

1302665 / РР 89-89

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА



• 73 •

Проф. В. А. КОСТИЦЫН

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

Ф

Государственное Издательство

1923.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА — ПЕТРОГРАД

Популярно-научная библиотека.

Состоит из книжек, рассчитанных на читателя, обладающего познаниями в размере приблизительно курса школ 2-ой ступени.

Физика и химия.

- *Конобеевский, С. Т. — Строение вещества. Ц. 80 к.
- *Его же. — Что такое радий. Ц. 15 к.
- *Ленар, О. — О принципе относительности, эфире и тиготении (критика теории относительности). Ц. 20 к.
- Лермантов, В. В. — О том, как работают машины и как рассчитывают их действия. Ц. 1 р. 20 к.
- *Нагель. — Романтика химии. Ц. 40 к.
- Тиндаль Д. — Звук. Ц. 1 р. 60 к.
- Философия науки. Вып. I. Физика. Сборник статей. Ц. 70 к.
- *Эйнштейн. — О теории относительности. Ц. 40 к.
- *Винер, О. — Физика и развитие культуры (печ.).
- *Кляссен. — Двенадцать лекций о природе света (печ. 2-е изд.).
- Гильом, Ш. Э. — Начатки механики (печ. 2-е изд.).
- Грец, А. — Краткий курс электричества (печ.).
- Лассар Кон. — Химия в обыденной жизни (печ.).
- *Шмидт, Г. — Проблемы современной химии (печ. 2-е изд.).
- *Его же. — Мировой эфир, электричество и энергия (печ.).
- Философия науки. Вып. II. Физика. Сборник статей (подг. к печ.).
- *Ауэрбах. — Пространство и время (подг. к печ. 2-е изд.).
- *Ихок, Ф. — Перпетуум мобиле (подг. к печ.).

Биологические науки.

- *Анучин, Д. Н. — Происхождение человека. Ц. 12 к.
- *Аркин, Е. А. — Мозг и душа (2-е изд.). Ц. 25 к.
- Грин, Р. — Начатки ботаники. Ц. 30 к.
- *Завадовский, М. М. — Пол животных и его превращение (механика развития пола). Ц. 1 р.
- *Каммерер, П. — Омоложение и продление личной жизни. Ц. 17 к.
- Костычев, С. — О появлении жизни на земле. Ц. 20 к.
- Мечников, И. И. и Тимирязев, К. А. — Две статьи о Луи Пастере. Ц. 30 к.
- *Миз. — О бактериях. Ц. 40 к.
- *Немилов. — Что такое смерть. Ц. 40 к.
- Сеченов, И. — Физиологические очерки, ч. I. Ц. 60 к., ч. II. Ц. 1 р. 10 к.
- Тимирязев, К. А. — Значение науки (Луи Пастер). Ц. 30 к.
- Талиев, В. — Строение и жизнь растения. Ц. 1 р. 25 к.
- Гессе, Р. — О происхождении видов и дарвинизм (печ. 2-е изд.).
- *Деккер. — Ощущение и слух, I ч. (печ.).
- Костычев. — О брожениях (печ.).
- Мечников, И. И. — Этюды о природе человека (печ.).
- *Молиш, Г. — Биологические очерки. Сборник статей (печ.).
- Немилов. — Внутренние двигатели человеческого тела (гормоны) (печ. 2-е изд.).
- *Павловский, Н. — Явления голодания в природе (печ.).
- *Сборник популярных статей о происхождении животных и растений, под ред. С. А. Зернова (печ.).
- Синицын, Д. Н. — Лекции по биологии, I ч. (печ. 2-е изд.).
- Тимирязев, К. А. — Жизнь растения (печ.).
- Его же. — Борьба растений с засухой (печ. 2-е изд.).
- Его же. — Земледелие и физиология растений (печ.).

91(с138)

К72

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

- 73 -

Проф. В. А. КОСТИЦЫН

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

2001

1302665



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ПЕТРОГРАД

V. 28-VII 23 г.

1905

Гиз. № 5361.

Главлит 13570. Москва.

Тираж 8000 экз.

1-я тип. МСНХ. „Печатное Искусство“. Арендаторы С. Я. Пузмер и инж. С. Г. Глякин.
Маросейка Армянский пер д. 6.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Земной магнетизм в связи со строением Земли.

Мне остается сказать, по какому
закону природы то происходит, что
камень притягивать может железо.

Лукреций. „О природе вещей“.

1. Всякий раз, как нам приходится встречаться с действительным на расстояние, наше непосредственное чувство возмущается и смущает наш ум *). Этим объясняется та борьба с законом тяготения Ньютона, которую в течение столетия (конец семнадцатого и первая половина восемнадцатого века) вели многие ученые и особенно философы, несмотря на то, что в земных явлениях мы часто наблюдаем проявление силы тяготения в виде падения тел, и к ней прекрасно приспособлен наш организм. Тем более загадочной и таинственной должна была казаться магнитная стрелка с ее дрожаниями, колебаниями и упорным стремлением к северу. Для объяснения ее свойств наука в течение длинного ряда столетий не могла указать причин, а там, где наука бессильна, ее место занимает сказка. И у многих авторов древности мы находим предания об огромных магнитных горах, расположенных на севере и влияющих издали на магнитную стрелку. Горе безрассудному мореплавателю, который посмеет приблизиться к магнитной горе: все железные предметы на корабле покинут свои места, и корабль развалится, лишенный железных скреп, болтов, гвоздей. Отголоски этих преданий мы находим даже

*) Правда, некоторые философы уверяют, что непосредственное действие предмета на предмет столь же непонятно, как и действие на расстояние (см. Ф. Паульсен Введение в философию).

у современных писателей, и последнюю дань этой легенде отдал Жюль Верн в своем «Ледяном Сфинксе».

Однако на-ряду с созданием сказок человечество в течение ряда веков накопило большое количество опытов, наблюдений и предположений относительно свойств магнитной стрелки, и развившиеся за XV и XVI столетия мореходные сношения требовали приведения в порядок, научной обработки всего этого материала. Эта важная работа была впервые выполнена гениальным английским физиком Джильбертом (1540—1603); но, прежде чем говорить об его работах, посмотрим, что было обнаружено наблюдениями.

2. *Элементы земного магнетизма.*—Возьмем магнитную стрелку хотя бы в самой простой форме, например, намагниченную иголку и, снабдив ее поплавком, пустим на воду так, чтобы она была горизонтальна. После нескольких колебаний, дрожаний она, наконец, примет спокойное положение, и мы без труда заметим то, что было известно уже китайцам тысячи лет тому назад: стрелка будет приблизительно направлена с севера на юг. Долгое время считали, что стрелка указывает точно на север и что подмеченные отклонения случайны. Впервые Колумб во время своего путешествия в Америку (1492) обнаружил, что стрелка образует некоторый угол с линией север—юг, т.е. с земным меридианом, и что этот угол для каждого места на земной поверхности есть некоторая вполне определенная величина. Этот угол называется *склонением*. Знать его необходимо, если мы хотим по показаниям компаса определить положение стран света.

Представим себе, что нам известно склонение во многих местах земного шара. Есть очень удобный способ наглядного изображения его изменений на карте. Для этого мы соединяем плавными линиями все те точки, где склонение имеет одно и то же значение; мы получаем, таким образом, *изолинии* для склонения или *изогоны* (рис. 1). Если число точек, для которых мы знаем склонение, достаточно велико, то по карте изогон мы можем с достаточно большой точностью определить склонение для любой точки. Мы смотрим, между какими изогонами расположена данная точка. Пусть это будут изогоны 20° и 25° . Мы замечаем отсюда, что склонение в дан-

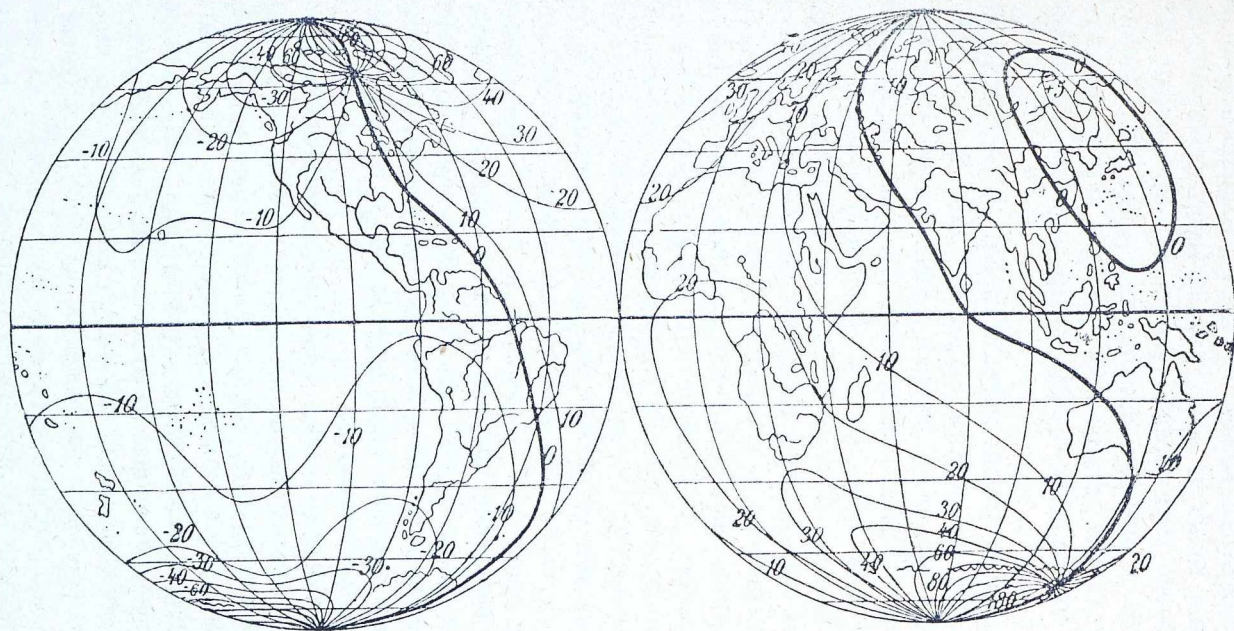


Рис. 1. Линии равного склонения—изогоны: с первого взгляда видна неправильность их расположения; жирные линии означают нулевую изогону, в каждой точке которой магнитная стрелка указывает прямо на север; в области Восточной Азии видна замкнутая нулевая изогона.

ной точке заключается между 20° и 25° , и прикидываем на глаз расстояния точки от обеих изогон. Пусть расстояние от изогон 20° равно двум третям расстояния от изогон 25° . Это значит, что склонение в данной точке равно 22° . Конечно, в отдельных случаях мы рискуем сделать очень большую ошибку, но в большинстве случаев будем получать достаточно точные указания.

Представим себе, что мы магнитную иголку подвесили за середину так, что она вполне сохраняет свою подвижность. Мы увидим, что тот конец, который указывает на север, вместе с тем наклонен вниз, и даже наклонен очень сильно. Тот угол, который игла образует с плоскостью горизонта, называется *наклоном*. В наших широтах наклонение равно 60° — 70° . Если мы соединим плавными линиями все те точки на земной поверхности, в которых наклонение одинаково, мы получим изолинии наклонения, или *изоклины* (рис. 2). Карта изоклин показывает, что близко от географического экватора, но не совпадая с ним, тянется замкнутая линия, на которой наклонение равно нулю. Эта линия называется *магнитным экватором*, и на ней магнитная стрелка горизонтальна. К северу и к югу от магнитного экватора наклонение по абсолютной величине возрастает, и изоклины являются замкнутыми линиями, расположение которых очень напоминает расположение параллельных кругов; как эти последние окружают географические полюсы, так и изоклины окружают некоторые точки, в которых стрелка стоит вертикально и которые называются *магнитными полюсами*.

Ввиду чрезвычайно малых размеров магнитной стрелки по сравнению с земным шаром, мы можем считать, что направление магнитной стрелки, вполне определяемое склонением и наклоном, вполне совпадает с направлением той магнитной силы, которая действует на стрелку, или, как принято выражаться, с направлением магнитного поля в данной точке. Но магнитное поле, кроме направления, имеет и напряжение. Единицею для измерения напряжений служит так называемый *гаус*, или напряжение в такой точке, в которой на единицу (CGS) количества магнетизма действует сила, равная одной дине.

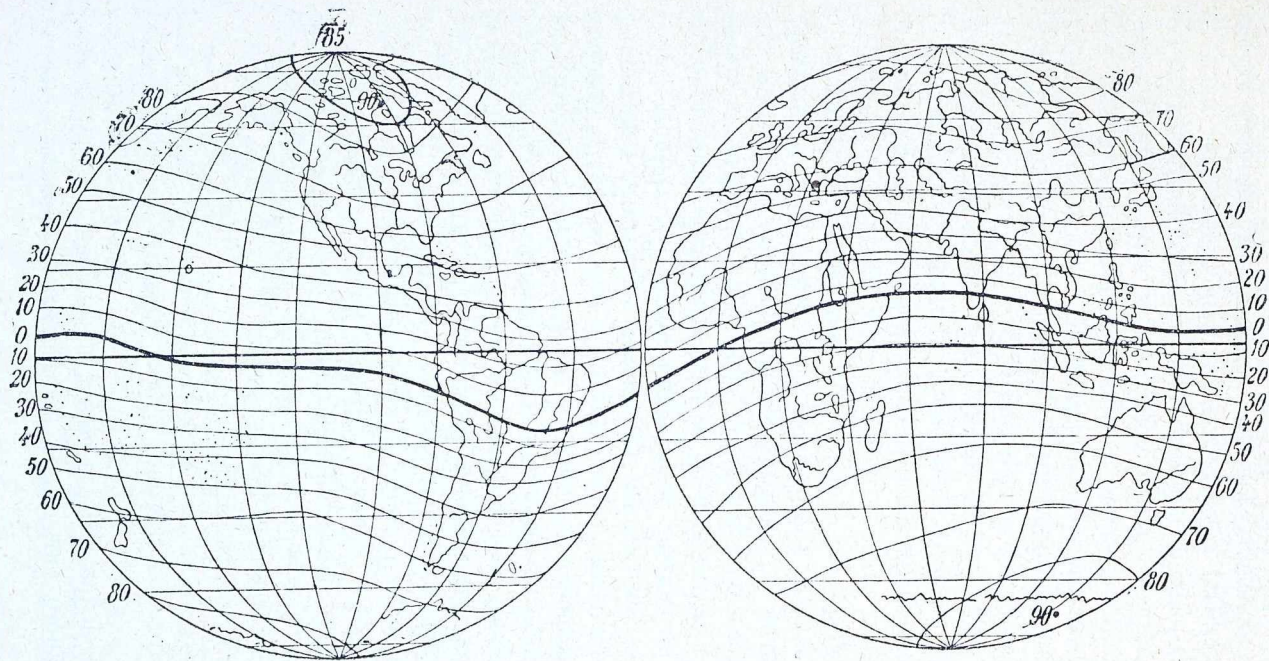


Рис. 2. Линии равного наклонения—изоклины; жирная линия отмечает магнитный экватор, на котором магнитная стрелка горизонтальна; там, где стоит цифра 90, находятся магнитные полюсы, здесь магнитная стрелка вертикальна.

Зная направление и напряжение магнитного поля, мы можем определить и его слагающие по различным направлениям. Из этих последних для нас наибольший интерес имеют горизонтальная (Н) и вертикальная (Z) слагающие магнитного поля. Наряду с картами склонения и наклонения по тем же принципам можно построить и карты напряжения магнитного поля, при чем в этом случае линии равного напряжения называются *изодинамами*. На практике чаще всего пользуются изодинамами горизонтальной слагающей и изодинамами вертикальной слагающей.

Наконец, наряду с изогонами, изоклинами и изодинамами при изучении земного магнетизма приходится пользоваться еще так называемыми магнитными меридианами и параллелями. Вот что под этим подразумевается. Если бы мы стали двигаться к северу, по направлению полярной звезды, мы описали бы на земной поверхности дугу меридиана и, в конце концов, достигли бы географического полюса. Представим себе, что мы движемся к северу, руководясь магнитной стрелкой и делая каждый шаг по ее направлению в данном месте. Мы опишем на земной поверхности некоторую кривую, носящую название магнитного меридиана. Магнитные меридианы, как и географические, пересекаются в двух точках, с которыми мы уже встречались выше и которые называются *магнитными полюсами*. Система магнитных меридианов сильно напоминает систему географических меридианов, но исковерканных и сдвинутых. Представим себе, что мы движемся по земной поверхности в направлении, образующем в каждой точке прямой угол с направлением магнитной стрелки. Мы опишем замкнутую кривую, которая будет напоминать параллельный круг, и вся система таких линий будет походить на измятую и исковерканную систему параллельных кругов. Рис. 3 дает достаточное представление о магнитных меридианах и магнитных параллелях.

