следующие температурные коэффициенты, которыми я пользовался:

№ 4857	— 0,0330 мм. на 1°
№ 5802	— 0,0327 » » 1° .

Поправки анероидов определялись в Москве до и после поездки и оказались при температуре 24° :

	№ 4857	№ 5802	Разность.
до поездки . . .	+ 1,03 мм.	— 1,46 мм.	2,49 мм.
после поездки . . .	+ 0,98 »	— 1,47 »	2,45 »

При московской силе (как известно, нормальной) тяжести оба анероида дали действительное давление воздуха B по формулам:

$$\text{№ 4857: } B = A_1 + 1,00 \text{ мм.} - 0,033 \text{ мм.} (t_1 - 24^\circ, 0)$$

$$\text{№ 5802: } B = A_2 - 1,46 \text{ »} - 0,033 \text{ »} (t_2 - 24^\circ, 0),$$

где A_1 и A_2 — отсчеты по анероидам при температуре прибора t_1 и t_2 .

На основании вышеприведенных очень незначительных изменений поправок как ртутного барометра, так и обоих анероидов, точность определений разности давления по тому и другому способу можно считать $\pm 0,02$ мм. при условии крайне осторожного обращения с приборами. По железным дорогам инструменты перевозил в отдельном купе первого класса, а на местах наблюдений исключительно в хорошем рессорном экипаже и только по избранным ровным дорогам, при чем во избежание возможных толчков анероиды во время езды в экипаже держал на руках.

Наблюдения производились в широте $51^\circ 50'$ в одном из участков северного хребта, на дорогах, пересекающих хребет аномалии по направлению от севера на юг. Наблюдения производились в шести местах; из них точка II имеет вертикальное напряжение геомагнетизма 18.607 Г, вместо нормального 4,351 Г. Точка IV находится между двумя пунктами большего напряжения, но с сильными градиентами, что указывает на резкие изменения элементов и на неопределенные магнитные условия. Точки I и VI находятся на север, III и V — на юг от полосы сильной аномалии (в которой лежит II) и точки I, III, V и VI находятся вне полосы магнитной аномалии. Бесперывно переезжая с одной

точки на другую, я произвёл 97 серий наблюдений, из которых в главной точке аномалии № II 31 серию, в точке IV 12 серий, а в остальных четырех свободных от аномалии местах 54 серии.

Поправка для приведения показаний ртутного барометра к нормальной тяжести для Москвы вычисляется по географической широте $55^{\circ}45'$ и равняется $+0,72$ мм., а для широты $51^{\circ}50'$ в Курской губ. $+0,45$ мм. Известно, что Москва находится в области аномалии тяжести, где поправка по широте не действительна, и с другой стороны, совершенно неизвестно, насколько сила тяжести во всей области северного хребта магнитной аномалии действительно соответствует средней величине по географической широте. Поэтому нельзя получить абсолютных величин или даже отношение их к московским. Этого и не требуется. Важно только отношение силы тяжести точки II к силе прочих точек, свободных от магнитных аномалий. Если магнитная аномалия обуславливается более плотными горными породами, тогда в местах максимальной вертикальной слагающей геомагнетизма, ртутный барометр показывает меньше, чем анероиды или гипсотермометры, а в свободных от аномалии местах больше, при чем безразлично, точны ли, верны ли поправки или нет, так как мы имеем дело с разностями.

В среднем получились следующие результаты:

Точки.	Ртутный барометр.	Анероиды.	Разность.
I	741,23 мм.	741,03 мм.	$+0,20$ мм.
II	739,89	739,84	$+0,05$
III	741,28	741,06	$+0,22$
IV	737,54	737,34	$+0,20$
V	744,47	744,23	$+0,24$
VI	738,80	738,60	$+0,20$

В среднем для точек I, III, V и VI без аномалии геомагнетизма и для точки II с сильной вертикальной слагающей получаем следующие разности:

	Ртутный барометр.	Анероиды.
Точка II	$+0,05$ мм.	
Точки I, III, V и VI . .	$+0,22$ „	$\pm 0,02$.

В том месте, где вертикальная слагающая земного магнетизма имеет величину $18,607$ Г, вместо нормальной $4,351$ Г, ртутный барометр показывает на $0,17$ мм. меньше, чем на север и юг, в местах свободных от аномалий. В точке II сила тяжести, или вес ртутного столба, настолько больше, что столб ртути в $739,89$ мм. достаточен для уравнивания такой атмосферы, для которой требуется $740,06$ мм. Разность составляет $0,023\%$. Отсюда видно, что здесь магнитная аномалия обуславливается

очень плотными подземными массами в большом количестве. Если плотность этих масс в два раза больше плотности местных горных пород, тогда их мощность должна быть около 400 метров.

В заключение же могу указать на то, что во время войны в журнале «Das Weltall», 16 Jahrgang, 1916, Heft 17/18 в статье Hans Passarge «Launen d. Schwerkraft», стр. 141, без указания источника, напечатано следующее: «Im Russischen Gouvernement Koursk, z. B.—werden auf verhältnissmässig eng begrenzten Flächenraum Abweichungen vom normalen Wert der Schwerkraft gefunden, für die es an einer hinreichenden Erklärung ganz fehlt; diese Abweichungen verlaufen merkwürdiger Weise in einer gewissen Uebereinstimmung mit Aenderungen im normalen Wert der erdmagnetischen Konstanten, so dass die alte Vermutung an Boden gewinnt, dass zwischen Schwerkraft und Erdmagnetismus eine innere Verwandtschaft obwaltet, über deren Art man aber bisher vollkommen im Dunkeln ist».

Повидимому речь идет о моих исследованиях, хотя я до сего времени о них нигде ничего не печатал, и о моих результатах в литературе ничего неизвестно. В личных беседах с германскими учеными я многократно говорил о результатах своих исследований. Если, однако, заметка Hans Passarge'a относится к другим мне неизвестным исследованиям, то они только подтверждают мои результаты.

X.

Глубина магнитных полюсов.

Изогоны одни не могут служить для определения глубин полюсов подземных магнитных масс, так как они представляют собою только направление в горизонтальной плоскости, хотя большие градиенты склонения указывают на относительно малую глубину. Изоклины также не дают возможности определить глубину, но они имеют перед изогонами то преимущество, что в них содержится элемент вертикального напряжения. Изодинамы разных слагающих, как H , X , Y , Z , так и полной силы G , суть изолинии сумм двух величин, нормального и аномального геомагнетизма, а глубина первого нам совершенно неизвестна, вследствие чего и нельзя из этих сумм определить глубину второго, не отделяя одного от другого. Отсюда ясно, что для определения глубины не нормального магнетизма следует вычесть из общей суммы нормальную часть и воспользоваться аномальными элементами. Вычесть можно только однородные элементы одного и того же направления, следовательно, координаты X , Y , Z . Обозначая через X_0 , Y_0 , Z_0 нормальные и x , y , z аномальные координаты, имеем:

$$\begin{aligned}x &= H \cos D - X_0, \\y &= H \sin D - Y_0, \\z &= H \operatorname{tg} I - Z_0.\end{aligned}$$

Для определения глубин не менее важны градиенты dx, dy, dz , но вычисления градиентов основаны на интерполированных изодинамах и поэтому недостаточно точны. Особенное значение имеют горизонтальное аномальное напряжение h , его азимут δ и полное аномальное напряжение g , которые получаются из равенств:

$$h^2 = x^2 + y^2 \quad g^2 = x^2 + y^2 + z^2,$$

$$g\delta = \frac{y}{x} \quad tgi = \frac{z}{h}.$$

Угол i есть угол между аномальными силовыми линиями и горизонтальной плоскостью и соответствует наклонению J геомагнетизма.

Один из способов определения глубины следующий. Надо выбрать ряд станций, для которых азимут δ имеет приблизительно одну и ту же величину или величину $\delta \pm 180^\circ$ и для которых расстояние между станциями известно. Следует только определить точки пересечения силовых линий в одной и той же вертикальной плоскости, и глубина точек пересечения и есть искомая глубина верхнего северного полюса магнитных масс. Приведу такой пример из северного хребта и другой — из южного.

В северном хребте имеется линия станций со следующими между ними расстояниями:

70	метров	между	№ 4044	и	№ 4045,
70	»	»	№ 4045	и	№ 4046,
70	»	»	№ 4046	и	№ 4047,
70	»	»	№ 4047	и	№ 4048,
70	»	»	№ 4048	и	№ 4049,
106	»	»	№ 4049	и	№ 4115,
106	»	»	№ 4115	и	№ 4116.

Длина всей линии от № 4044 до № 4116 всего 562 метра. Наблюдения на станциях № 4044 и № 4049 производились подряд, и так и измерялось расстояние между ними. На станциях № 4115 и № 4116 наблюдения производились в другое время, и расстояние между № 4049 и № 4115 может быть менее точно, чем другие.

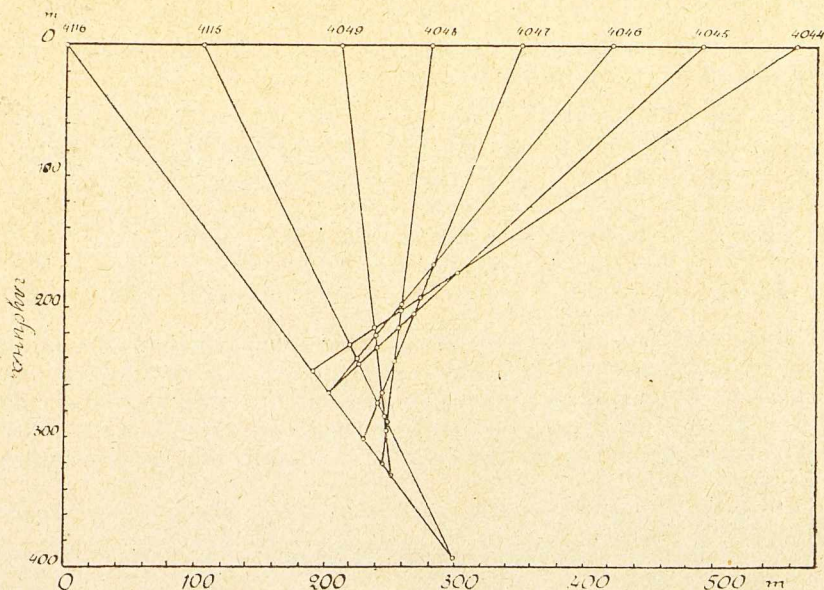
На этих станциях непосредственные наблюдения дали следующие абсолютные величины, приведенные к эпохе 1903,5 г.

Станции.	Западное склонение.	Наклонение.	Горизонт. напряжение.	X	Y	Z
4044	— 52°39'	46°46'	9,309 Г.	+ 5,641	— 7,401	9,902
4045	— 53°20'	51°40'	9,623	+ 5,746	— 7,718	12,170
4046	— 52°41'	59°32'	8,872	+ 5,376	— 7,053	15,082
4047	— 49°39'	69°45'	6,615	+ 4,280	— 5,040	17,931
4048	— 33°42'	80°55'	2,955	+ 2,459	— 1,637	18,483
4049	+ 55°52'	84°04'	1,983	+ 1,112	+ 1,642	19,135
4115	+ 87°57'	72°35'	4,509	+ 0,161	+ 4,505	14,373
4116	+ 90° 1'	65° 5'	5,775	— 0,000	+ 5,775	12,432.

В этих элементах одна часть принадлежит общему геомагнетизму, которая выражается нормальными элементами X_0, Y_0, Z_0 ; а другая часть, происходит от местных магнитных масс. Вычитая нормальную часть, получаем следующие элементы для местных магнитных масс.