3. *Вариации земного магнетизма.*—Беглого взгляда на магнитные карты достаточно, чтобы увидеть всю неправильность распределения магнетизма на земной поверхности. Однако и эти неправильные черты не являются постоянными. Элементы земного магнетизма испытывают изменения (вариа-

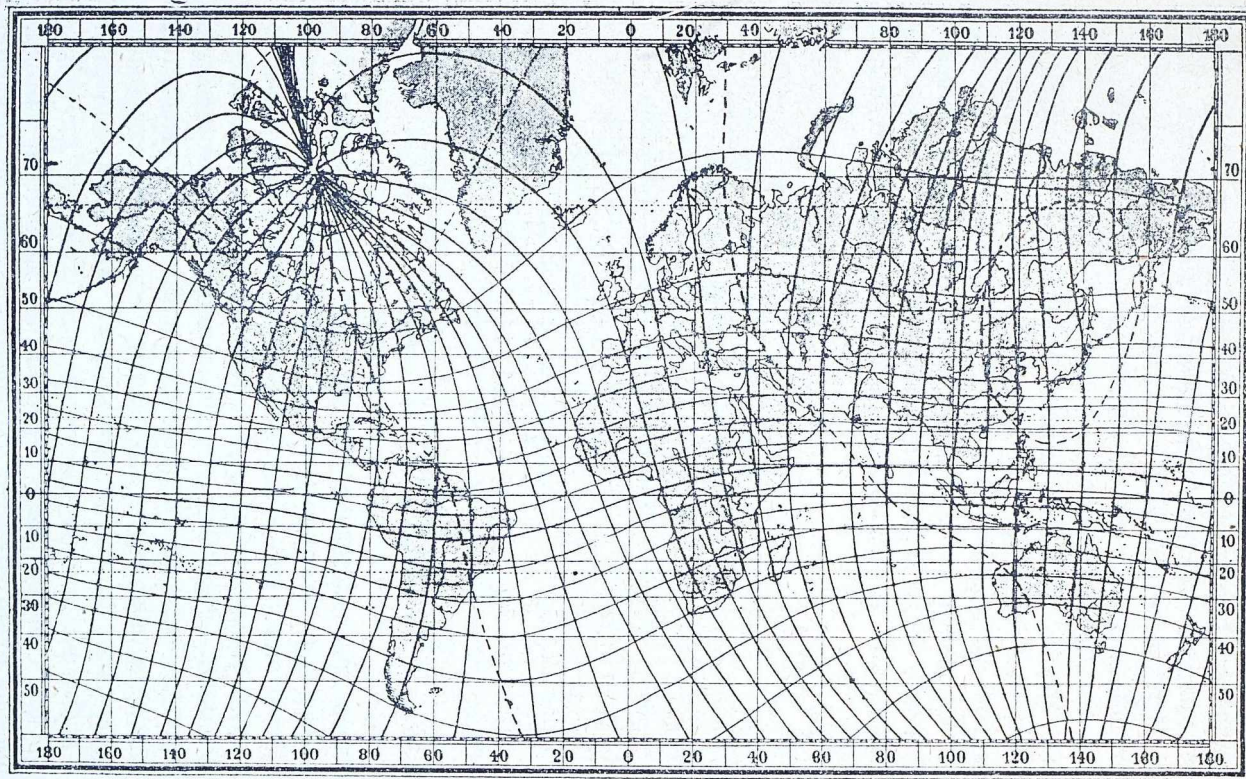


Рис. 3. Магнитные параллели и меридианы.

ции), некоторые из которых имеют периодический характер, как, например, суточные и годовые вариации, некоторые являются кратковременными нарушениями, как, например, магнитные бури, некоторые же, как вековая вариация, медленно, но неуклонно меняют магнитный лик Земли. Начнем их изучение с последней, т. е. с вековой вариации.

Уже первые последовательные наблюдения обнаружили, что магнитное склонение для данного места не есть величина постоянная, но зависит от времени и довольно заметно меняется. На рис. 4 мы даем графическое изображение изменений склонения для Парижа по наблюдениям от 1540 до 1900 года. Мы видим, что в 1540 году склонение было восточным и

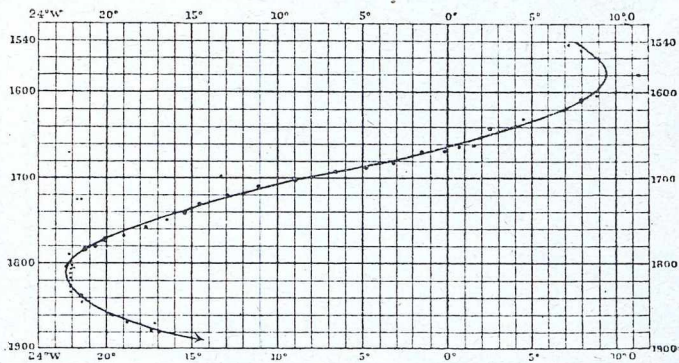


Рис. 4. Графическое изображение изменений склонения для Парижа от 1540 до 1900 г.

равнялось приблизительно $7,5^{\circ}$. С 1540 до 1580 года оно возрастало и в 1580 году достигло максимального значения— $9,5^{\circ}$. После этого оно стало убывать, в 1660 году перешло через нуль, стало западным и к 1810 году достигло наибольшей величины— $22,3^{\circ}$ зап. скл.; после этого оно стало убывать и убывает до сих пор. Вид этой кривой как будто показывает, что склонение испытывает колебания с периодом в 460 лет вокруг среднего значения, равного $6,4^{\circ}$ зап. склонения, причем наибольшее отклонение от среднего значения в ту или другую сторону равно $16,1^{\circ}$. Таковы заманчивые выводы, которые как будто вытекают из вариации склонения. Однако в

настоящее время трудно сказать, в какой мере они правильны, и нужно по меньшей мере еще одно столетие наблюдений, чтобы вырешить вопрос о периодичности вековой вариации.

Одновременно с изменениями склонения происходят изменения наклонения и напряжения магнитного поля Земли; меняется и расположение магнитных изолиний, а следовательно, перемещаются и магнитные полюсы. Вполне естественно возникла мысль свести вековую вариацию земного магнетизма к перемещению магнитных полюсов, соединенному с некоторым вращением всего магнитного поля вокруг земной магнитной оси. Однако для решения этой задачи у нас недостает одного из основных данных—у нас нет достаточно точных и многочисленных определений положения магнитных полюсов. Северный магнитный полюс был открыт в 1831 г. знаменитым полярным путешественником Джемсом Россом под 70° — 51° сев. широты, и $96^{\circ} 45'$ зап. долготы. Южный полюс был открыт в 1909 году английской южно-полярной экспедицией; он лежит под $72^{\circ} 25'$ ю. ш. и 154° вост. долготы. Если не ошибаюсь, это единственные непосредственные определения положения магнитных полюсов. Все другие определения основываются на общей картине распределения магнетизма на земной поверхности и выводятся при помощи тех или иных теоретических соображений.

Самое раннее из определений магнитных полюсов было произведено Меркатором в 1546 году по способу засечек. Мы уже видели выше (рис. 3), что общий вид и распределение магнитных меридианов очень напоминает географические меридианы. Меркатор предположил, что магнитные меридианы являются действительно большими кругами, пересекающимися в магнитных полюсах. Это дает очень простой способ определения полюсов по двум наблюдениям склонения, произведенным в двух разных местах. Для этого достаточно в каждом из этих мест провести большой круг, образующий с меридианом места угол, равный склонению. Пересечение этих больших кругов и дает нам магнитные полюсы. Нечего и говорить о том, насколько груб и несовершенен этот способ. Рис. 3 показывает, что магнитные меридианы имеют лишь самое отдаленное сходство с большими кругами, и нам ясно, что

магнитные полюсы, полученные по способу Меркатора, могут лежать очень далеко от действительных магнитных полюсов. Несколько лучше способ Вейера: на земной поверхности выбирается ряд точек, для которых известно склонение, и производится определение полюсов по способу Меркатора для каждой пары из этих точек; затем берется средняя из всех полученных положений полюсов, и эта средняя принимается за истинное положение магнитного полюса. Этот способ может дать довольно точные результаты, однако, несравненно выше стоит знаменитый метод Гаусса, о котором мы будем говорить несколько ниже.

Применив тот или другой из имеющихся приемов, мы по имеющимся наблюдениям можем определить положение магнитных полюсов для целого ряда лет. Такого рода работа была произведена неоднократно и до сих пор не дала решающих результатов относительно того, какую кривую описывает магнитный полюс по земной поверхности: замкнутая ли это кривая, напоминает ли она круг или эллипс. Решение этого вопроса все еще в будущем.

На ряду с вековой вариацией земного магнетизма, относительно которой мы не знаем даже, периодична ли она, существует ряд периодических вариаций; прежде всего нужно указать вариацию с 11-летним периодом, ставящую явления магнетизма на Земле в непосредственную связь с жизнью Солнца. Отмечая из года в год размеры суточного колебания различных элементов земного магнетизма, обнаружили одиннадцатилетнюю периодичность, и сопоставление с кривою числа солнечных пятен показало сходство кривых даже в мелких подробностях, бросающееся в глаза при взгляде на рис. 5. Эта связь земного магнетизма с солнечными пятнами чувствуется еще сильнее, если мы сопоставим статистику солнечных пятен со статистикой магнитных бурь и полярных сияний. На рис. 6 верхняя кривая дает числа северных сияний, средняя—магнитных бурь и нижняя—солнечных пятен. Мы видим, что на годы наибольшей солнечной деятельности выпадает и наибольшее число магнитных бурь и полярных сияний. Таким образом усиление солнечной деятельности всегда сопровождается нарушениями земного магнетизма и часто очень сильными.

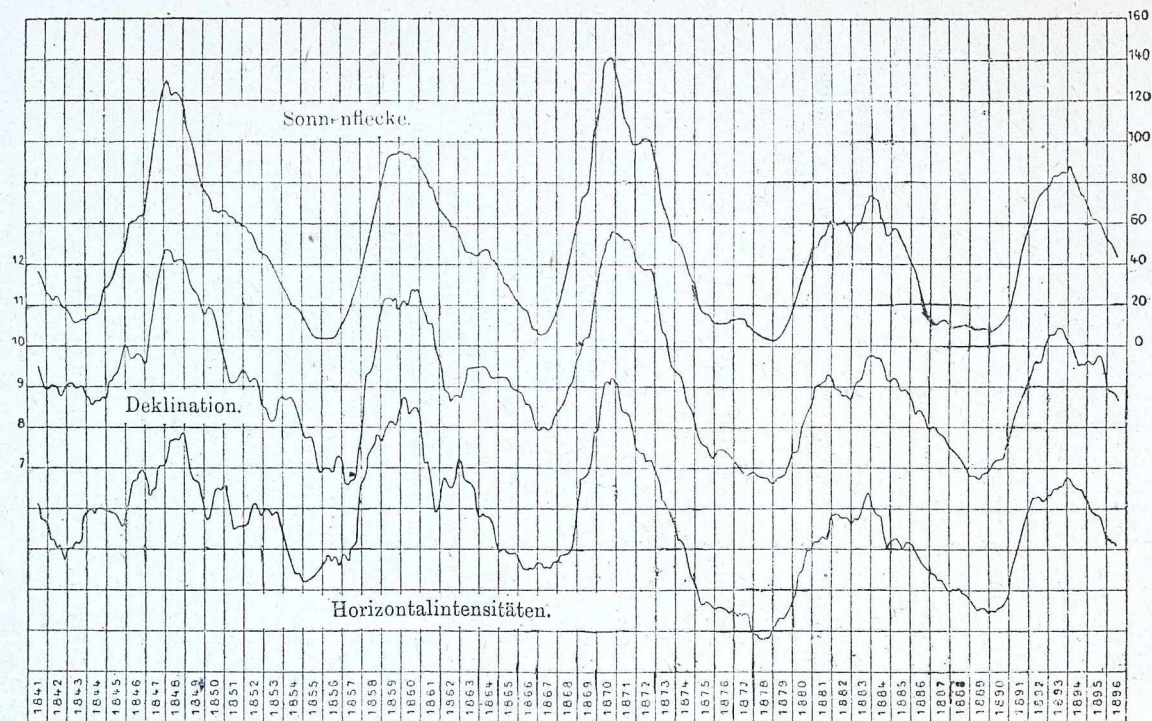


Рис. 5. Вековое колебание суточной вариации склонения и горизонтального напряжения по сравнению с одновременным колебанием числа солнечных пятен. Верхняя кривая показывает относительную частоту из года в год солнечных пятен. Нижняя кривая показывает изменения из года в год суточной вариации горизонтальной составляющей земного магнетизма; средняя кривая дает то же самое для склонения.

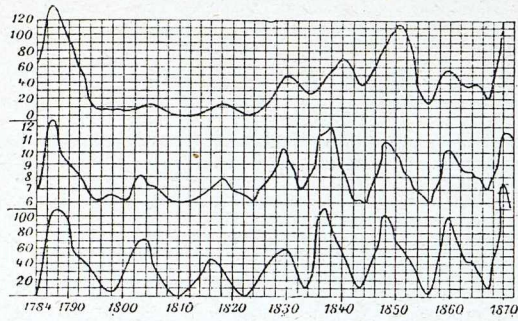


Рис. 6. Зависимость между солнечными пятнами, магнитными бурями и полярными сияниями.

Рис. 7, 8, 9 дают нам представление о годовичных и суточных вариациях земного магнетизма. На каждом из рисунков верх-

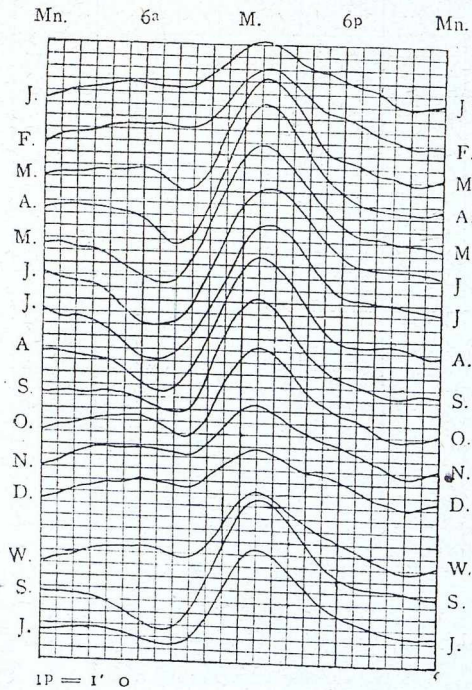


Рис. 7. Суточная вариация склонения в Потсдаме.

ние двенадцать кривых дают средние изменения в течение суток для каждого месяца года; из нижних трех кривых верх-

ная относится к зиме, средняя к лету и самая нижняя к году. Мы видим, таким образом, что, например, в январе (самая верхняя кривая) склонение возрастает медленно от полночи до 5 часов утра, затем медленно убывает до 8 часов утра и затем снова возрастает до часу дня, после чего убывает до самой ночи. Аналогичный ход испытывает склонение и в другие месяцы года, при чем это изменение особенно сильно вид-

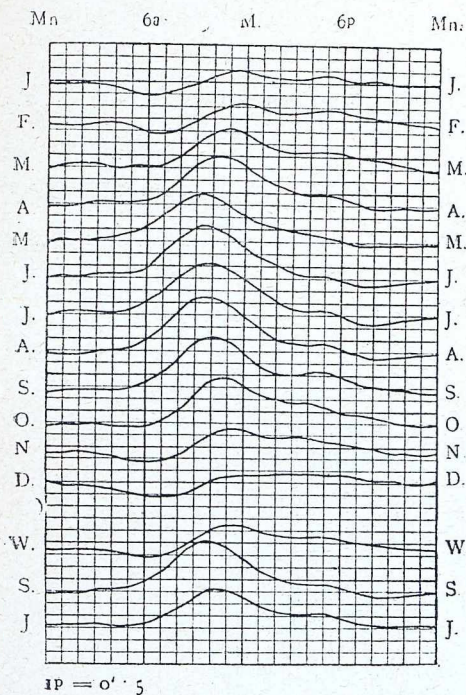


Рис. 8. Суточная вариация накло-
нения в Потсдаме

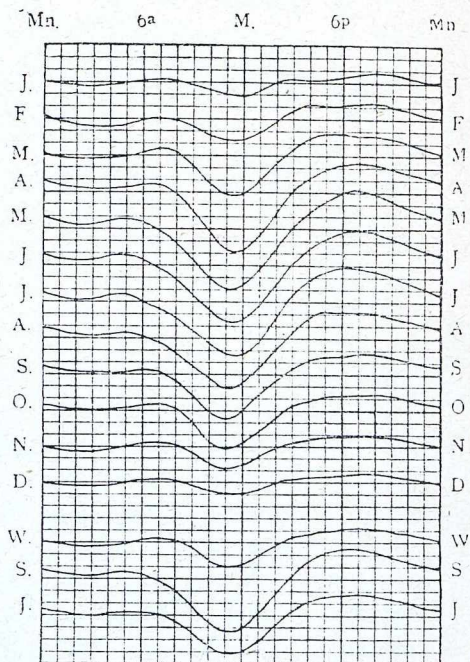


Рис. 9. Суточная вариация напря-
жения в Потсдаме.

но в летние месяцы. Наоборот, напряженность магнитного поля к полудню всегда испытывает уменьшение, опять-таки особенно сильно выраженное в летние месяцы.

4. *Строение Земли.*—Различные материалы, из которых складывается Земля, расположены в виде последовательных оболочек, резко отличающихся одна от другой как физическими свойствами, так и химическим составом. Начнем с наиболее легкой внешней оболочки—газообразной. Она облегает зем-

ную поверхность сравнительно толстым слоем, постепенно переходящим в междупланетное пространство. Хорошее представление о строении атмосферы дает рис. 10. Мы видим, что

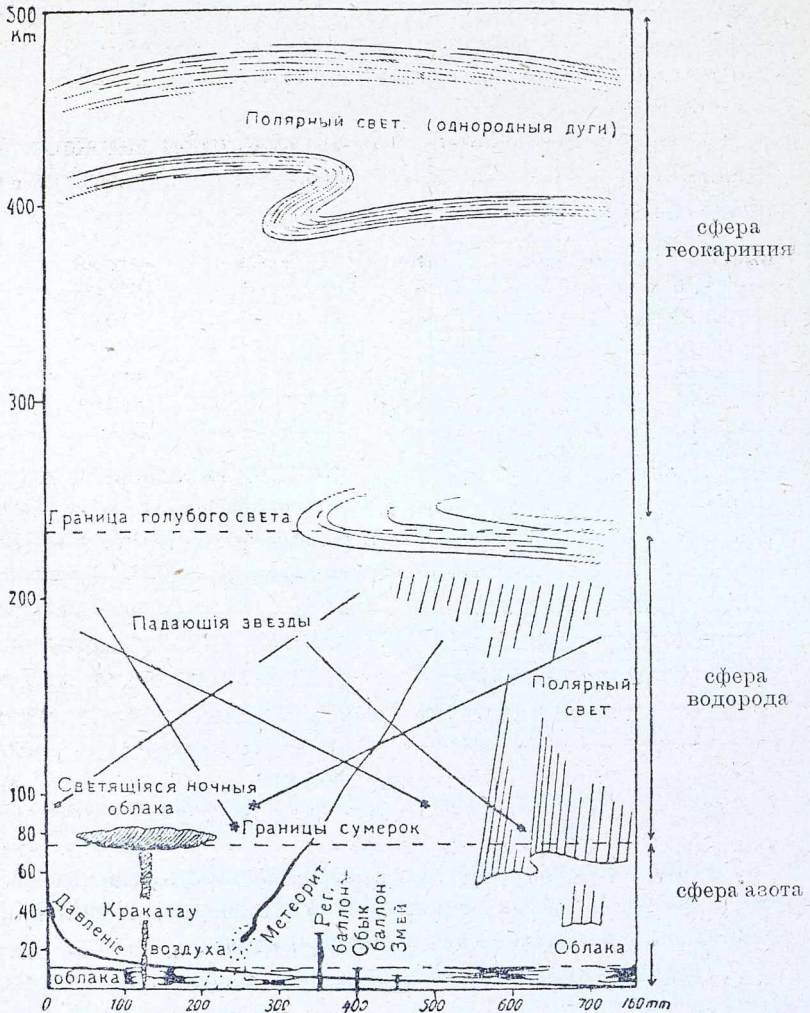


Рис. 10. Строение атмосферы.

наибольшая высота, до которой поднимаются облака, равна десяти километрам. Этот слой называется *тропосферой*. В нем

происходит непрерывное перемешивание, постоянный обмен между нижней и верхней его частью, благодаря господствующим в нем восходящим и нисходящим воздушным течениям, и этим поддерживается постоянство его химического состава. С явлениями, происходящими в тропосфере, мы хорошо знакомы благодаря постоянным подёмам змеев, шаров-пилотов, шаров-зондов, которые дают возможность изучить давление, температуру, состав и другие свойства этого нижнего слоя земной атмосферы.

Начиная с этой высоты, состав атмосферы меняется. Эта зависимость состава от высоты может быть передана следующей таблицей:

Высота в км.	кислород	азот	аргон	водород
0	20,9%	78%	0,93%	0,0033%
40	10%	88%	—	1%
60	6%	77%	—	12%
80	1%	21%	—	55%
100	—	1%	—	67%
200	—	—	—	50%

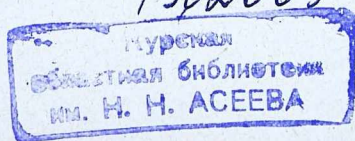
Мы видим, что на высоте 80 км азот находится в воздухе в такой же пропорции, в какой у земной поверхности кислород, а водород, которого у поверхности было ничтожное количество, здесь уже является господствующим газом. Есть основание думать, что переход от области азота в область водорода совершается не постепенно, а со скачком, с резкой сменой области азота областью водорода. Этот скачок имеет место на высоте 80 км; действительно, светящиеся ночные облака, в течение нескольких лет появлявшиеся после извержения вулкана Кракатоа в 1883 г., находились именно на этой высоте; с другой стороны, явление чередования зон слышимости звука и зон молчания, наблюдающееся постоянно при сильных взрывах, как будто указывает на существование отражения звука от верхних слоев воздуха на высоте 80 км. Этот слой, толщиной в 80 км, называется *эффективной атмосферой*, а его часть, лежащая над тропосферой, называется *стратосферой*.

Однако атмосферные явления не исчерпываются тем, что происходит в пределах эффективной атмосферы. Свечение падающих звезд, начинающееся на высоте 200 км, показывает,

Курск. магнитн. аномалия.

1302665

2



что там имеются частички вещества, достаточно густо рассеянные, чтобы проникающие в атмосферу тела могли раскаляться, благодаря трению. Наконец, северные сияния показывают, что на высоте до 500 км существует газ, чрезвычайно разреженный и могущий светиться при прохождении через него наэлектризованных частиц. Выше 500 км атмосфера, по всей вероятности, настолько разрежена, что столкновения между ее частицами чрезвычайно редки. Давление воздуха с высотой убывает чрезвычайно быстро. На рис. 10 оно показано кривой, при чем давление откладывается по горизонталям, и стоящие внизу числа—0, 100, 200... дают величину давления в миллиметрах ртутного столба. Мы видим, что на границе тропосферы давление равно $\frac{1}{4}$ атмосферы, а на границе эффективной атмосферы оно практически равно нулю. Точно также быстро убывает и плотность. Здесь является в высшей степени важный вопрос о том, в какой мере атмосфера участвует во вращении земли вокруг оси. Совершенно очевидно, что нижний слой атмосферы, постоянно перемежаемый восходящими и нисходящими течениями, постоянно испытывающий трение, вращается вокруг земной оси с той же угловой скоростью, как и сама Земля. Не менее очевидно, что уже на высоте 500 км атмосфера незаметно переходит в междупланетное пространство, а движения находящихся в нем частиц не имеют никакого отношения к вращению Земли. Несомненно, переход от одного режима к другому совершается постепенно; мы легко можем себе представить, что, чем выше лежит атмосферный слой, тем менее он захватывается земным вращением, тем более он отстает от земной поверхности, и для наблюдателя, находящегося на последней, верхние слои атмосферы должны казаться вращающимися вокруг земной оси, но в сторону, обратную вращению Земли. Запомним этот чрезвычайно важный факт, к которому нам еще придется дальше вернуться, и перейдем к следующей земной оболочке—жидкой, *гидросфере*.

Гидросфера—океаны и моря—покрывает три четверти земной поверхности, вернее, суша составляет 29% и море 71% всей земной поверхности. Если бы вся земная поверхность была равномерно покрыта водою, глубина этого всемирного океана (панталасса) была бы равна 2.400 метрам. По сравне-

нию с толщиной атмосферы, это—очень тонкий слой, но, благодаря большому удельному весу воды по сравнению с воздухом, давление этого слоя на дно было бы равно 240 атмосферам, т.е. представляло бы из себя очень значительную нагрузку. Но, как мы хорошо знаем, земная поверхность покрыта водою весьма неравномерно: 29% представляют из себя сушу; от берега и вплоть до глубины в 200 м идет *мелководье*, являющееся продолжением материка; на мелководье приходится 5.7% всей земной поверхности. Далее, до глубины 2.400 м идет крутой спуск или скат, переходящий в *океаническое плато*, расположенное между глубинами 2.400—5.500 м и занимающее около $\frac{1}{2}$ всей площади Земли. И, наконец, последняя очень круто спускающаяся ступень занята *абиссальной* областью, опускающейся ниже 5.000 м и покрывающей 5% всей площади Земли, при чем местами глубина доходит почти до 10 км. Мы видим, что разница давлений между рядом расположенными точками земного шара может быть очень велика.

Чрезвычайно интересно распределение температуры в океанах. Так, для Тихого океана несколько севернее экватора мы имеем следующие числа:

Глубина в метрах	0	100	200	400	600	800	1000	2000	3000	4000	дно
Температура	26,	9,	17,	011,1	8,9	6,9	5,3	4,5	2,6	2,0	1,9 1,7

Таким образом, ниже 1.000 м температура воды не превышает 5°, а у дна она близка к нулю. В то время как суша испытывает очень сильные нагревания, огромная площадь земной поверхности, покрытая океанами, находится постоянно под действием очень низкой температуры. К этому вопросу нам еще придется вернуться.

Следующая по счету оболочка Земли—*литосфера*—твердая кора Земли, на которой мы живем и строение которой до некоторой очень небольшой глубины знаем из непосредственных наблюдений. Плотность каменных поверхностных пород осадочного происхождения равна в среднем 2.5. Плотность изверженных пород несколько больше и равна в среднем 3. Средняя плотность Земли равна 5.5. Мы видим, таким образом, что под внешней твердой оболочкой, состоящей из осадочных пород, и под следующей за нею твердой оболочкой, со-

стоящей из изверженных пород, должны лежать более плотные породы. Каковы они и каковы их свойства?

Здесь первые руководящие указания нам может дать так называемый *геотермический градиент*, или мера возрастания температуры с глубиной. В среднем на каждые 100 метров глубины температура возрастает на 3° С. Если мы предположим, что эта мера роста температуры имеет место для любой глубины, то уже на глубине 40 км должна господствовать температура в 1.200° , а на глубине 100 км температура

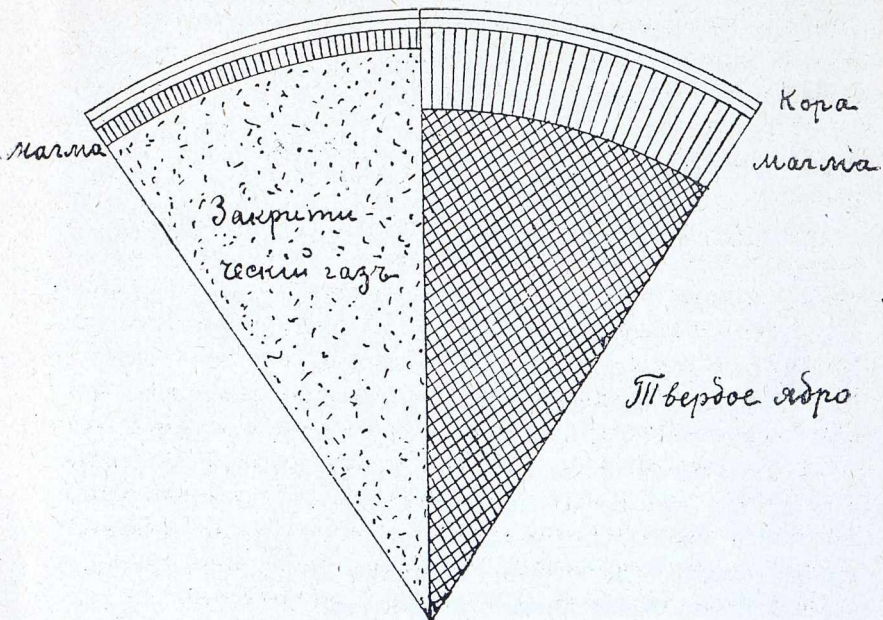


Рис. 11. Разрез земли по Аррениусу-налево и по Вихерту направо. в 3.000° . При такой температуре все вещества, нам известные из земной химии, должны быть в расплавленном состоянии, и приходится допустить, что внешний слой Земли—твердая кора—покоится на расплавленной массе, которая называется *магмой*. Это предположение вполне подтверждается существованием вулканических явлений.

Как далеко идет магма внутрь Земли? На этот вопрос в настоящее время дается несколько ответов. Мы можем предположить, что возрастание температуры продолжается и после

перехода от литосферы к магме. Тогда рано или поздно будет достигнута так называемая критическая температура, т.е. температура, выше которой газ никаким способом ни под каким давлением не может быть обращен в жидкость. Если мы допустим, что эта температура на известной глубине для магмы достигается, то мы должны предположить, что ниже этой глубины у нас не жидкость, не тягучая масса, а раскаленный газ, находящийся под очень высоким давлением. Таковы взгляды Аррениуса. Против них Вихертом и многими другими физиками и астрономами делались возражения, основанные на изучении распространения волн землетрясений, приливных волн и т. д. Оказывается, что эти явления происходят так, как если бы внутреннее ядро Земли было абсолютно твердым. Различие обеих точек зрения наглядно показано на рис. 11.

Обе точки зрения, однако, не так непримиримы, как кажется. При высоких давлениях и при огромных скоростях самые простые тела меняют свои свойства. Так, например, струя воды, выбрасываемая при очень высоком давлении, уже напоминает твердое тело, и об нее можно иступить саблєю, не перерубив ее. Несомненно, при тех огромных давлениях, которые господствуют внутри земли, закритический газ может вести себя, как твердое тело. Для нашей цели безразличен вопрос, кто прав—Аррениус или Вихерт. Запомним только, что, если принять гипотезу Вихерта, то простой арифметический расчет показывает, что радиус внутреннего твердого ядра должен быть равен 4.500 км, и, следовательно, его расстояние от поверхности равно 1.500 км.

Каковы взаимоотношения между магмой и лежащей сверху корою? Можно было бы думать, что равновесие коры напоминает равновесие свода; однако исследования Дж. Дарвина показали, что это до известной степени верно только для верхнего слоя коры, где каждый элемент испытывает сжатие. Напротив, нижний слой коры легко поддается растяжениям и потому совершенно неустойчив. В нем легко возникают трещины, по которым магма может подниматься и изливаться на земную поверхность. Бывает также, что магма, поднявшись по щели, не находит себе выхода вверх и распростра-

няется в стороны, раздвигая слои и слегка поднимая выше лежащие породы. Так образуется лакколит (рис. 12). Химическое и тепловое действие поднявшейся таким путем магмы может совершенно изменить химические свойства и строение осадочных пород, среди которых возникает лакколит.