Станция.	x	y	z	δ	h	i	g
4044	+3,596 Г	-7,365 Г	+5,549 Г	-64°	8,19 Г	34°	9,90 Г
4045	+3,701	-7,682	+7,817	-64	8,53	43	11,57
4046	+3,331	-7,017	+10,729	-65	7,77	54	13,23
4047	+2,235	-5,004	+13,678	-66	5,48	68	14,64
4048	+0,414	-1,601	+14,130	-76	1,65	83	14,23
4049	-0,933	+1,678	+14,182	+119	1,92	83	14,91
4115	-1,884	+4,541	+10,018	+112	4,92	64	11,15
4116	-2,045	+5,811	+8,077	+110	6,16	53	10,16

Зная расстояние между отдельными станциями, можно графически построить угол i для каждого пункта и получить точки пересечения силовых линий, глубина которых и будет глубина верхнего северного полюса магнитных масс. Азимут δ точек от № 4044 до № 4048 в среднем -67°; начиная с точки № 4049 азимут силовых линий сразу изменяется приблизительно на 180° и для последних трех точек составляет +114°. Отсюда видно, что лежащие в вертикальной плоскости силовые линии местных масс лежат в одной и той же плоскости и их точки пересечения определяют местоположение и глубину полюсов. Поверхность земли в этом участке довольно ровная, и можно ее считать горизонтальной плоскостью. Как видно из чертежа № 2, первые



Чертеж № 2.

четыре станции дают глубины от 178 до 220 метров и лишь самые дальние № 4115 и № 4116—до 370 метров. Точки № 4044 и № 4045 определяют глубину в 178 метров. Средняя глубина по первым станциям 200 метров, но это средняя глубина верхнего, северного полюса, а средняя глубина верхних слоев магнитных масс будет несколько меньше. В стальных магнитах расстояние между северным и южным полюсами приблизительно равно $\frac{5}{6}$ длины магнита; в железно-рудных массах, по определениям шведских специалистов, это расстояние увеличивается до $\frac{9}{10}$ ¹⁾. Если мощность магнитных масс 400 метров, тогда глубина верхних слоев по станциям № 4044 до № 4048 будет приблизительно от 158 до 200 метров. Южные полюсы должны быть на очень больших глубинах, на что указывает большое расстояние центров отрицательных z от центров положительных, и очень малые величины — z , относительно $+z$.

Приведу другой пример из южного хребта, где расстояние между станциями 50 метров. Абсолютные измерения дали следующие величины;

Станция.	Склонение.	Наклонение.	Горизонтальное напряжение.	X.	Y.	Z.
№ 449	— 28°46'	69°21'	3 995 Г	3,500 Г	— 1.992 Г	10 601 Г
№ 448	— 28°38'	7 °21'	3.625	3.179	— 1.740	10.688
№ 450	— 24°55'	73° 0'	3.268	2,964	— 1,379	10.763
№ 455	— 22°52'	75° 0'	2,872	2,648	— 1,117	10,719
№ 456	— 19°04'	75°53'	2,667	2,521	— 0,872	10,520
№ 457	— 14°47'	76°55'	2,476	2,394	— 0,634	10,654

Вычитая нормальные элементы, получаем следующие аномальные:

Станция.	x	y	z	δ	h	i
№ 449	+ 1,421 Г	— 1,900 Г	+ 6,310	— 53°	2,37 Г	70°
№ 448	+ 1,100	— 1,718	+ 6,397	— 58°	2,04	72°
№ 450	+ 0.885	— 1,357	+ 6,472	— 57°	1,62	76°
№ 455	+ 0.569	— 1,095	+ 6,428	— 60°	1,24	79°
№ 456	+ 0,442	— 0,850	+ 6,229	— 62°	0,96	81°
№ 457	+ 0,315	— 0,612	+ 6,363	— 63°	0,69	84°.

Наклонение i местных магнитных масс изменяется на 250 метров расстояния всего на 14°, а это значит, что силовые линии пересекаются на большой глубине, а именно на глубине 660 метров. Этот пример из села Кочетовка, в Обоянском уезде, где в 1898 г. проложили буровую скважину и до глубины 115 саж. магнитных

¹⁾ E. Haanel. On the Location and Examination of Magnetic Ore Deposits. Ottawa. 1904. Стр. 87.

Th. Dahlblom. Ueber magnetische Erzlagertstätten. Uebersetz von Prof P. Uhlich. Freiberg, 1899. Стр. 20—21.

масс не оказалось. Приведенные величины показывают, что нельзя было ожидать магнитных масс на малых глубинах. Сравнивая оба примера, видим, что при больших градиентах глубины малы и что большие отклонения абсолютных величин не могут дать указания на глубину. В первом примере среднее наклонение для всех пунктов 68° а глубина меньше, чем во втором, где среднее склонение 73° . Глубина больше зависит от больших градиентов, чем от больших значений элементов.

Другой способ определения глубины. В северной области Курской аномалии мне удалось вырыть шахту в грунте из сухого песка до глубины 20 метров. К сожалению, в этом пункте аномалия была не велика, несмотря на большой угол наклоения. Наблюдения производились в трех точках: внизу и в двух наверху, на северной и южной сторонах от шахты, на расстоянии 6 метров от вертикальной линии, проходящей через нижнюю точку. Результаты абсолютных измерений следующие:

	Северная стан- ция № 907.	Нижняя стан- ция № 906.	Южная станция № 908.
Наклонение I	$81^\circ 31'$	$81^\circ 45'$	$80^\circ 28'$
Горизонтальное напря- жение H	1,603	1,656	1,815 Г.
Вертикальное напряже- ние V	10,4717	11,421	10,807 Г.

Здесь имеет значение только вертикальное напряжение V . Предположим, что мы находимся над полюсом магнитных масс. На поверхности земли в среднем из двух станций имеем $V=10,777$ Г, а внизу $V_1=11,421$ Г. Нормальная вертикальная слагающая для этого места равна $V_0 X=4,372$ Г и местная магнитная масса дает на поверхности $z=6,405$ Г и на глубине 20 метров $z_1=7,049$ Г. Обозначая магнитный момент подземного полюса через M и глубину полюса от нижней точки через d , получаем

$$z = \frac{M}{(d+20)^2} \quad \text{и} \quad z_1 = \frac{M}{d^2},$$

откуда

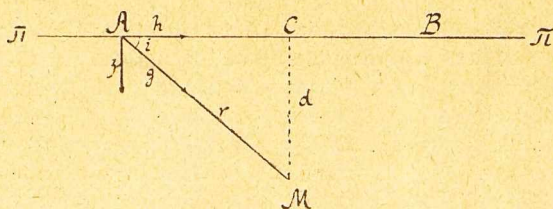
$$\sqrt{\frac{z_1}{z}} = \frac{d+20}{d},$$

или:

$$d = \frac{20}{\sqrt{\frac{z_1}{z}} - 1} = 408 \text{ метров.}$$

Мне не удалось повторить этого опыта в местах с более сильными аномалиями.

Следующие соображения дают четыре новых способа определения глубины:



Чертеж № 3.

Пусть Π представляет поверхность земли и M —верхний полюс магнитных масс с магнитным моментом M . В любой точке A на расстоянии $r = AM$ аномальная полная сила g получается

$$g = C \frac{M}{r^n},$$

если C обозначает постоянную величину, зависящую от свойств грунта. Полную силу g можем разложить на аномальную горизонтальную слагающую h и вертикальную z по формулам

$$h = g \cdot \cos i = \frac{CM}{r^n} \cos i,$$

$$z = g \cdot \sin i = \frac{CM}{r^n} \sin i.$$

Переходя постепенно от точки A к C и дальше к B , найдем, что z от A к C постоянно увеличивается, и в точке C достигает своего максимума и затем, приближаясь к B , опять постепенно уменьшается. Напротив h , приближаясь к C , уменьшается и в точке C она равна нулю. От C к B h опять увеличивается, но имеет отрицательный знак, т.е. противоположное направление. В точке C наблюдается $i = 90^\circ$; $h = 0$ и $z = \frac{CM}{d^n}$, если d глубина полюса.

Точку A можно выбрать так, чтобы $h = z$ и тогда $i = 45^\circ$ и $\sin i = \cos i$.

Треугольник ACM переходит в равнобедренный, в котором $AC = CM$. Тогда глубина d равна расстоянию AC . На другой стороне есть такая же точка B , где тоже $h = z$, хотя азимут δ на 180° больше или меньше, чем в точке A . Таким образом получаем 4 правила для определения глубины d из расстояния $e = AC$ или AB при $i = 45^\circ$.

1. Глубина d равняется расстоянию e от той точки, где $z = h$, до той, где z достигает своего максимума.

2. Глубина d равняется расстоянию e от той точки, где $z = h$, до той, где $h = 0$.

3. Глубина d равняется расстоянию e между точками, где $i = 45^\circ$ и $i = 90^\circ$.

4. Глубина d равняется $\frac{f}{2}$, если f обозначает расстояние между двумя точками, где $h=z$ или $i=45^\circ$.

В нашем первом примере, на стр. 20, прямолинейной интерполяцией получаем $z=h=8,39$ Г на расстоянии 56 метров от № 4046 к № 4045, а максимум для z получается для одной точки на 40 метров дальше от № 4048 к № 4049.

Между точками № 4046 и № 4048 всего 140 метров и, следовательно.

Если искать точку $h=0$, то получается:

$$\text{Глубина} = 56 + 140 + 32 = 228 \text{ метров.}$$

$$\text{Глубина} = 56 + 140 + 40 = 236 \text{ метров.}$$

Мы имеем здесь дело с наблюдениями, но мы могли бы взять примеры из h —и z —изодинам и определить глубину для любого места. Замечательно, что и на самом деле точки A и B обыкновенно не находятся на одинаковых расстояниях от C , что указывает на форму и направление залегания масс. Все теоретические суждения, не зная формы магнитных масс, основаны на предположении стержневидного идеального магнита, находящегося в отвесном положении; в Курской губернии такое предположение в некоторой степени оправдывается тем, что южные полюсы глубоки и отрицательные величины z малы.

Имея наблюдения z на некоторых местах по линии ACB , можем и без h , только по z , определить глубину, если известен максимум z_1 ; в точке C . Для любой точки имеем

$$z = \frac{CM}{r^2} \sin i_1 = \frac{CM}{r^2} \cdot \frac{d}{r},$$

а для точки C

$$z_1 = \frac{CM}{d^2}.$$

В любой точке наблюдаем z , но можем определить $n = \frac{z_1}{z}$ и выбрать точку так, чтобы $n=2, 3, 4, \dots$, или какое угодно число, целое или дробь. Тогда имеем, с одной стороны,

$$z = \frac{CM}{r^2} \cdot \sin i_1$$

следовательно,

$$nz = \frac{CM}{r^2} n \sin i_1 = z_1 = \frac{CM}{d^2};$$

откуда

$$\frac{d^2}{r^2} \sin i_1 = \sin^2 i_1 \cdot \sin i_1 = \frac{1}{n},$$

или

$$\sin i_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{n}}.$$

Зная $\sin i_1$, можно из равенства

$$\operatorname{tg} i_1 = \frac{d}{e}$$

определить $d = e \cdot \operatorname{tg} i_1$. Мы получаем следующие величины:

Станция.	n	i_1	i	$i_1 - i$	e	d по i_1	d по i .
4044	2,667	46	34	+12°	320 <i>m</i>	333 <i>m</i>	216 <i>m</i>
4045	1,893	54	43	+11°	250	343	233
4046	1,379	64	54	+10°	180	368	248
4047	1,082	77	68	+9°	110	473	272
4048	1,047	80	83	— 3°	40	226	326
4115	1,477	61	64	— 3°	136	249	279
4116	1,832	55	53	+ 2°	242	343	321