Благодаря трещинам отдельные участки земной коры могут опускаться; боковое давление в некоторых случаях может вызвать изгибание слоев, образование складок, и тогда этот участок коры будет тяжелее, чем прилегающие. Исследование распределения силы тяжести показывает, что такие перегруженные участки коры несколько опускаются, как слегка опускается льдина или плот, когда на них садится человек. Отсюда возникла теория *изостазии*, согласно которой отдельные

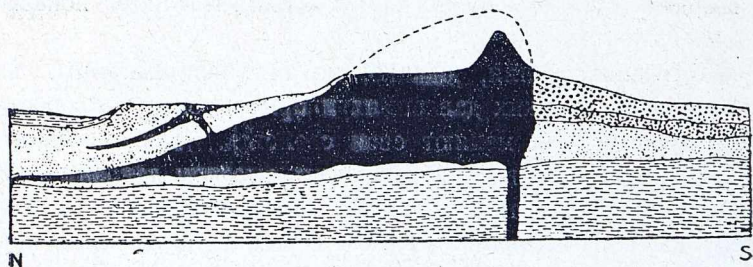


Рис. 12. Разрез лакколита Антрацитового хребта, Лосинные горы; черным показана проникающая сквозь трещину и разлившаяся в стороны магма.

участки коры как бы плавают в более тяжелой магме, и если участок несет на себе дополнительный груз в виде хотя бы горной цепи, то он должен глубже сидеть в магме. Точно также, под континентами земная кора должна быть толще, чем под океанами.

Несколько иначе представляет себе эти отношения Вегенер. По его мнению, материковые массы прямо плавают в магме. Земля состоит из трех последовательных слоев: внутреннее ядро радиусом в 4.500 км, состоящее из никкеля и железа (Ni Fe); выше его расположена Si Ma — слой, толщиной в 1.500 км, состоящий главным образом из кремния и магния, вернее, из их соединений. Жидким этот слой можно называть только относительно: по всей вероятности, он представляет из

себя густо-тягучую массу наподобие вара. Наконец, в этой **Si Ma** «плавают» материковые массы, состав которых можно характеризовать словом **Si Al** (кремний + алюминий). Вода океанов прямо покоится на **Si Ma**; что же касается до материковых масс, то они медленно передвигаются в **Si Ma** под действием центробежной силы и других сил, о которых здесь не место говорить. В состав **Si Ma** входит гораздо больше железа, чем в состав **Si Al**; поэтому, по гипотезе Вегенера, морское дно должно быть более магнитно, чем материки. В настоящее время гипотеза Вегенера завоевывает все больше и больше

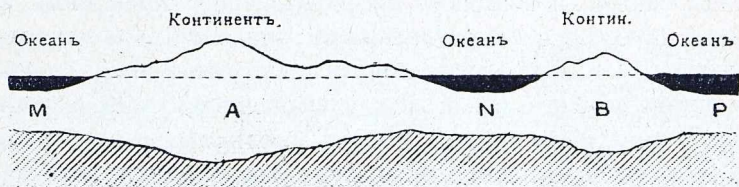


Рис. 13. Взаимоотношения между магмой и корой.

симпатий среди геологов и геофизиков, и нужно сознаться, что она действительно великолепно объясняет многие факты, которые до нее объяснению не поддавались.

5. *Причины земного магнетизма.*—После этого длинного, но необходимого отступления о строении Земли, вернемся к вопросу о земном магнетизме и прежде всего займемся работами основоположника учения о геомагнетизме—Джилльберта.

Перед Джилльбертом стояли два факта: несомненная связь между явлениями земного магнетизма и географическими полюсами и не менее несомненные отклонения магнитной стрелки от полюса, выражающиеся существованием склонения. Первую проблему Джилльберт разрешил, выставив предположение:

Magnus magnes terra ipsa est.

Земля сама является огромным магнитом.

Не будучи в состоянии подтвердить это положение достаточно большим числом наблюдений, Джилльберт прибег к чрезвычайно интересному опыту. Он построил из магнитного

железняк модель земного шара (терелла—маленькая земля) и исследовал поведение магнитной стрелки в различных местах поверхности этой модели. Оказалось, что явления на модели очень напоминали явления на Земле. Стрелка указывала на магнитные полюсы шара; имелось и наклонение, при чем оно меняло знак,—на магнитном экваторе этого шара равнялось 92° на полюсах 90° . Эти опыты заставили Д ж и л ь б е р т а отказаться от поисков причин земного магнетизма на небе и принять, что сама Земля намагничена наподобие его маленькой модели, имеет магнитные полюсы, имеет магнитный экватор.

Но где лежат магнитные полюсы Земли? Д ж и л ь б е р т сделал смелое (и неверное) предположение о совпадении магнитных полюсов с географическими; эта ошибка его психологически и методологически понятна и извинительна: слишком заманчива мысль о связи между вращением Земли и земным магнетизмом, и мы увидим, что эта мысль завоевывает в науке все большее и большее место. Ну, а как же быть со склонением, как быть со стрелкой, которая не указывает на север, а на несколько градусов отклоняется от него к востоку или к западу? Это,—отвечал Д ж и л ь б е р т,—аномалия, неправильность, зависящая от того, что земная поверхность неровна, и часть ее покрыта океанами: благодаря намагниченности материков и немалой глубине воды стрелка испытывает отклонение в сторону. Опять-таки и здесь Д ж и л ь б е р т ошибся, но в этой ошибке есть правильная мысль: стремление отделить нормальный магнетизм от аномального и объяснить последний неправильным распределением масс у земной поверхности; и эта мысль Д ж и л ь б е р т а также дала всходы в наше время.

Однако ряд ошибок, допущенных Д ж и л ь б е р т о м, как это часто бывает, заставил забыть крупную истину, содержащуюся в его взглядах. Его преемники пользовались уже другою моделью, на этот раз чисто теоретической, для понимания явлений земного магнетизма. Предположим, что внутри Земли, вблизи от ее центра, расположен небольшой, но очень сильно действующий магнит. Оказалось, что, меняя положение центра этого магнита и направление его оси, можно получить распределение магнетизма на земной поверхности, близко напоминающее его действительное распределение. Такова была

теория, построенная Бондом в 1668 году. Нечего и говорить, что она имеет задачей не столько объяснить явления земного магнетизма, сколько дать их наиболее простое описание. Поэтому, мы не удивимся тому, что скоро к одному магниту оказалось необходимым присоединить другой несколько меньший магнит (Галлей, 1683 г.), чтобы дать более точное описание явлений, а за вторым последовал третий. Образовалась система столь же сложная, как система эпициклов Птолемея, и столь же лишенная реального содержания. Так обстояло дело до первой четверти XIX века, когда Гаусс (1838) дал способ весьма просто описывать явления без посредства каких-либо гипотез об их происхождении.

Теорию Гаусса нельзя изложить, не применяя математики. Некоторое представление о ней я попытаюсь, однако, дать, заранее извиняясь за некоторую неясность последующих рассуждений, имеющих целью путем аналогий показать ход мысли Гаусса. Представим себе, что мы должны определить состав сложного звука. Для этого служит особый прибор, называемый анализатором звука и состоящий из ряда камер, каждая из которых отзывается только на определенный простой звук. Если мы произведем в присутствии этого прибора сложный звук, то отзовутся только те камеры, простые звуки которых имеются и в данном сложном звуке. Если число камер достаточно велико и полно, мы можем с довольно большой точностью сказать, из каких простых звуков состоит сложный звук.

Точно так же известный математический инструмент—гармонический анализатор лорда Кельвина—дает возможность определить, из каких простых волн состоит данная сложная волна. Конечно, все эти определения лишь приближенны, но теоретически можно себе представить звук или сложную волну разложенными на простые элементы с любой степенью точности. И вот Гаусс построил формулу, дающую возможность с любой степенью точности представить распределение магнетизма на земной поверхности, зная значения магнитных элементов в нескольких точках земного шара. Единственная гипотеза, которой пользовался Гаусс, заключалась в предположении, что земной магнетизм вызывается

причинами, лежащими внутри земной поверхности. Формула Гаусса особенно удобна тем, что мы можем, исходя из нее, построить земное магнитное поле и для точек, лежащих вне

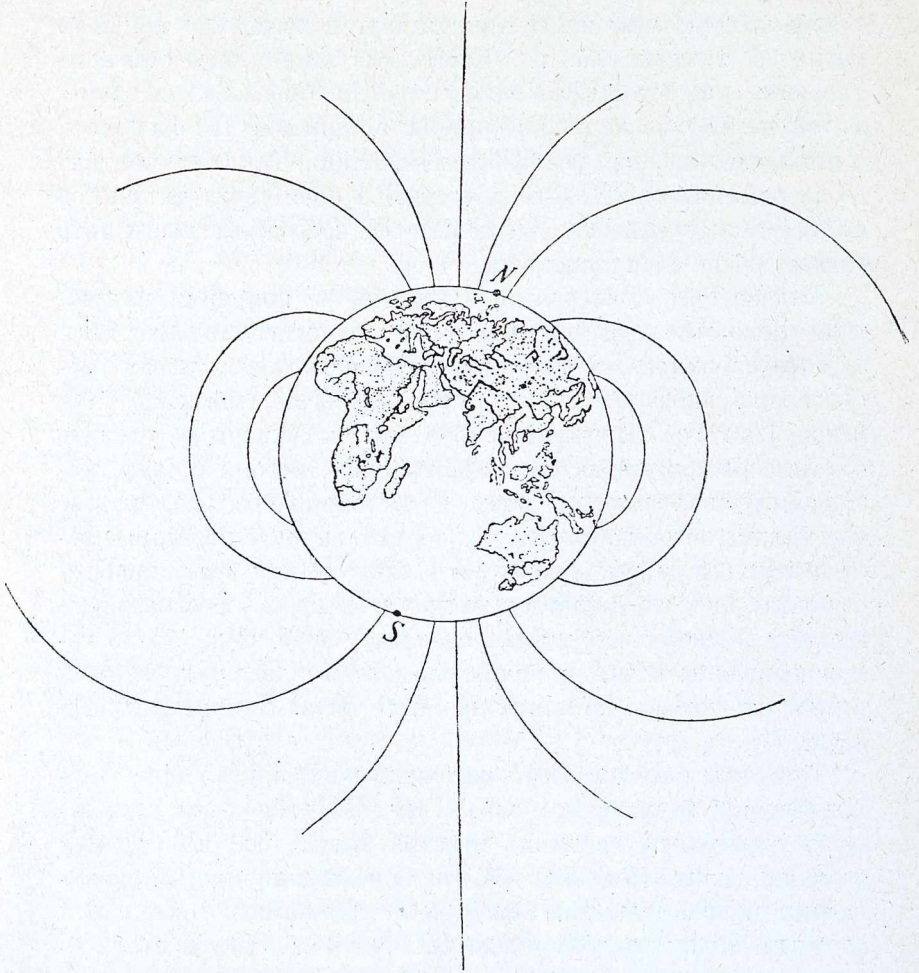


Рис. 14. Магнитное поле Земли. Линии показывают распределение силовых линий, т.е. для каждой точки внешнего пространства дают направление магнитной силы. N и S—географические земные полюсы.

Земли. Пример построения таким образом магнитного поля дает рис. 14. Исходя из этой формулы, мы можем найти с до-

вольно большой точностью склонение, наклонение и напряжение для каждой точки земной поверхности, если только удачно выбраны исходные точки, для которых магнитные элементы даются непосредственными наблюдениями. Метод Гаусса был значительно усовершенствован в смысле увеличения достигнутой точности, но существо его осталось без изменения до наших дней.

Несмотря на все достоинства метода Гаусса, это все-таки не более, как чистое описание явлений, а не их объяснение. Но долго удовлетворяться «чистым описанием» — человеческая мысль не может. Конец XIX и начало XX века отмечены рядом попыток дать объяснение земного магнетизма. Отличительной чертой всех этих попыток является стремление установить связь между вращением Земли и земным магнетизмом.

Одна из интереснейших попыток этого рода принадлежит покойному проф. П. Н. Лебедеву. Представим себе, что верна гипотеза элементарных магнитов, согласно которой каждый атом магнитного вещества представляет из себя магнит, обладающий двумя полюсами. Действие намагничивания выражается тем, что оси этих магнитов, раньше беспорядочно направленные во все стороны, получают направление, близкое к направлению намагничивающей силы, и совокупное действие всех этих магнитиков становится доступным для наших измерительных инструментов. Если эти элементарные магниты по форме сколько-нибудь напоминают уплощенные эллипсоиды вращения, при чем малая ось эллипсоида совпадает с магнитной осью частицы, то действие центробежной силы при вращении тела может заставить частицу повернуться так, что ее магнитная ось будет параллельна оси вращения тела, и если вращение будет продолжаться достаточно долго, то тело намагнитится. Можно также, следуя Сузерленду, предположить, что частицы, составляющие тело, суть совокупности двух зарядов электричества — положительного заряда и отрицательного заряда. Такой атом может быть нейтрален, пока он находится в покое. При некоторых простых механических гипотезах относительно строения такого атома возможно, что при вращении его вокруг некоторой оси, лежащей вне атома, происходит под влиянием центробежной силы такое

смещение зарядов, что отрицательный заряд описывает больший путь, чем положительный; это дает элементарное магнитное поле, и если то же происходит с очень многими атомами вращающегося тела, то в результате вращения создастся магнитное поле, достаточно сильное, чтобы быть отмеченным инструментами. Вообще, можно построить целый ряд таких моделей атома, что каждая из них при вращении может вызывать магнитное поле. И вот П. Н. Лебедев произвел опыт с быстро вращающимися телами, но результат был отрицательный: не было обнаружено даже следов намагничения. Значит ли это, однако, что неверна гипотеза, связывающая намагничение тел с их вращением? На мой взгляд, такое заключение было бы слишком поспешным. Весьма возможно, что этот процесс постепенного изменения направления оси элементарного магнетика происходит настолько медленно, что только после веков вращения тело намагничивается в достаточной мере; не будем забывать, что Земля вращается уже миллионы лет, а лабораторные опыты П. Н. Лебедева продолжались только десятки минут.

Вспомним теперь сообщенные выше сведения о внутреннем строении Земли и посмотрим, какие именно слои могут быть намагничены. Начнем с внутреннего ядра. Независимо от того, есть ли это закритический газ по Аррениусу или твердое ядро (Ni Fe) по Вихерту и Вегенеру, трудно ожидать, чтобы это ядро было намагничено. Во-первых, температура его должна быть очень высока, а мы знаем, что железо, нагретое свыше 800° , уже утрачивает свою магнитность. Во-вторых, если намагничение происходит благодаря вращению, то повороту частичек будет препятствовать необычайно большое давление и сильная вязкость. В-третьих, ниже нескольких сот километров под земною поверхностью, всякие неправильности должны быть изглажены, и внутреннее ядро должно быть совершенно правильно по форме и по внутреннему строению; если бы оно было местопребыванием земного магнетизма—непонятно неправильное распределение магнетизма по земной поверхности. Точно так же трудно ожидать, чтобы намагничен был слой магмы, отчасти по тем же соображениям, отчасти потому, что в магме частицы слишком удобоподвижны.

ны, и, если бы одна из них получила нужное направление оси, молекулярное движение быстро направило бы ось по иному. Конечно, в среднем известный процент частиц будет иметь оси, направленные приблизительно параллельно земной оси, но вряд ли этот процент будет настолько велик, чтобы в результате получилась заметная магнитная сила. Остаются земная кора и атмосфера. По опытам П. Кюри, намагничиваемость железа и магнетита в слабом магнитном поле меняется чрезвычайно своеобразно при изменениях температуры. Так, Голкинсон нашел для железа, что при намагничивающем поле 0.3 мы имеем следующую зависимость магнитной проницаемости и от температуры.

Температура	26°	480°	580°	730°	750°	770°	775°	785°
	500	700	900	2.500	3.800	7.700	11.000	1

Таким образом магнитная проницаемость очень быстро возрастает от 730° до 775°, принимая огромное значение 11.000, а затем на протяжении нескольких градусов чрезвычайно быстро убывает почти до нуля. Сопоставим это с геотермическим градиентом. 750° температура должна иметь место на глубине 25 км, и 785° на глубине 26 км. Мы имеем слой, толщиной в 1 км на глубине 25 км, который был бы необычайно сильно намагничиваем, если бы он состоял из чистого железа при очень слабом намагничивающем поле. Но то, что верно для железа, может быть в известной мере верно и для других ферромагнитных минералов. Содержание железа в нижних слоях земной коры должно быть выше, чем в верхних, а в изверженных породах вообще довольно велико. Таким образом на известной глубине может находиться довольно тонкий слой, обладающий большой намагничиваемостью, если есть слабое намагничивающее поле, и на этом слое внешняя неправильность земной поверхности может отразиться таким образом, что магнитное поле Земли будет обладать известными нам неправильностями. В этом отношении особенно интересен опыт Вильда. Вильд поместил в магнитное поле шар, изображающий Землю. Оказалось, что если на этом шаре прикрыть слоем жести места, соответствующие океанам, то распределение магнетизма на поверхности шара будет очень

близко напоминать известную нам магнитную карту земной поверхности. Если верна гипотеза Вегенера, дело обстоит еще проще: **Si Ma** содержит железо в большем количестве, чем **Si Al**. Под континентами **Si Ma** находится на большой глубине (100—120 км) и в раскаленном состоянии, под океанами она находится непосредственно, и верхние слои ее должны быть охлаждены. Таким образом дно океанов должно быть намагничено, если только есть некоторое намагничивающее поле.

Посмотрим теперь, где может находиться намагничивающее поле. Работы Биркеланда и Штермера по изучению полярных сияний показали, что эти сияния вызываются проникновением в земную атмосферу мельчайших частиц, выбрасываемых с огромными скоростями Солнцем. Эти частицы бомбардируют внешние слои земной атмосферы и из электрически безразличных делают их электрически заряженными. Но, как мы видели, верхние слои отстают от поверхности Земли при ее вращении, и эта разница ведет к тому, что электромагнитное действие верхних слоев можно сравнивать с действием электрического тока, обтекающего Землю на большой высоте. Действие этого тока и может выразиться в намагничивании Земли. Все эти гипотезы о происхождении земного магнетизма пока еще слишком мало обоснованы, но они обрисовывают известный круг идей, где работа может иметь шансы на успех.

6. *Понятие о магнитной аномалии.*—Возникает вполне естественный вопрос: что же называется магнитной аномалией? Взглянем на рис. 15, дающий магнитную карту Англии по съемке 1886 года. Толстые линии означают сглаженные земные изогоны, тонкие линии—истинные изогоны. Мы видим, такая большая разница имеется между теми и другими. Если судить с этой точки зрения, то распределение земного магнетизма есть не что иное, как распределение магнитных аномалий. Если подходить к вопросу с точки зрения теорий о происхождении земного магнетизма, дело обстоит еще хуже: нормальным магнетизмом будет тот, который мы имели бы, если бы Земля была и снаружи и внутри построена совершенно правильно. В формуле Гаусса нам пришлось отделить ту

часть, которая зависит только от широты, и называть ее правильной, а часть, зависящая и от широты и от долготы, давала бы неправильный, аномальный магнетизм. В теоретических

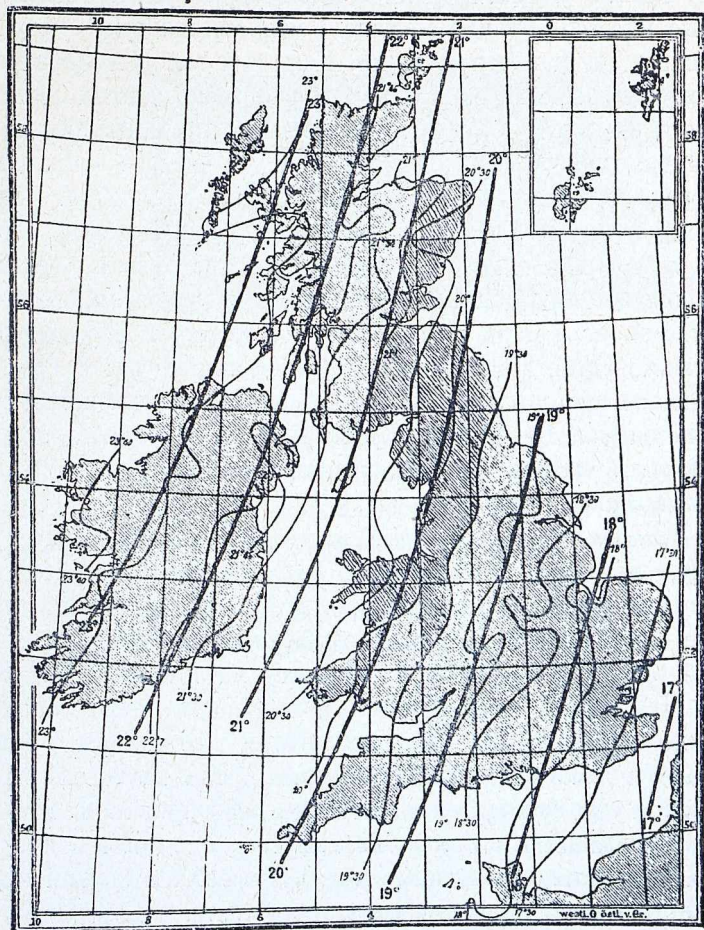


Рис. 15. Магнитная съемка Англии (1886 г.)

..... Земные, сглаженные изогоны.

— Истинные изогоны.

исследованиях по земному магнетизму именно так и приходится делать, но при изысканиях рудных месторождений этот прием не дает результатов. Для внесения ясности в этот во-

прос будем рассуждать следующим образом. Картина земного магнетизма зависит, во-первых, от присутствия на известной и сравнительно большой глубине намагниченных слоев и масс. Кроме того, в верхних слоях земной коры расположены отдельные массы и мелкие местные неправильности, могущие отразиться на магнитной карте. Если мы выберем на земной поверхности несколько десятков точек, необходимых для построения формулы Гаусса, то местные причины повлияют на значения магнитных элементов в некоторых из этих точек, и в среднем их влияние в самой формуле сгладится. Таким образом формула Гаусса дает нам распределение магнетизма в том виде, как оно было бы при отсутствии местных возмущающих причин. Опыт показал, что для огромного большинства точек земной поверхности эта формула передает распределение магнетизма с очень хорошей точностью. В среднем отклонения настолько малы, что отклонение в склонении или наклонении на 1° — 2° и в напряжении на 0,005 следует уже приписывать каким-либо местным причинам и относить к магнитным аномалиям.

7. *Магнетизм как мировая сила.*—Мы видели выше, что Солнце, источник жизни на Земле, есть вместе с тем источник и земного магнетизма, постоянно дающий знать о себе магнитными бурями, полярными сияниями, дневной и годичной вариацией земного магнетизма. Во времена усиленной солнечной деятельности его влияние особенно сильно, и на магнитном состоянии Земли отзываются даже отдельные солнечные пятна вихревого строения, когда они находятся в особенно благоприятном положении по отношению к Земле. Работы Гэля (1908) показали, что, действительно, солнечные пятна вихревого строения являются источником сильного магнитного поля, а Сэрс (Seares) недавно обнаружил и магнитное поле самого Солнца. В свою очередь Арктовский в 1916 г. установил влияние Земли и Венеры на солнечные пятна, и в том же году В. А. Костицын высказал предположение об электромагнитном характере этого влияния. Если мы вспомним, что по метеоритной гипотезе происхождения вселенной в качестве строительного материала послужила космическая пыль, рассеянная

более или менее густыми скоплениями в пространстве, и что железо является главной составной частью этих метеоритов, то нам не покажутся преувеличением взгляды Биркеланда, который в магнитной силе видел столь же важный миро-

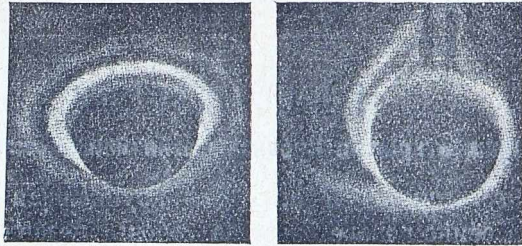


Рис. 16. Искусственное воспроизведение форм
кольцевых и спиральных туманностей.

вой деятель, как и сила тяготения. Биркеланду принадлежит ряд чрезвычайно интересных опытов, во время которых ему удалось электромагнитным путем воспроизвести формы кольцевых и спиральных туманностей. Мы видим, таким образом, что в будущем ни одна космогоническая гипотеза не сможет объяснить всех явлений, если она не учтет значения электрических и магнитных сил.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

История открытия Курской магнитной аномалии.

8. *Предшественники Лейста.*—Эта крупнейшая магнитная аномалия на земном шаре известна очень недавно. Правда, местное население давно знало об особенном обилии гроз в этой области. Инженеры и техники, работавшие на железнодорожных и просто дорожных изысканиях в Курской губернии, от времени до времени привозили известия о странном поведении магнитной стрелки в некоторых местах, поведении, которое мешало нормальной работе с компасом. Но эти известия не привлекали ничего внимания. Честь открытия Курской магнитной аномалии принадлежит приват-доценту Казанского Университета И. Н. Смирнову. В 1874 году он производил геомагнитное обследование Европейской России, и с этой целью произвел наблюдения магнитных элементов в 291 точке, из которых на Курскую губернию приходились две. Обзор наблюдений показал ему, что найденные в Курской губернии (Белгород и ст. Крюково) величины склонения и наклонения сильно отличаются от наблюдений в других местах центральной России. К сожалению, в задачи И. Н. Смирнова не входило детальное обследование отдельных местностей.

Проходит шесть-семь лет, и в 1883—1884 г.г. приват-доцент Харьковского Университета Н. Д. Пильчиков, по поручению Русского Географического Общества, обследует область Белгородской аномалии. Благодаря неудачному расположению мест наблюдения работы Н. Д. Пильчикова не выяснили всей картины аномалии, но подтвердили ее существование. В 1889 г., по поручению Русского Географического Общества, магнитные измерения производит студент,

впоследствии профессор геодезии, Д. Д. Сергиевский. Его работа значительно раздвинула границы аномальной области: в селе Неихаеве, в 20 верстах от Белгорода, он обнаружил еще более сильные центры, чем в Белгороде и Крюкове. Эти наблюдения, опубликованные в 1891 году А. А. Тилло, вызвали большой интерес в научных кругах, и в том же году, по предложению Э. Е. Лейста и М. М. Поморцева, при Русском Географическом Обществе была образована постоянная комиссия по земному магнетизму. Эта комиссия поручила студенту А. Е. Родду продолжить работы Д. Д. Сергиевского. А. Е. Родд в 1893 году произвел магнитные наблюдения в 133 точках и вполне подтвердил существование магнитной аномалии. Ввиду того недоверия, с каким были встречены работы студентов Сергиевского и Родда, было решено пригласить для разрешения вопроса наиболее компетентного специалиста в Европе, директора Парижской Магнитной Обсерватории Муро. К 1894 году относится и начало многолетних работ Э. Е. Лейста.

Муро поставил предварительным условием устройство в г. Курске временного помещения с постоянной температурой для установки магнитных вариационных приборов и приглашение наблюдателя для производства постоянных наблюдений в течение целого года, чтобы выяснить характер вариаций земного магнетизма в местах аномалии. Эти совершенно правильные требования Муро были выполнены, и летом 1896 года Муро произвел 149 серий наблюдений на 102 станциях, раскиданных по 15 уездам Курской губернии. Эти наблюдения были недостаточны для построения магнитной карты, но показали, что действительно имеется огромная аномалия, охватывающая значительную часть Курской губернии. С этого времени Белгородско-Неихаевская аномалия превращается в Курскую.

9. *Работы Э. Е. Лейста.*—Честь полного обследования области курской магнитной аномалии с магнитной стороны принадлежит покойному профессору геофизики Московского Университета Эрнесту Егоровичу Лейсту. Э. Е. Лейст в истории русской геофизики занимает исключительное место.

Он родился 19 января 1852 года в г. Ревеле, в семье бедного ремесленника. В те годы, когда другим достаются счастливые детские и спокойные учебные годы, на долю Э. Е. вы-



Рис. 17. Проф. Э. Е. Лейст (1852—1918).

пали бедность и тяжелый труд. Однако способный мальчик не удовлетворился скромной долей и, выдержав экстерном экзамен за 8 классов гимназии, поступил в Юрьевский Уни-

верситет в том возрасте, в каком другие его кончают. Университет он кончил в 1879 г. специалистом по чистой математике, при чем уже зарекомендовал себя исследованием уравнений Диофанта, за что ему была присуждена золотая медаль. С 1880 года начинается геофизическая деятельность Э. Е., не прерывавшаяся до смерти. Мы видим его последовательно физиком Главной Физической Обсерватории (1880), директором Павловской Магнитно-Метеорологической Обсерватории (1886), приват-доцентом Московского Университета (1894), профессором там же (1899). Во всех этих учреждениях Э. Е. нес огромную научную и организационную работу. Им создан Московский Геофизический Институт при Московском Университете, им непосредственно или по его указаниям построен ряд геофизических учреждений, под его руководством произведена магнитная съемка севера России. Кроме того, Э. Е. с 1903 по 1911 год исполнял хлопотливую и беспокойную должность секретаря физико-математического факультета, а с 1911 до 1917 года был помощником ректора Московского Университета. Поглощенный столь многочисленными обязанностями, он находил время и для личной научной работы. Им опубликовано свыше 50 мемуаров, относящихся к самым разнообразным областям геофизики, но любимой им темой был земной магнетизм; и если первая его работа относилась к новым и переменным звездам, то обе диссертации его были посвящены земному магнетизму. И, наконец, с 1896 года все силы Э. Е. Лейста были отданы исследованию Курской магнитной аномалии. Даже перед смертью, уезжая за границу, Э. Е. Лейст взял с собою для окончательной обработки весь свой материал, оставив у акад. П. П. Лазарева свою рукопись с общим описанием всей выполненной работы и с обещанием опубликовать весь материал. Выполнению этого обещания помешала смерть в 1918 г. в Наугейме, в Германии.

Работа Э. Е. Лейста над Курской магнитной аномалией начиналась в 1896 году при очень хороших предзнаменованиях. Работы Сергиевского, Родда, Муро возбудили некоторый общественный интерес и вместе с тем большие ожидания. Курское земство, крайне заинтересованное указаниями на возможность нахождения залежей железной руды, отпу-

скало некоторые средства на работу. Начинаясь та железная лихорадка, которая разразилась в 1898 году и кончилась неудачным бурением и крахом надежд Э. Е. Лейста на поддержку его работ. В архиве Э. Е. Лейста сохранились многочисленные письма крупных и мелких землевладельцев, иногда наивно спрашивавшихся, есть ли на их земле железо. Общее нетерпение было настолько велико, что в 1898 году Курская губернская земская управа обратилась к Э. Е. Лейсту с запросом о наиболее удобном месте для бурения. Э. Е. Лейст указал те точки, где горизонтальная слагающая равна нулю, а вертикальная имеет наибольшее значение. Иных указаний он дать не мог, так как в то время методы определения положения магнитных масс не были разработаны. Бурение было произведено в районе Непхаева и Кочетовки до глубины 115 сажен, и, так как надежды на близко к поверхности лежащую руду были обмануты, бурение было брошено. Однако Э. Е. Лейст не бросил работы. Каждое лето вместо отдыха он ездил в Курскую губернию и, перебираясь с места на место, часто перенося инструменты на себе, он производил наблюдения. Иногда он имел неприятности: неоднократно его арестовывала полиция, не доверяя его документам. Однажды крестьяне приняли его за землемера и с угрозами требовали, чтобы он нарезал им помещичьей земли. «Невольно являлась мысль,—пишет Э. Е. Лейст,—что многие из моих товарищей профессоров отдыхают не в таких условиях, а где-нибудь на европейском курорте и, вероятно, тратят меньше средств, чем я, на научную, но утомительную работу». Этот научный подвиг Э. Е. Лейста продолжался до 1910 года. Результат был огромен: в ряде уездов Курской, Орловской и Воронежской губерний Э. Е. Лейстом было снято свыше 4.500 точек. Последующие годы он посвятил обработке своих наблюдений, и, повидимому, в 1918 году эта работа подходила к концу. К сожалению, вся она после смерти Э. Е. Лейста осталась в Германии и, повидимому, совершенно потеряна для русской науки. Оставленная им в России рукопись, опубликованная в 1921 году акад. П. П. Лазаревым, не содержит в себе никаких указаний на положение упоминаемых точек, и заключающееся в ней общее

описание аномалии совершенно недостаточно для полного понимания этого явления.