Здесь предположено, что максимум ε_1 наблюдается в точке № 4049 и $\varepsilon_1 = 14,80$ Г. Для сравнения приведены углы i и глубины по углам i . Углы i расходятся до 12°. Углы i_1 выведены только из ε , а i из ε и h и они более правильны. Эта разница $i_1 - i$ дает нам указание относительно формы магнитных масс. Угол i_1 или $\sin i_1$ слишком велик, следовательно коэффициенты n в равенстве $n\varepsilon = \varepsilon_1$ малы. Так как углы i получаются по действительным наблюдениям, так же как и ε , то по этим углам можно вычислить $n' = \frac{1}{\sin^3 i}$ и затем вычислить ε' . Результаты следующие:

Станция	n'	ε по наблюдениям	ε' по i
4044	5,719	5,549 Г.	2,59 Г.
4045	3,153	7,817	4,70
4046	1,889	10,729	7,83
4047	1,255	13,678	11,79
4048	1,023	14,130	14,49
4115	1,377	10,018	10,75
4116	1,963	8,077	7,55

Отсюда видно, что на самом деле наблюдаются большие величины ε , чем можно ожидать при предположении стержневидного магнита с одним точечным полюсом. Чем дальше от максимума ε , тем больше разность $\varepsilon - \varepsilon'$.

С другой стороны видно, что этот способ дает слишком большие глубины, тем не менее он в одном частном случае, $n = 2$, рекомендуется шведскими магнитологами. Dahlblom в книге „Ueber magnetische Erzlagertstätten (перевод Uhliga), стр. 55, дает

следующее правило, составленное Tiberg'ом: «Der Horizontalabstand derjenigen Punkte, an denen $G_{\max}$ und $\frac{1}{2} G_{\max}$ gefunden worden ist, ist gleich drei Vierteln des Abstandes zwischen der Beobachtungsbene und dem oberen Pol des Lagers».

Что же правило дано на стр. 75 в книге Д. В. Фроста «Изыскания магнитных руд» и на стр. 82 книги Haanel'a «On the Location and Examination of Magnetic Ore Deposits by Magnetometric Measurements».

XI.

Причины геомагнитных аномалий.

Разнообразные гипотезы физиков, геофизиков, магнитологов и геологов, высказанные о причинах геомагнитных аномалий, сводятся или к земным токам или к действию подземных магнитных масс.

В группу земных токов входят все мнения, основанные на особенно хороших или исключительно дурных проводниках электрического тока. Те гипотезы, которые считаются с притяжением разноименных и отталкиванием одноименных магнитных полюсов, предполагают существование таких магнитных масс, но расходятся только в вопросе о природе этих масс.

Рассмотрим сперва земные токи. Амперè еще в 1826 г. высказал мнение, что каждый магнит может быть заменен соленидом, и земной магнетизм есть результат действия электромагнитных токов, циркулирующих в земной коре с востока на запад и внутри земли, где они вызывают высокие температуры.

Lamont полагал, что земные токи не гальванические токи, не термоэлектрические, а электростатического происхождения, так как земля имеет некоторый электрический заряд с определенными суточными и годовыми вариациями.

Магнитные аномалии тоже объясняли земными токами, но для этого надо было придумать резкие разницы в проводимости земной коры, которые усматривали в совокупном действии, с одной стороны, горных пород с большим содержанием металлических руд и других хороших проводников, а с другой стороны, пустот или стекловидных масс и других дурных проводников. Предполагали даже, что существующие дислокации или процессы дислокации сопровождается такими изменениями земных токов, которые вызывают магнитные аномалии. Однако, замечательно, что никто из авторов, ссылающихся на земные токи, не попытался указать источник энергии местных токов и построить схему таких токов, которые могли бы действительно объяснить направление и напряжение земного магнетизма в местах сильных аномалий. Такая попытка наглядно показала бы, как мало вероятно объяснение аномалий в роде Курской земными токами, и какую сложную систему постоянных токов надо придумать, что-

бы получить такую магнетическую картину, которая дана в моих картах. Но постоянные земные токи нам совершенно неизвестны, а только такие, которые, во-первых, очень слабы, в спокойное время имеют довольно правильный суточный и годовой ход с определенными суточными амплитудами и, во-вторых, развиваются главным образом во время полярных сияний и магнитных возмущений. Земные токи спокойного времени в высшей степени зависят от чисто атмосферических условий, главным образом от распределения количества осадков, таяния снега, высоты грунтовых вод, температуры и влажности почвы и воздуха и пр. Мы можем наблюдать только некоторую сумму земных токов, слагающие которой разнообразны, а именно, по выводам покойного профессора Бахметьева¹⁾, кроме индукционных токов от магнитных и атмосферно-электрических явлений, термоэлектрические токи, диаффрагматические токи Quincke, токи, которые появляются при изменении температуры, при выпадении дождя и снега, при переходе воды из одного агрегатного состояния в другое, при трении воды о сушу в почве, реках, при приливах и отливах морских волн, вегетационные токи растительного мира и мн. др.

Никто из авторов работ по земному магнетизму не объяснял ими магнитных аномалий, так как они знали характер этих токов, и наоборот, авторы, ссылающиеся на земные токи и пользующиеся ими в общих выражениях для объяснения магнитных аномалий, в литературе по земным токам совершенно не известны.

Во всяком случае, Курскую магнитную аномалию объяснить земными токами едва ли можно.

Теории магнитных аномалий, основанные на действии магнитных масс, естественно, разделяются по природе этих масс на следующие группы: магнетизм горных пород, магнетизм горных цепей, метеорное железо и железная руда.