10. *Первый период работ О. К. К. М. А.* (Особой Комиссии по изучению курской магнитной аномалии).—Материалы Э. Е. Лейста попали в Германии в руки людей, прекрасно понимавших всю их ценность. Уже при заключении мира между Советской Россией и гетманско-немецкой Украиной, украинско-немецкие делегаты настаивали на включении Курской губернии в состав Украины. Когда этот дипломатический нажим потерпел крах, начался нажим экономический. В Москве появились знатные и незнатные иностранцы, предлагавшие или сдать им в концессию область Курской магнитной аномалии, или купить у них документы Э. Е. Лейста. И того и другого нельзя делать в слепую, и Народный Комиссар Л. Б. Красин обратился к акад. П. П. Лазареву с вопросом о том, можно ли переисследовать область аномалии и какие суммы понадобятся для этого. Необходимая сумма оказалась меньше, чем та, которую просили немцы. Было решено немедленно приступить к работам, для руководства которыми была учреждена Комиссия при Московском отделении К. Е. П. С. (комиссия естественных производительных сил России при Российской Академии Наук). Подходило лето—время начала работ, а проведение кредитов, штатов и т. д. могло бы затянуться, и летний период мог пропасть. И вот Л. Б. Красин в интересах дела счел возможным пренебречь формальностями и отпустил в распоряжение Российской Академии Наук из средств, предназначенных для других надобностей, те 330.000 руб., без которых работа не могла начаться. Вопрос об инструментах и наблюдателях также разрешился благополучно. Вместо громоздких и трудных в обращении приборов, обычных в работах этого рода, комиссия, по совету академика А. Н. Крылова, воспользовалась теми приборами, которые употребляются для магнитных работ в русском флоте, именно компасами, снабженными дефлекторами де-Коланга. Эти приборы легко переносимы, просты в обращении и дают степень точности, достаточную для поставленной практической задачи: горизонтальная и вертикальная слагающие напряжения могут быть определены с точностью до $\frac{1}{4}$ %, К тому же

в Главном Гидрографическом Управлении имелось достаточное количество штурманских офицеров, опытных в обращении с этими приборами. Таким образом комиссии удалось быстро организовать отряд и послать его на место работ. Самый план работ можно было выработать, руководясь работами предшественников и теми ценными указаниями, которые содержались в рукописи Э. Е. Лейста.

17 июня 1919 года отряд выехал на место работ. Обстановка была самая неблагоприятная. Фронт гражданской войны проходил через Курскую губернию. Железные дороги были забиты воинскими поездами и эвакуированными грузами. Поэтому немудрено, что к месту работы отряд добрался только 25 июня и приступил к работе только 30 июня. Работа все время прерывалась то грозами, частыми в то лето, то неожиданной мобилизацией рабочих, то конской мобилизацией. Так тянулось до начала сентября, когда продвижение Деникина заставило отряд сняться с места и уехать в Москву. И этот отъезд произошел в крайне тяжелой обстановке.

Несмотря на все неудачи и злоключения, отрядом были произведены измерения в 443 точках. Результаты этих измерений обрабатывались под руководством Комиссии, и несмотря на то, что объект исследования находился в руках белых, нужно было заблаговременно позаботиться о продолжении работ, как только это станет фактически возможным. И вот Комиссия собирает 29 сентября 1919 года заседание с участием представителей ведомств, где принимается ряд чрезвычайно важных решений и прежде всего указывается на необходимость обеспечения дальнейших работ Комиссии. Однако проходит осень, настает зима, в Комиссии идет скрытая жизнь, заключающаяся в обработке старых материалов, в составлении карт и т. д. О новых экспедициях трудно думать тогда, когда Деникин находится под Орлом. Наступает весна, положение на фронте проясняется, и вопрос о дальнейшем исследовании аномалии снова ставится. Только Комиссия меняет свое название и хозяина: она становится Особой Комиссией по исследованию курской аномалии при Горном Совете. Наряду с прежними членами в Комиссии появляются постоянные представители ведомств, и прежде всего перед нею ста-

вятся промышленные задачи. С первого же заседания 3 июня 1920 года практики—горные инженеры начинают критиковать методы, принятые Комиссией для работы. Начинается бурный период жизни Комиссии, продолжавшийся до конца года и закончившийся исключением из Комиссии меньшинства ее—инженеров Кисельникова, Ортенберга и Ключанского—и переходом Комиссии в непосредственное ведение президиума В. С. Н. Х.

Предложения меньшинства сводились к требованию замены принятых комиссией «котелков» (дефлекторов де-Колонга) магнитометрами Тиберга-Талена и к введению «шведских» методов обработки материала. Вот что пишет о приборах Тиберга-Талена проф. В. И. Бауман, на которого постоянно ссылалось меньшинство: «Некоторые экземпляры его могут дать при столь значительных напряжениях, какие наблюдаются в районе Курской аномалии, ошибки, превышающие 10% измеряемой величины. Только при весьма тщательной и кропотливой работе и частом, при различных напряжениях, сравнении показаний прибора с данными точных приборов, возможно уменьшить, как на то указывают работы Гюлленшильда в Кирунаваре, ошибку до 2—3%. Но при этом утратится основное преимущество прибора—большая в смысле числа измерений в смену производительность работы с ним». Вспомним, что котелки давали точность в $1\frac{1}{4}\%$. Может быть, Тибергов-Таленов в России больше, чем котелков? Ничего подобного. По признанию Ортенберга, «у нас имеется сто котелков тяжелого типа и всего лишь пять магнитометров Тиберга-Талена». Таким образом предлагаемая меньшинством замена более точных и многочисленных приборов немногочисленными грубыми вела к срыву работ. Не лучше обстояло дело и с «шведскими» методами обработки, которые были достойным образом провалены, как ненаучные, на Всероссийском Съезде Ассоциации Физиков осенью того же 1920 года. Что оставалось делать Комиссии? Вести работу при постоянной внутренней борьбе невозможно. Оставалось сделать надлежащие выводы: меньшинство было удалено, и Комиссия вступила в новый и плодотворный период работы при президиуме В. С. Н. Х.

11. *Второй период работ О. К. К. М. А.*—Если лето и осень 1920 года для самой Комиссии были временем гражданской войны, то отряды Комиссии в Курской губернии вели работу в очень спокойной обстановке, и к началу 1921 года накопившийся материал оказался достаточным, чтобы можно было приступить к выбору места для бурения. Против этого также возражали представители меньшинства, и один из них—Ортенберг—писал об этом осенью 1921 года, когда буровые работы уже начались. Руководство буровыми работами было возложено на опытного и знающего инженера А. Я. Гиммельфарба, а непосредственное выполнение их на месте—на инж. Бубнова, проявившего редкую энергию при их организации и безвременно погибшего от тифа в самом их разгаре. Одновременно было решено производить и измерения силы тяжести (гравитационные измерения), и летом 1921 года уже работали две экспедиции, одна—под руководством проф. А. А. Михайлова, другая—под руководством П. М. Никифорова. Общее наблюдение за гравитационными работами лежало на академике В. А. Стеклове. Необходимость более глубокого знакомства с геологическим строением местности заставила организовать геологический отдел Комиссии, которым руководил и руководит лучший знаток геологии России проф. А. Д. Архангельский. Теоретическая работа по определению положения и глубины магнитных масс велась проф. В. А. Костицыным. Заведывание магнитным отделом Комиссии, энергично продолжавшим обследование местности, лежало на академике П. П. Лазареве. Наконец, общее руководство работами Комиссии с успехом выполнял проф. И. М. Губкин, соединяющий в своем лице хорошего геолога, хорошего практического инженера и прекрасного организатора. Поэтому нечего удивляться, что с начала 1921 года и до сих пор работа шла быстрым темпом. Конечно, бывали временные заминки благодаря общему тяжелому положению республики, бывали моменты, когда буровые работы висели на волоске, но все эти временные затруднения всегда преодолевались. Теперь исследование курской магнитной аномалии проведено гораздо дальше, чем у кого бы то ни было раньше, не исключая и Э. Е. Лейста. Правда, последним была иссле-

дована и южная полоса аномалии, которая почти не затронута работами Комиссии, но зато северная полоса Комиссией обследована гораздо обстоятельнее: вместо 2.500 точек, заснятых Э. Е. Лейстом, Комиссия имеет свыше 10.000 точек. Правда, измерения Э. Е. Лейста производились более тонкими инструментами, но легко убедиться, что эта точность была просто ненужной: дело в том, что точность измерений должна быть согласована с точностью географического определения положения точек. При том способе географического определения положения точек, каким пользовался Э. Е. Лейст, возможны ошибки до нескольких десятков сажен, а в области аномалии магнитные элементы меняются так быстро, что на протяжении нескольких десятков сажен их изменение может в несколько раз превосходить ошибку измерения. Таким образом магнитная точность Э. Е. Лейста вполне покрывается геодезической неточностью.

Гравитационные наблюдения Э. Е. Лейста были малочисленны и неточны. Гравитационные отряды Комиссии уже третье лето выполняют работу точными инструментами. Определение точек для бурения Э. Е. Лейстом было выполнено весьма примитивно, и результат был отрицательный. Комиссия приступила к бурению после тщательного изучения места со всех сторон, и руда была найдена именно на той глубине, которая вытекала из расчетов В. А. Костицына. Правда, еще не разрешены все вопросы, стоящие перед Комиссией, но теперь нельзя сомневаться, что это—только вопрос времени и притом короткого времени.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Результаты исследования Курской магнитной аномалии.

12. *Магнитная съемка.*—Комиссия приступала к работе, имея в своем распоряжении рукопись Э. Е. Лейста, где общий характер аномалии прекрасно обрисован следующими словами: «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, Щигровский, 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 губернии и доходит до юго-западной 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 км, при чем ширина этой области местами доходит до 40 км. Южная область изучена мною также на протяжении 250 км; она в северо-западной части так же, как и северная, уже и слабее, чем в центральной и юго-восточной частях, где ширина местами доходит до 50 км. Обе ано-

мальные области вместе имеют длину около 500 км; между ними распространяется свободная от больших аномалий область, шириной около 60 км, при чем ширина в северо-западной части больше, чем в юго-восточной». Эта картина двух полос, тянущихся с северо-запада на юго-восток, так поразила Лейста, что он неоднократно в своей брошюре говорит о них,

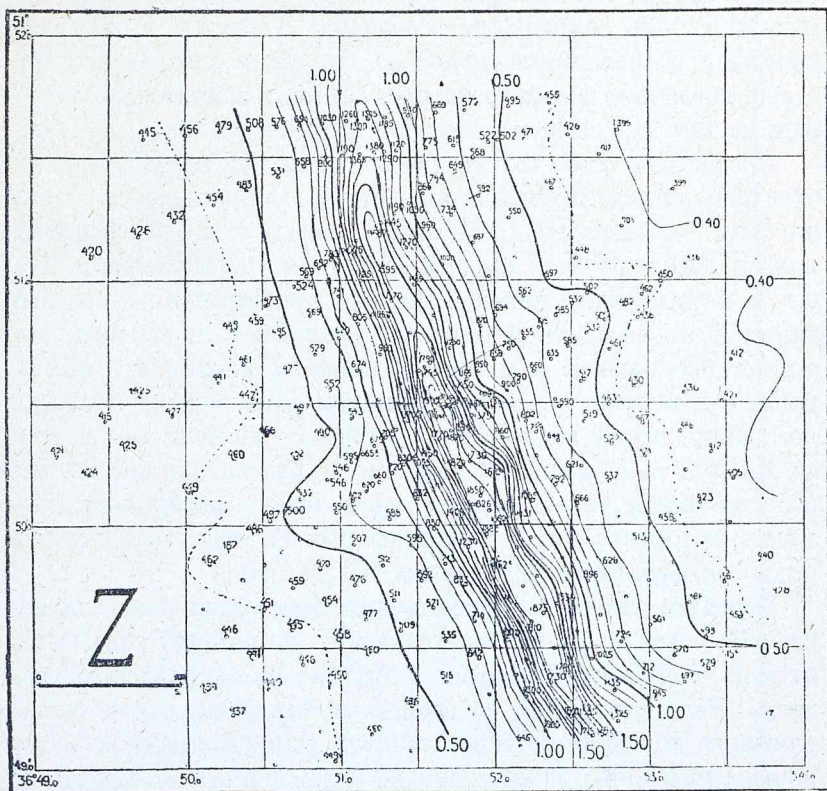


Рис. 18. Вертикальная слагающая Z в области Шигровского максимума.

и у него невольно напрашивается мысль о двух подземных магнитных хребтах, тянущихся на неизвестной глубине под этими полосами.

Это описание Лейста внушило Комиссии вполне естественный производственный план, который наглядно виден на рис. 18: именно, точки наблюдения располагаются по прямым

линиям, «галсам», как их называли моряки-наблюдатели в магнитных отрядах; эти линии приблизительно перпендикулярны к указанному выше направлению полюс и, следовательно, идут с северо-востока на юго-запад. Точки наблюдения отстоят друг от друга в среднем на 100 саж., но там, где изменение Z происходит особенно быстро, расстояния между точками сокращаются до двух-трех десятков сажен. Работы Комиссии вполне подтвердили сообщение Лейста о том, что аномалия располагается полосами. Это видно уже на рис. 18, и еще нагляднее показано на рис. 19, где в значительно меньшем масштабе дана часть северной полосы от Щигров до Тима.

Представим себе, что мы двигаемся по одному из галсов и отмечаем последовательные значения Z . Нормальное Z должно было бы равняться 0,43 гаусса; между тем, на границах полосы подальше от ее средней линии мы имеем значения $Z = 0,4$ и местами даже меньше. По мере приближения к средней линии Z по абсолютной величине возрастает и, наконец, достигает наибольшей величины, которая в некоторых местах равна 1,9 гаусса, т.е. в три слишком раза больше нормального напряжения земного поля на полюсах. Если мы вычтем из Z нормальное значение по формуле Гаусса для данной местности—0,431, то оставшаяся часть будет изображать аномальную вертикальную составляющую. Ее ход для одного из галсов изображается крестиками на рис. 20.

Перейдем теперь к рассмотрению горизонтальной слагающей. Разобьем ее на две составляющих, из которых одна будет идти по направлению «галса», а другая—по направлению «полосы». Если мы вычтем из последней соответствующую составляющую нормального поля, остаток, как оказывается, будет почти равен нулю, и мы с ним не будем считаться. Сделав то же самое для слагающей по галсу, мы и получим аномальную горизонтальную составляющую H_a . Ее ход показан кружочками на рис. 20. Мы видим, что точка, где Z_a наибольшее, почти совпадает с точкой, где H_a равно нулю. Отметим эту точку на каждом из галсов. Соединив эти точки линией, мы получим так называемую ось хребта, общее течение которой можно проследить на рис. 18 и 19. Двигаясь по этой линии, мы будем иметь на ней в свою очередь точки, где Z_a будет наибольшим

из наибольших значений. В северной полосе найдено две та-
ких точки—около Щигров и Старого Оскола. В районе первой
из них и производится теперь глубокое бурение. В районе вто-

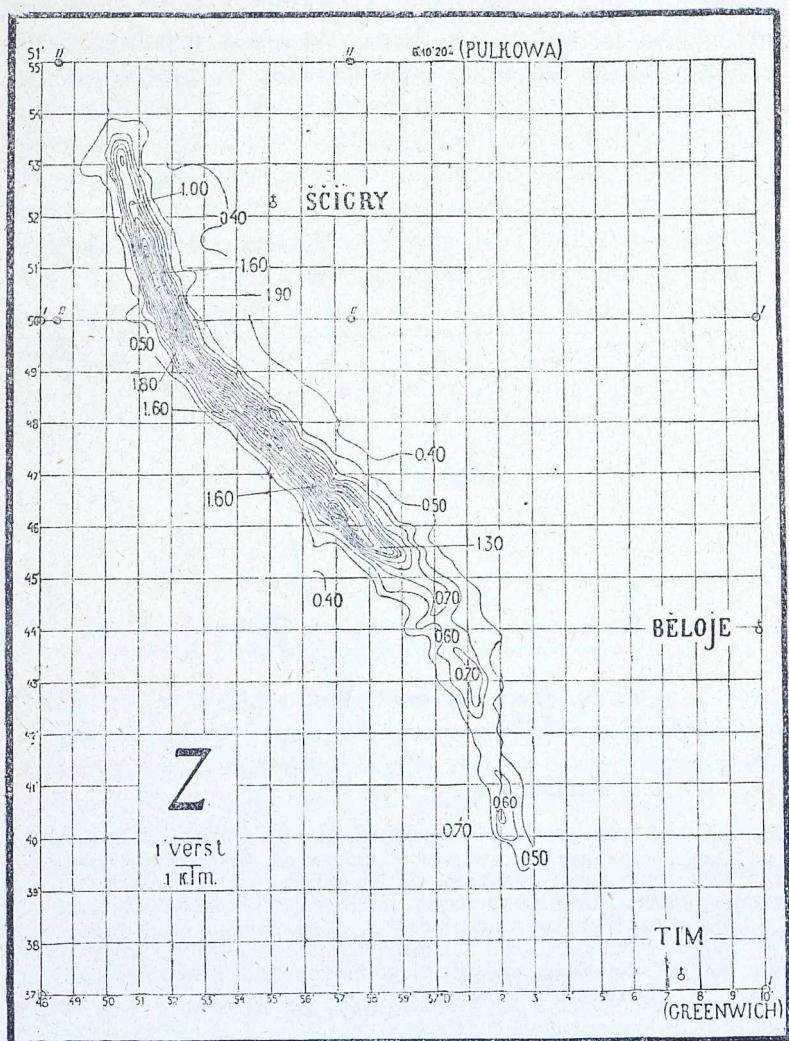


Рис. 19. Вертикальная составляющая Z от Щигров до Тима по работам
1919—1920 г. г.