Магнетизм горных пород открыт в XVI столетии De Castro на острове Chaul вблизи Бомбея, на высоких скалах. После De Castro целый ряд ученых, во главе которых стояли Humboldt, Bougnier, Reich, Charpentier, Freiesleben, Melloni, Kreil, Hansteen и др., изучали магнетизм горных пород. В настоящее время известно, что базальты, серпентины, габбро, колчеданы, кварциты, глинистые сланцы, гнейсы, диориты, диабазы, туфы, лавы, вообще вулканические породы местами обладают магнитными свойствами, иногда с определенным направлением магнитных осей и ясными полюсами. Вопрос о способе их намагничивания еще спорный. Одни исследователи объясняют магнитность скал ударами молнии, в особенности в таких случаях, когда магнитными бывают только торчащие вверх скалы, в долинах же те же породы не магнитны, или если магнитны, то магнитные оси отдельных кусков на месте имеют разнообразное направление.

¹⁾ Prof. P. Bachmetjew. Der gegenwärtige Stand der Frage über "Electrische Erdströme". Записки Импер. Акад. Наук. VIII Ser. T. XII № 3 Изд. 1901. Стр. 54.

Другие исследователи приписывают магнитность горных пород индукции земного поля в массах, обладающих более или менее магнитной восприимчивостью. Такое предположение правильно, когда положение полюсов и вообще распределение магнетизма в отдельных выбитых кусках вполне соответствует направлению индукции земным полем. Оно и оправдывается в том случае, если такого совпадения направления в настоящее время и нет, но дислокации показывают, что такое совпадение было во время прежних геологических эпох. Повидимому, следует допускать то и другое то-есть, намагничивание ударами молнии и индукцию геомагнитного поля.

От магнетизма горных пород только один шаг до магнетизма скал и горных цепей; таковые могут быть также подземными покрытыми новыми осадочными породами. Связь между геологическими картами и изогонами замечается везде более или менее ясно; менее всего в ровных местах, как, напр., в Голландии, и больше всего в вулканических странах. На южной стороне Гималайских гор изогонны в $+3^\circ$ и $+2^\circ$ имеют направление, параллельное к главной оси горного массива, а изогона в $+1^\circ$ приближается к нормальному направлению и ведет от реки Индуса на юго-восток к острову Цейлону. Очевидно, что Гималайские горы отклоняют изогонны градуса на 2 от их нормального направления. Альпы и Карпаты оказывают возмущающее влияние на распределение всех трех элементов земного магнетизма, только в разных местах в различной степени. Новейшие магнитные съемки в Западной Европе и Северной Америке при достаточной густоте наблюдательных пунктов показывают, что нигде нет идеальных гладких магнитных изолиний, а везде наблюдаются искривления, изгибы, петли и даже небольшие отдельные центры, в особенности в изогоннах. Во многих местах изогонны прямо отклоняются местными поверхностными геологическими условиями. Наиболее полное сопоставление магнитных карт с геологическими сделано для Великобританских островов по магнитной съемке Rücker и Thorpe. Названные авторы показали, что в Англии, Шотландии и Ирландии магнитные хребты объясняются приближением к поверхности земли древних пород среди более новых, при чем первые намагничиваются индукцией земномагнитного поля. Магнитность гор и горных пород вполне объясняет влияние горных хребтов и скал, как покрытых, подземных, так и находящихся на поверхности земли горных пород на распределение геомагнетизма, если кажущиеся неправильности не превышают известных пределов. Нет никакой надобности объяснять изгибы изогон неизвестными земными токами или электричеством в процессе дислокации. Известный магнитолог и один из первых исследователей земных токов Lament ¹⁾ по поводу открытия Kreil'ем искривления изогон в Богемии спрашивает, нельзя ли

¹⁾ Fortschritte der Physik III Jahrg. 1847. Стр. 546.

приписать аномалии влиянию гальванических токов в воздухе или под землей, и сейчас же прибавляет, что никто не мог бы найти такую гипотезу вероятной. Однако 40 лет после Lamont'a мысль об электрическом происхождении аномалии нашла себе горячего поклонника и громкого защитника в лице Dr. Ed. Naumann¹⁾ бывшего директора топографическо-геологической съемки Японии. Dr. Naumann полагает, что электрические движения должны направляться по структуре земли, как световые движения в кристалле зависят от его структуры. Токи, встречая горные цепи, большие трещины, ведущие к раскаленному ядру, складки, сжатия, разрывы и другие дислокации, должны отклоняться от нормального направления и на поверхности производить магнитные аномалии. Подтверждением своей гипотезы Naumann считает то обстоятельство, что магнитные изолинии почти во всех странах испытывают искривления у горных цепей, а также и то, что изогона в 5 градусов в Японии имеет изгиб у большой и одной из старых геологических трещин, называемой Fossa magna. Относительно геологического факта Fossa magna, никаких возражений не было, но совсем другое дело изогонны на приложенной к книге Naumann'a карте. А. А. Тилло в «Обзоре работ по земному магнетизму за пятилетие с 1885 до 1890 года» («Географический ежегодник» т. 1), по поводу этой карты и теории Naumann'a писал: «К сожалению, внимательное рассмотрение цифр, послуживших для определения изогон, привело меня к убеждению, что тот незначительный изгиб в изогонических линиях, на котором Naumann строил свою гипотезу, в действительности очень произволен». Японские магнитологи Knipping, Knott и Tanakadate на основании подробных магнитных съемок 1888 г. и Tanakadate на основании последней очень основательной съемки (изд. в 1904 г.) оспаривали правильность карты Naumann'a. Против самой гипотезы сильно возражали, в числе многих Rücker и Thorpe, производившие последнюю магнитную съемку в Великобритании; они находят, что там горные породы с магнитными свойствами вполне объясняют зависимость геомагнетизма от геотектоники.

Большое количество метеоритов тоже сопровождается магнитною аномалиею.

В Северной Америке, в штате Аризона, в Canon Diable находится большое количество метеоритов на протяжении более $\frac{1}{2}$ километра, которые, благодаря большому содержанию железа, вызывают отклонения магнитной стрелки.

¹⁾ Dr. Ed. Naumann. Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau der Erdrinde. Stuttgart 1887.

E. Naumann. Terrestrial magnetism as modified by the structure of the Earth crust. Geological Magazin 1889. III. 6.

Dr. Ed. Naumann. Geotektonik und Erdmagnetismus. Verhandlungen des XII Deutschen Geographentages in Jena. 1897.

Обратимся к последней причине магнитных аномалий — к железной руде—Naumann и за ним и другие указывают на то, что в Парижском бассейне есть магнитная аномалия, а железной руды нет, и до 500 метров глубины нет никаких дислокаций. Напротив, в железнорудном районе около Nancy, Briey и Longwy никаких изгибов изогон нет. Это будто доказывает, что причина аномалий не железная руда. Здесь надо выяснить два вопроса, которые и объясняют причину магнитных аномалий вообще. Первый вопрос, что такое магнитная аномалия, и второй вопрос, какая магнитная руда может сопровождаться магнитной аномалией.

Рассмотрим, что такое магнитная аномалия. В восточной Азии, в той половине земного шара, где наблюдается восточное склонение, есть обширная область западного склонения, распространяющаяся по меридиану на 3000 километров и по долготе 2500 километров; внутри этой области склонение $+8$ град. Что же это, магнитная аномалия или нет? Если это магнитная аномалия, хотя бы «географическая», тогда все географическое распределение геомагнетизма есть сумма аномалий. Говорят о «местных» магнитных аномалиях; но стоит только посмотреть на карты действительного, а не изглаженного распределения земного магнетизма, по новым съемкам, при достаточной густоте наблюдательных пунктов, как, например, карты Северной Америки, Великобритании, Японии, Германии и др., и считать искривления, изгибы и петли магнитных изолиний аномалиями, тогда нельзя не согласиться, что все распределение земного магнетизма в сущности есть распределение магнитных аномалий. Идеального распределения геомагнетизма, как это представлено на картах маленького масштаба по изглаженным изолиниям, в природе нет и быть не может, раз горные цепи и горные породы, имеющие магнитные свойства, имеют неправильное распределение.

Если вспомним, какие пределы магнитных элементов и какие градиенты наблюдаются в Курской губернии, в Кривом Роге и в Лапландии и сравним их с теми искривлениями, изгибами и петлями изогон, которые наблюдаются в связи с магнетизмом горных пород, вблизи горных цепей или геологических дислокаций, тогда станет ясным, что последние нельзя смешивать с первыми. Крупные магнитные аномалии—аномалии *sui generis*—наблюдаются в Европе по одной тектонической линии, идущей с северо-запада на юго-восток, от Käruna в Лапландии до Кривого Рога, в виде отдельных групп больших гнезд, как Käruna, Luosavaara, Tuolluvaara, Svappavaara, Leveäniemi, Mertainen, Gellivaara и др. в Лапландии, далее острова Юссар в Балтийском море, затем отдельные участки в Курской губернии на протяжении около 500 километров и, наконец, Криворожский район. Причина этих крупных аномалий должна быть иная, чем мелких. Самый крупный горный массив, Гималайские горы, увеличивает магнитное склонение на градуса два и только. Самое большее, что можно

найти, это—изменение склонения до 5 градусов, много до 10°; такие мелкие аномалии следует приписать магнетизму горных пород, лежащих на поверхности земли или под немагнитными на некоторой глубине. Аномалия склонения в Парижском бассейне не превышает 20'—30', и поэтому и понятно, что она из мелких и может не зависеть от залежей магнитных руд, и отсутствие таких руд в Парижском бассейне не может доказать, что крупные аномалии существуют без магнитных подземных масс. Такого же порядка, минут 15—20, изгиб Naumann'a вблизи Fossa magna в Японии, если его магнитная карта верна.

Другой вопрос, какая магнитная руда может сопровождаться крупной магнитной аномалиею. В железнодорожной области Nancy, Briey и Longwy нет аномалии склонения, очевидно потому, что, по словам Th. Mougeaux, руда там содержит только 40% металлического железа. Однако Naumann все-таки признает, что влияние на магнитное напряжение и наклонение там наблюдается, нет только изгиба изогон.

Вопрос о магнитных аномалиях в зависимости от магнитных руд в последнее время хорошо изучен и разработан шведскими магнитологами, геологами и горными инженерами, только вне Скандинавии об этих трудах ничего не знали. Только в 1899 г. в немецкой литературе появился перевод работы Dahlblom'a «Ueber Magnetische Erzlagerstätten und deren Untersuchung durch magnetische Messungen», переводчик P. Uhlich, профессор Горной Академии в Фрейберге, в своем предисловии констатирует, что на немецком языке имелась только изданная в 1879 г. брошюра «Untersuchungen von Eisenerzfeldern durch magnetische Messungen von Robert Thalén». В России работы шведских специалистов почти неизвестны, хотя в Горном Журнале за 1879 год появился перевод той же статьи Robert Thalén'a. Горный инженер Д. В. Фрост в 1907—1908 учебном году в Томском Политехническом Институте читал курс изыскания магнитных руд магнитными инструментами и в 1910 г. напечатал свой курс в виде руководства для студентов Горного Отделения Варшавского Политехнического Института (Известия Института, Вып. 1909 г.). В «Известиях Екатеринославского Высшего Горного Училища» появилась статья «Изыскания магнитных залежей» проф. Леонтовского. Если к ним прибавить еще русский перевод горного инженера Барбота-де-Марна выше указанной работы Dahlblom'a и мою статью «Вопрос о железе на международном геологическом конгрессе в Швеции» («Временник Общества содействия успехам опытных наук имени Х. Ф. Леденцова». Вып. 3 за 1910 г.), то этим и исчерпывается вся русская литература по вопросу о магнитных аномалиях в связи с магнитными рудами.