рой найдена особенность, не отмеченная Лейстом: вместо
одной оси хребта мы имеем там пять расходящихся ветвей.

Мы уже говорили выше, что к 1 июня 1923 г. число измеренных точек перешло за 10.000. Прибавим к этому, что длина измеренной полосы теперь уже превышает 150 верст. При том усиленном темпе, каким идут работы Комиссии, можно надеяться, что за летнюю кампанию текущего 1923 года исследование северной полосы будет закончено.

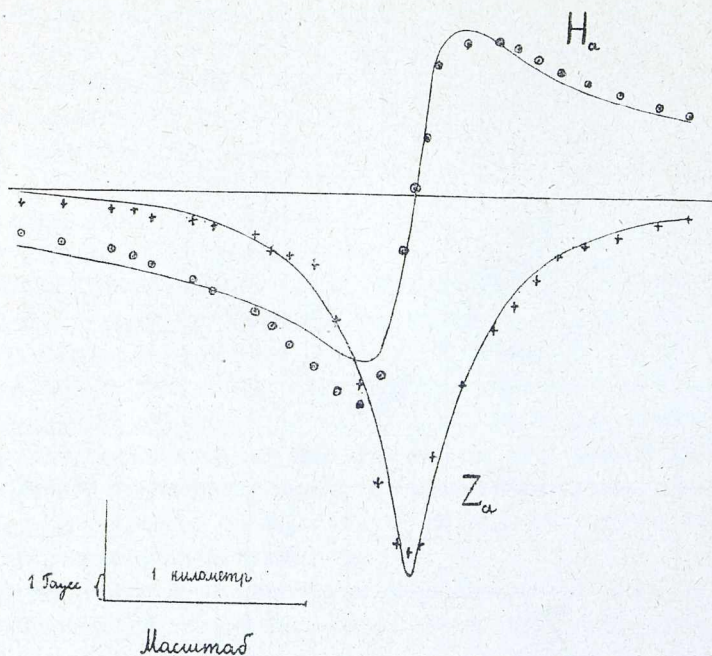


Рис. 20. Аномальные—горизонтальная (H_a) и вертикальная (Z_a), составляющие для одного из галсов. Крестики означают наблюдаемые значения Z_a и кружки—наблюдаемые значения H_a . Плавные кривые дают теоретические значения H_a и Z_a , вычисленные проф. В. А. Костицыным. При построении рисунка ось Z считалась направленной вверх и ось H —справа налево. Масштаб на чертеже сделан неверно: вместо 1 Гаусс следует читать 0,1 Гаусс.

13. Гравитационные работы.—Если магнитная аномалия вызывается действительно залеганием некоторых масс, а не какими-либо другими физическими причинами вроде земных токов и т. д., присутствие масс должно отражаться и на силе

тяжести. Для выяснения полной картины явления гравитационные работы имеют первостепенную важность. Ввиду этого Комиссия еще летом 1921 года направила в район Щигров две экспедиции, о которых я уже говорил выше. Из них одна работала под руководством проф. А. А. Михайлова, измеряя вертикальную составляющую силы тяжести, а другая, под руководством П. М. Никифорова, определяла вариации горизонтальной составляющей силы тяжести. Обе экспедиции показали, что действительно имеется аномалия силы тяжести, но относительно характера этой аномалии между ними есть известное разногласие. В то время как по наблюдениям А. А. Михайлова массы расположены симметрично с обеих сторон от хребта, у П. М. Никифорова получалась картина

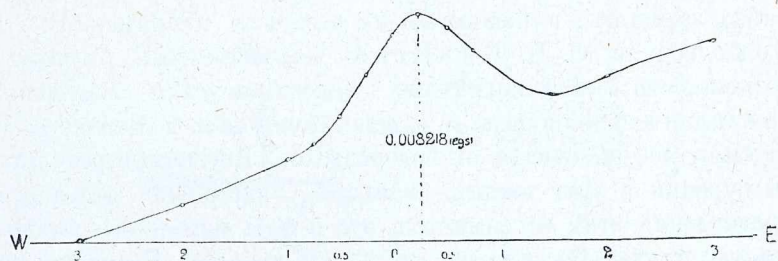


Рис. 21. Вариация силы тяжести в области Щигровского максимума, по наблюдениям П. М. Никифорова (1921 г.).

изменения ускорения силы тяжести, изображенная на рис. 21: в трех километрах к западу от места бурения ускорение имеет нормальную величину; затем оно по мере приближения к месту бурения возрастает и достигает максимума в 250 метрах к востоку от места бурения. Так как буровая заложена в месте магнитного максимума, то мы видим, что магнитный и гравитационный максимум не совпадают. Затем ускорение убывает, испытывает минимум в 1,5 километрах к востоку от места бурения и затем снова начинает возрастать. Все происходит так, как если бы к востоку от масс, вызывающих и магнитную и гравитационную аномалии, залегали тяжелые, но немагнитные массы. Ниже мы еще вернемся к этому вопросу.

В 1922 году П. М. Никифоров снова проделал измерения в области Щигровского максимума и несколько юго-во-

сточнее. Он получил полное подтверждение своих прежних результатов. Отряд А. А. Михайлова работал в области Старо-Оскольского максимума. Вариация силы тяжести в этой местности как будто показывает, что под земной поверхностью там тянется вертикальный тяжелый слой, расположенный так, что, если бы его продолжить вверх, он пересекся бы с земной поверхностью по «оси хребта». Сопоставление всех результатов как будто говорит за то, что гравитационная и магнитная аномалии в некоторых местах вызываются разными причинами, тогда как в других — причина одна и та же.

14. *Геологическое строение местности в области К. М. А.* — Во время первой железной лихорадки 1896—1898 г.г. крупнейшие русские геологи обсуждали вопрос о возможных причинах аномалии, и некоторые из них, как, например, В. Д. Соколов и С. Н. Никитин, категорически отрицали возможность найти магнитные железняки или магнитные кристаллические породы в районе Кочетовки и Неихаева до глубины 450 м, считая от водоразделов. Неудачные результаты бурения в этих местах, казалось, настолько оправдали предвидения этих пессимистов, что в т. II известного коллективного труда «Россия» на стр. 27 мы читаем: «Богатство нашей области железными рудами, при ее центральном положении, делает вполне понятным тот лихорадочный интерес, с которым относится наше общество и промышленники ко всяким попыткам открытия здесь новых железных руд: для этого достаточно вспомнить наделавшую недавно столько шуму Курскую магнитную аномалию, на основании которой были сделаны наивные попытки найти необыкновенно богатые железные руды в отложениях верхнего отдела меловой системы и под ними как раз там, где железных руд почти вовсе не имеется». Эти слова писаны в 1902 году, и автор их находился в хорошем обществе. Как могло случиться, что жизнь опровергла эти геологические предвидения, и в чем была ошибка?

Взглянем на геологический разрез центральной России, построенный проф. А. Д. Архангельским. Мы видим (рис. 22), что от Москвы до Тулы, под тонким слоем послетретичных и юрских отложений залегают каменноугольные пласты. Под ними, на значительной глубине около Москвы, мы ви-

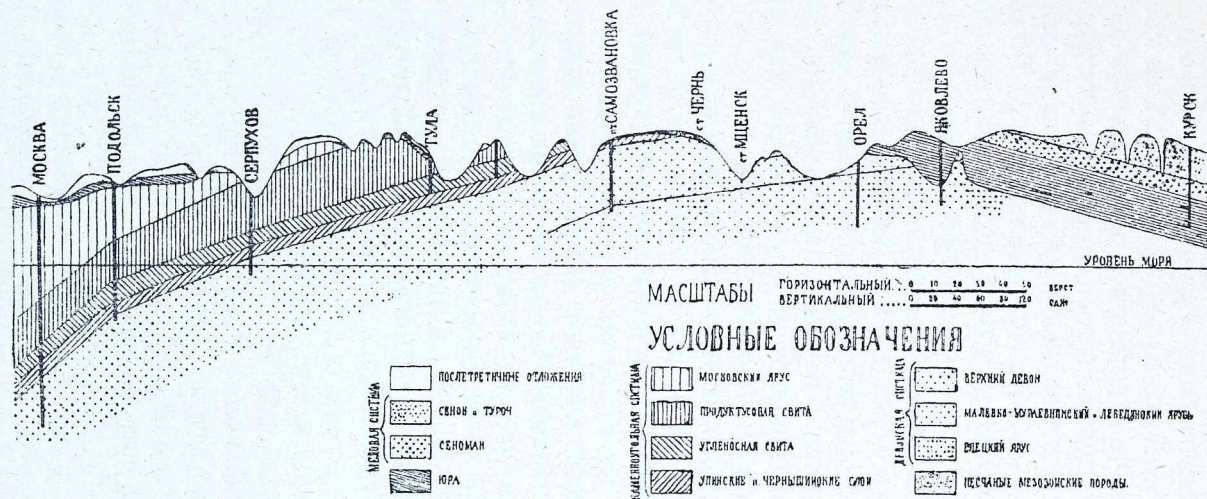


Рис. 22. Схематический разрез местности от Москвы до Курска, по А. Д. Архангельскому.

дим девонские отложения. По мере перехода от Москвы к Туле каменноугольные слои поднимаются все выше, и постепенно выходят на свет все более древние и древние слои. Головы всех этих слоев раз'едены вековым действием воды, воздуха, холода и других геологических деятелей. Из-под них постепенно поднимаются к поверхности девонские отложения и, наконец, выходят на свет между Чернью и Орлом. От Орла к югу наклон слоев меняется: девон уходит вниз; лежащая сверху юра так же, как и лежащие на юре меловые слои, тоже сбегает вниз. Таким образом девонские слои по этой схеме как будто от Москвы к югу сначала поднимаются вверх, а потом сбегает вниз. Мощностъ их, как показывают многочисленные бурения, чрезвычайно велика. Если мы допустим, что в области Чернь—Орел имеет место просто перегиб этих слоев, то в любом месте к югу мы будем иметь одну и ту же огромную толщину девона. Но, как совершенно правильно утверждали вышеупомянутые геологи, причина аномалии не может находиться ни в девоне, ни в выше лежащих породах; она может быть только в подстилающих девон кристаллических породах, а для того, чтобы добраться до них, нужно пройти меловые, юрские и мощные девонские слои. Отсюда вытекало, что глубина магнитных масс не может быть меньше нескольких сот сажень. Ошибочность этих рассуждений показал проф. А. Д. Архангельский. Пересмотрев всю массу геологических фактов, он пришел к мысли, что никакого перегиба девона нет. Девонские слои продолжают подниматься к югу. Но головы их были в свое время косо срезаны эрозией, т.е. выветриванием, вымыванием и т. д., и позднее на них наклонно легли юрские и меловые слои. Таким образом к югу происходит постепенное выклинивание девона, и подстилающие девон кристаллические породы все ближе и ближе подходят к поверхности. «Предполагая, что девонские слои продолжают подниматься к югу и под покровом мезозойских отложений, мы должны признать, что приблизительно по линии, намечаемой северной полосой максимальных проявлений магнитных аномалий, или немного южнее, они могут совершенно выклиниваться, а юрские отложения могут перейти непосредственно на кристаллические породы. Исходя из упомянутого подъема

слоев девонских отложений и из присутствия в придонской части Воронежской губернии обширного гранитного массива, большей частью скрытого под мезозойскими отложениями, но местами обнаженного эрозией, можно допустить, что в северной полосе магнитных аномалий кристаллические породы залегают сравнительно неглубоко от поверхности, близко к нулю абсолютной высоты и едва ли глубже—100 м абсолютной высоты; допустить здесь существование мощной толщи девона невозможно. В пределах южной полосы аномалий и далее к югу кристаллические породы заведомо находятся на большой глубине: в пределах Белгородского уезда они не могут залегать выше 200—300 м ниже уровня моря».

Я намеренно привел эту длинную выдержку из А. Д. Архангельского, ибо в ней содержится предвидение, удивительно оправданное последующим бурением: действительно, кристаллические породы были найдены на указанной А. Д. Архангельским глубине, и пройденная перед этим толща девона была значительно меньше, чем ожидали другие геологи.

В каком виде находятся эти кристаллические породы? Залегают ли они сплошным щитом, или мощные тектонические движения, следы которых мы видим всюду в этой местности и особенно к югу, отразились и на них? А. Д. Архангельский дает на этот вопрос вполне определенный, хотя и гипотетический ответ. Он предполагает, что давно, еще в додевонское время, этот щит был разбит рядом сбросов и трещин, и наличие магнитных масс ставит в связь именно с этими сбросовыми трещинами.

15. *Причины курской магнитной аномалии.*—Причины магнитных аномалий до сих пор твердо не установлены. Прежде всего, конечно, приходят на мысль магнитные массы. Действительно, в ряде случаев магнитные изыскания привели к нахождению рудных залежей, как, например, на Урале, где этим занимался проф. В. И. Бауман, и в Швеции, где Гюлленшилль исследовал рудные залежи в Кирунавара в Лапландии. Однако есть случаи, когда трудно допустить наличие магнитных масс, и тогда для объяснения аномалий обращаются к земным токам, дислокациям и т. д. Каков же

характер явлений в области Курской магнитной аномалии? На этот вопрос ответ уже дан глубоким бурением: железная руда найдена. Но этот ответ стал известен только теперь. Мы уже видели, что ему предшествовало несколько лет усиленной теоретической и экспериментальной работы. Итак, забудем на некоторое время об успешном бурении и посмотрим, какие выводы вытекали из магнитных, гравитационных и геологических данных и как они были сделаны.

Прежде всего пришлось отвести гипотезу земных токов: ведь недостаточно сказать, что тут действуют земные токи, нужно показать, как они действуют, а это именно и не удавалось. Наоборот, весь характер явлений указывает, что мы имеем дело с крупными магнитными массами. Правда, с математической стороны задача определения положения и формы магнитных масс неопределенна, но в данном случае мы имели совокупность геологических, магнитных и гравитационных данных, которые помогли построить гипотезу, впоследствии подтвердившуюся в значительной мере. Вернемся к рис. 19. Мы видим, что изолинии тянутся сравнительно узкой, но длинной полосой. Это указывает на то, что и магнитные массы должны быть очень вытянуты с северо-запада на юго-восток. Местами изолинии на протяжении десятка верст можно сравнивать с системой параллельных прямых. Это позволяет для упрощения расчетов предполагать, что массы представляют из себя цилиндр, неопределенно тянущийся под землей, при чем его образующие параллельны земной поверхности. Остается найти сечение такого цилиндра, подобрав его так, чтобы его магнитное действие возможно ближе подходило к действительному распределению аномальных изолиний.