В Швеции магнитные наблюдения считаются необходимыми, как при каждой разведке магнитных руд, так и при изысканиях во время самой разработки, с целью нахождения новых гнезд и более богатых частей залежей. Prof G. Nordenstrom пишет в своей

изданной в 1897 г. книге: «L'Industrie minière de la Suède» стр. 21: «Presque tous les gisements de fer de la Suède et un grand nombre de gisements attractifs d'autres espèces, comme les minerais de cuivre, ceux de zinc, de cobalt et de nickel, ont été découverts à l'aide de cet instrument¹⁾ si simple, que l'on continue à employer dans leur exploration et dans leur recherche au point de vue de la direction et de la puissance». Относительно медных и цинковых руд Nordenström объясняет, что они в Швеции встречаются вместе с магнетитом.

О. Stutzer в своей статье «Geologie und Genesis der lappländischen Eisenerzlagerstätten (Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, XXIV Beilage — Band, стр. 555) рассказывает, каким простым образом магнитными приборами в Лапландии открыли богатейшие залежи магнетита. «Levcäniemi wurde 1897 von der Svappavara-Gesellschaft zum Aufsuchen neuer Lagerstätten ein Magnetometer gegeben. Mit diesem Instrumente durchstreifte der Händler zwei Jahre lang die Wälder und Moore seiner engeren Heimat, bis er das Riesenmagnetit vorkommen von Leväniemi fand, das unter Moor und Moränenmaterial begraben lag». Большая часть залежей магнетита открыта магнитными приборами.

Шведские специалисты разделяют магнитные горные породы на аттрактивные и ретрактивные. Аттрактивны только три минерала: магнетит, яkobит и магнитный колчедан; ретрактивные суть: оливин, титановое железо, авгит, роговая обманка, серный колчедан и др.. Из аттрактивных минералов магнитный колчедан намагничивается слабо, и залежи этого минерала не могут образовать сильные магнитные аномалии. Яkobит — редкий минерал. В виду сказанного сильные аномалии указывают только на залежи магнетита, намагниченные геомагнетизмом путем индукции, пропорционально полной силе и по направлению силовых линий местного нормального геомагнетизма. Отчасти намагничивание залежей магнетита приписывают самоиндукции.

Ретрактивно - магнитные минералы намагничиваются и притягиваются магнитом, однако индукция земного магнетизма, даже в Лапландии, где нормальное напряжение геомагнетизма больше, чем в Курской губернии, слишком слаба, чтобы намагнитить ретрактивные минералы, и, где имеются только такие минералы, там нет магнитных аномалий. Если ретрактивные минералы смешаны с аттрактивными, тогда они действуют совместно на магнитные приборы и могут образовать сильные магнитные аномалии. Шведские специалисты приписывают самое сильное действие на магнитные инструменты так называемой черной руде магнетита. Магнетит (Fe_3O_4), покрытый другими породами, сохраняет свое процентное содержание металлического железа (70%), но чем больше магнетит может принимать кислорода и уменьшает процентное содержание металли-

¹⁾ Magnétomètre.

ческого железа, тем меньше его магнитное свойство, и если магнетит превратится в гематит (Fe_2O_3), тогда его магнитное действие гораздо слабее. Раз в Курской губернии очень сильная аномалия, и глубина полюсов значительна и тем не менее магнитное действие очень велико, надо полагать, что залежи содержат руду с наименьшим количеством кислорода, то-есть магнетит (Fe_3O_4).

Таким образом понятно, почему при 40% металлического железа в руде района Nancy, Briey и Longway нет больших магнитных аномалий.

Начиная с 1900 г., Лапландия изучается магнетометрически на государственный счет, и составляются магнитные железнорудные карты вместе с геологическими. Карты большею частью рукописные и мало доступны. Для нас особенно поучительны изданные в 1910 г. параллельные геологические и магнитные карты для самой богатой магнетитом местности Kärna и приложенный к ним «A brief account of a Magnetic survey of the Iron Ore Field of Kärnavaara, made in the years 1900 to 1910 under the supervision of V. Carlheim-Gyllenskold». Идея способа обработки магнитной аномалии в Kärna оказалась та же, которая принята мною в моих докладах в 1897 г. и в моей работе «о нормальном и аномальном геомагнетизме». От общего магнетизма выделяется нормальный, и остаток рассматривается, как магнетизм местных масс. Разница только в том, что у меня абсолютные измерения и абсолютные величины, а шведские магнитологи пользуются вариационными приборами, которые вне области аномалии относительно нормального магнетизма приводятся к нулю и таким образом показывают только аномальную часть. Главное внимание обращено на вертикальное напряжение. Для Kärna получилось полное совпадение изодинам этого элемента с границами залежей магнетита. Карты составлены в масштабе 1:8000.

Магнитная карта вертикальной слагающей показывает все те особенности, которые встречаются на карте z —изодинам Курской аномалии. В Kärna такой же магнитный хребет разделяется на отдельные гнездо-образные и вытянутые по общему направлению хребта участки с большой вертикальной слагающей с положительным знаком, а отрицательные значения очень малы как по величине, так и по распространению. В таблице на стр. 17. Account'a даны 33 величины полной силы. Максимум из них 6,619 упоминается еще раз на стр. 33; на карте проведены изодинамы, и область свыше 8,0 Г занимает 5% площади аномалии. По расчету Carlheim-Gyllenskold'a количество руды в Kärna 1.372.000.000 тонн, а по Lundbohm'y 758.000.000 тонн. Принимая во внимание, что залежи Kärna имеют длину не более 10 километров, а в Курской губернии оба хребта около 500 километров, а максимум $Z = 14,782$ Г, то-есть больше, чем в Kärna, надо полагать, что Курские залежи несравненно богаче железными рудами с высоким процентным содержанием металлического железа, чем Лапландские.



1-50к
Цена ^{5/2} 215 руб.

Указанная на книге цена никем
не может быть повышена.

ВЫШЛО ИЗ ПЕЧАТИ:

Материалы по исследованию Курской магнитной аномалии,
издаваемые под редакцией академика **П. П. Лазарева**.

1. П. Лазарев, Отчет о работах Комиссии по исследованию
Курской магнитной аномалии за 1919 г. Москва 1920 г.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО.
Москва □ 1921.

119