Представим себе, что мы вертикальной плоскостью, проходящей через один из галсов, пересекали магнитные массы. Получившееся сечение (рис. 23); если оно не слишком неправильно, можно для упрощения расчетов заменять или эллипсом, или четырехугольником. Наиболее просто проводятся вычисления, если предположить сечение эллиптическим. Именно это и было сделано проф. В. А. Костицыным. На рис. 20 даны теоретические H_a и Z_a , вычисленные В. А. Костицыным, и мы видим, что соответствие их с действительными

На и За очень хорошее. Такие же результаты были получены и для целого ряда других галсов, в том числе и для места бурения. Для проверки вычисления были повторены в предпо-

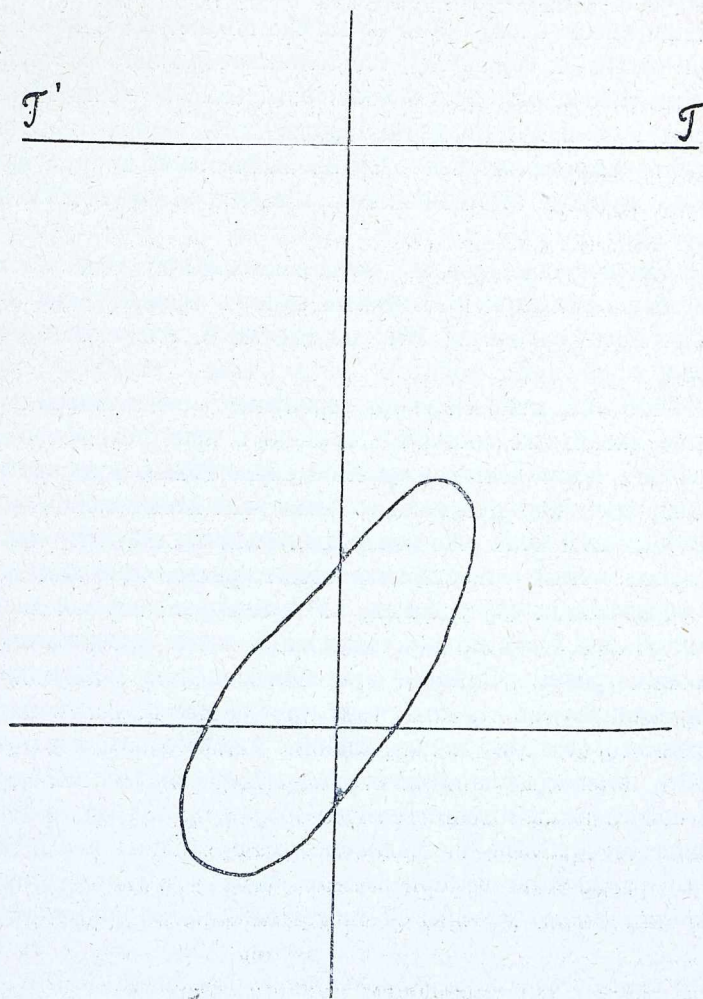


Рис. 23. Схематический разрез магнитных масс вертикальной плоскостью, проходящей через один из „галсов“.

ложении, что сечение напоминает параллелограм. В результате, для места бурения, как максимум возможной глубины

верхушки магнитных масс, было найдено 250 метров, и как наиболее вероятная глубина—140 метров *). Это определение глубины вполне подтвердилось бурением. В общем, теоретически получалась такая картина расположения магнитных масс: мы имеем слой, круто сбегаящий вниз, приблизительно под углом 70° к горизонту; его толщина должна быть порядка сотни сажен, быть может, больше; глубина нижнего конца—порядка $1\frac{1}{2}$ —2 км. Если мы уменьшим толщину, то должны признать намагниченность слоя очень высокой, и тогда встает вопрос о природе этого вещества, а также об его происхождении.

На эти вопросы давалось несколько ответов. Одна из наиболее обсуждавшихся в Комиссии гипотез принадлежит А. Д. Архангельскому. Мы передадим ее его собственными словами:

«Лично нам кажется более вероятным предположение, что явление магнитных аномалий связано с присутствием в подстилающих нормальные осадочные образования кристаллических породах каких-то колоссальных магнитных масс, природа которых нам пока еще совершенно неизвестна. Эти магнитные массы могли существовать среди кристаллических пород и до образования сбросов или, что еще вероятнее, могли быть инфильтрованы в их толщу снизу, в связи с образованием сбросовых трещин. Влияние этих масс должно с наибольшей силой сказываться в местностях, где кристаллические породы ближе всего подходят к поверхности. Таковой областью должна быть по предыдущему северная полоса магнитных аномалий; полоса эта, соответственно с общим простиранием пород, должна иметь ЗСЗ-е направление. Напряжение аномалии в связи с раздроблением и неравномерным опусканием частей кристаллического массива не может быть на всем протяжении

* В статье о К. М. А. в Усп. Физ.-Науч., Том 3, вып. 1 акад. П. П. Лазарев мне приписывает определение глубины в 250 сажен. Это—очевидное недоразумение: я везде говорил о метрах. Свои определения глубины я неоднократно докладывал в комиссии; во время совместного доклада с П. П. Лазаревым и А. Д. Архангельским в Президиуме В.С.Н.Х., когда П. П. Лазарев упомянул о 250 саж., я взял слово и заявил, что глубина может быть значительно меньше.

аномальной полосы одинаковым, что и имеет место в действительности. Труднее объяснить с рассматриваемой точки зрения повторное проявление аномалии в южной полосе: здесь оно может быть связано или с поднятием отдельных глыб раздробленного кристаллического массива, или же с внутренней тектоникой последнего, благодаря которой в области южной полосы магнитные массы выдвинуты на самую поверхность опустившегося массива. Если, что нам представляется более вероятным, возникновение магнитных масс связано с поднятием по сбросовым трещинам из огромных глубин весьма основной магмы, то гнездовой, если можно так выразиться, характер расположения пунктов максимального напряжения аномалии объясняется просто гнездовым характером магматических внедрений. Любопытно то обстоятельство, что в южной полосе аномалия слабее, чем в северной, как это и должно быть в связи с более глубоким залеганием возбуждающих ее причин».

Читатель простит мне эту длинную выдержку, но в ней очень обстоятельно изложена гипотеза проникания магнитных масс сквозь сбросовые трещины. Мы уже видели выше, что такого рода проникание магмы действительно возможно: в магме железо содержится в значительных количествах, и при охлаждении оно в зависимости от условий может выделяться иногда в виде кристаллов магнетита, иногда, как это мы видим на острове Диско в Гренландии, в виде самородного железа. Представим себе, что в Курской губернии именно так и случилось: у нас получится сравнительно тонкий магнитный слой, неопределенно уходящий вниз. Однако этот слой не будет неопределенно вниз намагничен: там, где температура достигнет упомянутой выше температуры Кюри, его намагниченность резко оборвется. Такой вид был придан этой гипотезе В. А. Костицыным *).

*) Акад. П. П. Лазарев в одной из своих работ говорит о железном тонком языке, отделившемся от внутреннего железного ядра земли и проникшем сквозь кору почти до земной поверхности. Так как радиус железного ядра, как мы видели, не больше 4.500 км, то мне кажется мало вероятным язык длиною в 1.500 км.

На-ряду с этой гипотезой возможна и другая. Представим себе, что мы имеем не сброс и интрузию, а изогнутый слой, проходящий под Землей, образующий складку и действием земного поля намагниченный уже после изгибания. Тогда часть его, лежащая кверху от линии $A'A$, будет проявлять гораздо более сильное магнитное действие, чем часть, лежащая книзу, и, при соответствующем подборе профиля, можно получить удовлетворительное объяснение как магнитных, так и

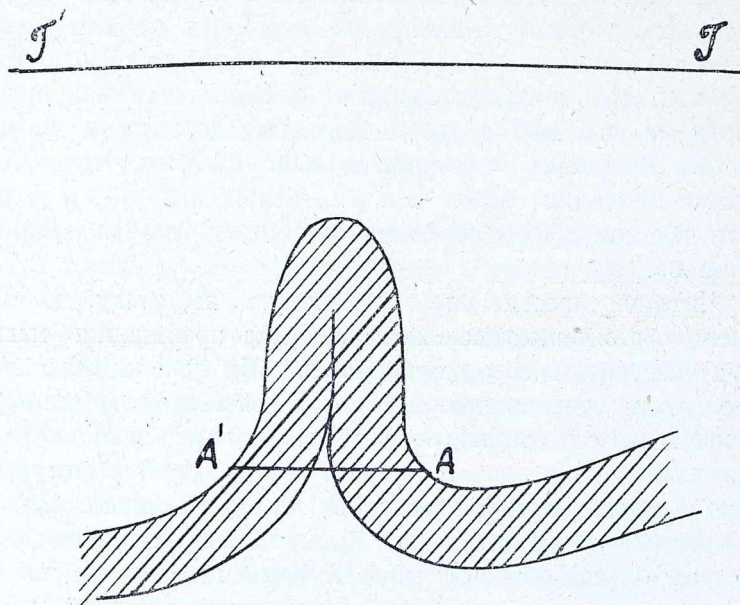


Рис. 24. Гипотетический разрез в предположении изогнутого намагниченного слоя.

гравитационных явлений. Можно предположить также, что слой разорван, одна сторона его опустилась благодаря сбросу книзу, а другая задралась кверху. После этого слой подвергся метаморфозу и сделался ферромагнитным. Вообще, возможно построить ряд профилей; для выбора между ними нужны дополнительные геологические данные.

Какая же из этих гипотез лучше согласуется с результатами бурения?. Взглянем на рис. 25. На нем изображена колон-

ка породы, извлеченная из буровой скважины. Ее нормальное положение—вертикальное. Мы видим темные прослойки—магнетит, и светлые—кварцит. Она показывает, что мы имеем здесь слой метаморфических осадочных пород, круто уходящий вниз под углом около 70° с горизонтом. Таким образом бурение как будто подтверждает вторую гипотезу. Но вместе с тем намагниченность этой породы слишком слаба, чтобы можно было ею объяснить интенсивность магнитной аномалии. Таким образом пока еще загадка магнитной аномалии не разрешена, хотя достигнуты крупные научные и промышленные успехи.

16. *Перспективы.*—Несмотря на то, что исследование до сих пор еще не дало решающих результатов, хозяйственное

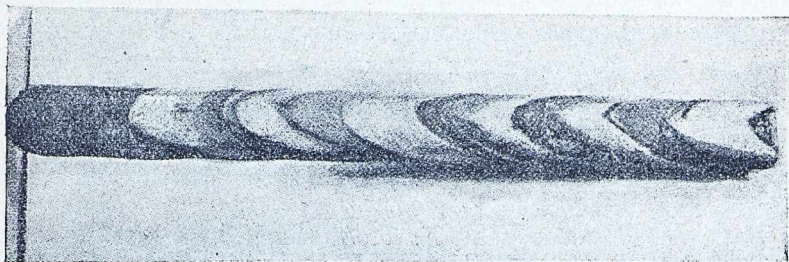


Рис. 25. Колонка породы, содержащей магнетит, извлеченная из буровой скважины. Темные прослойки—магнетит, светлые—кварцит.

значение уже выполненной работы громадно. Если мы предположим, на худой конец, что мы и дальше будем иметь ту же породу с тем же 40% содержанием железа, хотя местами это содержание гораздо выше,—запас руды таков, что может обеспечить мировое потребление на долгие годы. Произведем простой расчет: длина обеих полос, по Лейсту, 500 км; удельный вес породы—3,7; предположим, что толщина слоя равна 100 метрам и что он уходит в глубину на 300 метров. Это дает нам около 60 миллиардов тонн руды или около 25 миллиардов тонн чистого железа. По данным К. И. Богдановича, мировое потребление железа равно (1913) 78 миллионам тонн. Таким образом запас Курского железа может обеспечить по нынешним нормам мировое потребление на 300 лет. России

при правильном использовании этого богатства обеспечено первое место по железной промышленности. При этом важным обстоятельством является близость этого района к центру: его не так легко отхватить или захватить. Горючее также близко: к северу лежит Московский каменноугольный бассейн и к югу—Донецкий. Наконец, когда осуществится, на зло всем пессимистам, другая творимая легенда нашего времени—электрификация, ничего не будет стоить перебросить в Курскую губернию электрическую энергию и организовать электроплавку чугуна.

Для того, чтобы поднять это огромное дело, нужны средства, но прежде всего воля, воля и воля, а этого в нашей стране, обладающей самым волевым правительством в мире, не занимать стать.

С научной стороны значение курских работ также велико. Они показали, что к решению геофизических проблем нужно подходить со всех сторон и что для этого наилучший путь—дружное сотрудничество ученых различных специальностей. В Курской комиссии работали астрономы, математики, физики, геофизики, геологи, инженеры, и ни одно из этих звеньев нельзя было выкинуть.

Наконец, из работ О. К. К. М. А. вытекает и другой урок: нам необходимо лучше знать свое советское отечество со всех сторон. Поэтому магнитная, гравитационная, геологическая, геодезическая съемки являются первоочередной задачей. Когда С. С. С. Р. перестанет зиять на картах пустым пятном, познание Земли будет возможно в мировом масштабе, и оно даст нам возможность лучше знать богатства нашей страны и лучше их использовать. «На поприще ума нельзя нам отставать»,—таков был завет первого русского ученого М. В. Ломоносова, и о нем мы должны всегда помнить.

- *Философия науки, вып. 2-й. Биология. Сборник статей. Ц. 50 к.
 Тимирязев, К. А. — Чарльз Дарвин и его учение, I-я ч. (печ.).
 *Шимкевич. — Духовная жизнь животных (печ.).
 Шмидт, П. Ю. — Борьба со старостью (печ.).
 Его же. — Основы жизни (печ.).
 *Шеффер, А. — Жизнь, ее природа, происхождение и сохранение (печ. 2-е изд.).
 *Аркин, Е. А. — Экономика человеческого организма (подг. к печ.).
 Вольногорский, П. — Растения — друзья человека (подг. к печ.).
 *Вериго. — Наша нервная система (подг. к печ.).
 *Деккер. — Зрение и обоняние, II ч. (подг. к печ.).
 Житков, Б. М. — Охрана животных и разведение пушных зверей (подг. к печ.).
 *Зингер, Ш. — История кровообращения (подг. к печ.).
 *Иванцов, Н. А. — Факторы эволюции (подг. к печ.).
 Мечников, И. И. — 40 лет искания рационалистического мировоззрения (подг. к печ.).
 Павловский, Е. Н. — Вши (строение, жизнь и болезненное действие их на человека) (подг. к печ.).
 *Ранке, И. — Человек I ч. Человеческое тело (подг. к печ.).
 *Синицын, Д. Н. — Лекции по биологии, II ч. (подг. к печ.).
 *Словцов, В. И. — Пределы чувствительности живой клетки (подг. к печ.).
 *Талиев, В. И. — Растение как животное (единство жизни) (подг. к печ.).

Звездочкой помечены книжки, издаваемые впервые, остальные же вновь проредактированы.

Цены обозначены в червонцах.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОРГОВЫЙ СЕКТОР:

МОСКВА: Ильинка, Виржевая пл., Богооявленский, 4. Тел. 47-35.
 ПЕТРОГРАД: Проспект 25 Октября (Невский), 28. Тел. 5-49-32.

ВОЛ
 дом
 тик,
 НИЙ
 Инте
 САР,
 Прос

МОС
 ул.,
 13, з
 5. С
 7. Л

ПЕТ
 с

Все
 „Бю

ст Революции, 1-й
 вор. КИЕВ, Крема-
 красная, 33. НИЖ-
 ссаля, 12. ПЕНЗА,
 криха Энгельса, 106.
 ная, 14. ТИФЛИС,
 и книжный магазин

А:

1-28-94. 2. Моховая
 дена (В. Никитская),
 д., д. 3, тел. 49-51.
 ост, 12, тел. 1-01-35.
 ер., 4. 9. Ильинка,

2. Ул. Володар-
 (Невский), 13.

очередной номер
 10 коп. почтovy-

2007

98