

26.325.12/2 Р-4 Курд

117

920842

ПРИРОДА и КУЛЬТУРА

П. П. ЛАЗАРЕВ

член Российской Академии Наук

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Н. Лео. —

ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

Выпускаемая в свет Государственным Издательством новая серия книг под общим названием „Природа и Культура“ имеет целью дать читателю, владеющему уже некоторой научной подготовкой, в доступной, но строго научной форме ясное представление о достижениях науки во всех отраслях естествознания, медицины, техники и сельского хозяйства. Сочинения наиболее выдающихся русских и иностранных писателей должны дать яркое представление о том, как человек проникает в строение и механизм мертвой и живой природы, овладевает ее законами и налагает на нее яркий отпечаток культуры.

ВЫШЛИ В СВЕТ:

1. Я. Юнг. — Солице. Перевод под редакцией и с дополнениями акад. А. А. Белопольского. Стр. 232 + VIII. Ц. 2 р.
2. Аскания-Нова. — Сборник статей под редакцией М. М. Заводского и Б. К. Фортунатова. Стр. 375 + VIII.
3. Ф. Содди. — Радий и строение атома. Перевод с последнего английского издания под редакцией Н. А. Шилова. Стр. 256 + VIII.
4. А. П. Павлов. — Природа землетрясений и землетрясения в Японии. Стр. 102.
5. П. П. Лазарев. — Курская магнитная аномалия.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Св. Аррениус. — Химия и современная жизнь.
Р. Гольдшмидт. — Введение в учение о жизни.
Кресси. — Современная машина.
Т. Сведберг. — Материя.
К. Максвелл. Материя и движение.

26.325.12 (2P-4курс)
117

Жр.

ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

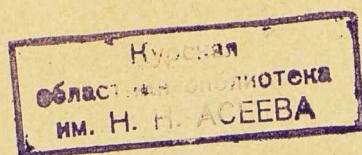
КНИГА ПЯТАЯ

П. П. ЛАЗАРЕВ

член Российской Академии Наук

КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ

920842



авт.

12



17

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

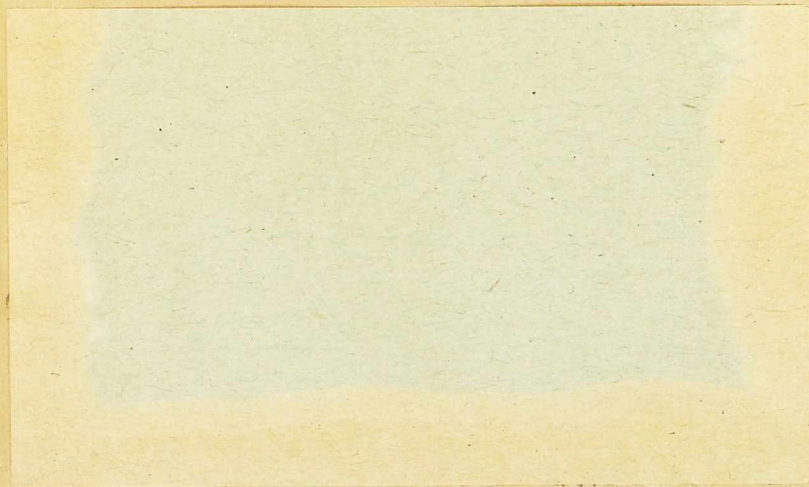
МОСКВА 1924г.

1955 г. 1-й полугодие

Всего: 1000 экз.

Всего: 1000 экз.

Всего: 1000 экз.



Гиз. № 5788. Главлит. № 18616. Москва. Напеч. 3.000 экз.

Госиздат. 1-я Образцовая тип., Москва, Пятницкая, 71.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

В этой небольшой книжке мне хотелось бы дать представление о работах, производившихся в течение последних четырех лет по Курской магнитной аномалии. Эти работы были начаты при Академии Наук комиссией по исследованию магнитной аномалии в Курской губернии, а затем при расширении объема работ была организована особая комиссия при президиуме Высшего Совета Народного Хозяйства, которая руководит работами и в настоящее время.

Работы эти интересны не только по их теоретическим и практическим результатам, но и по методам исследования и по той точности, которую удалось получить, а также и потому, что и самая обстановка работ являлась совершенно необычной, что обуславливалось революционным и военным временами.

СОДЕРЖАНИЕ.

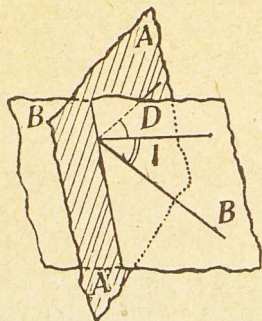
	<i>Стр.</i>
Предисловие	III
Введение.	1
Глава I. Исторический очерк открытия Курской магнитной аномалии	7
Глава II. Результаты магнитно-гравитационных работ 1919—1923 г.г.	13
Глава III. О глубине залегания слоев, вызывающих аномалию, по геофизическим и геологическим исследованиям	25
Глава IV. Работы по глубокому бурению	34
Глава V. Возможные причины Курской аномалии с точки зрения физики и геологии	42
Глава VI. Перспективы работ и общее заключение.	52

ВВЕДЕНИЕ.

ПОНЯТИЕ О МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ.

Изучение земного шара в магнитном отношении показывает, что положение магнитной стрелки на различных широтах и долготах, зависящее от так называемых магнитных элементов данного места, подчиняется определенным и в общем довольно простым законам.

Магнитная стрелка, подвешенная за центр тяжести, следовательно, могущая вращаться как вокруг вертикальной, так и горизонтальной осей, в каждой точке земли принимает вполне определенное положение. В северном полушарии северный конец стрелки будет обращен к поверхности земли так, что ось магнитной стрелки, образуя некоторый угол с горизонтальной линией, угол наклона I (см. фиг. 1), располагается в плоскости BB магнитного меридиана, составляющей с географическим меридианом AA угол D , называемый склонением. Наклонение при передвижении от средних широт, где оно имеет величину около 60° , к северу увеличивается, достигая в некоторой точке земли — на северном магнитном полюсе — 90° , т.-е. магнитная стрелка становится здесь вертикально, обратившись северным концом к поверхности земли (заметим, что магнитный полюс не совпадает с географическим полюсом земли). Наоборот, при передвижении от средних широт к югу наклонение, уменьшаясь, достигает вблизи экватора 0° , следовательно, магнитная стрелка здесь расположится горизонтально; при дальнейшем передвижении в южное полушарие к поверхности земли уже будет обращен южный конец

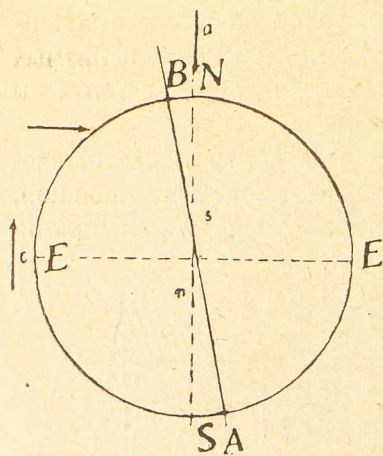


Фиг. 1.

стрелки. Та линия на земной поверхности, где наклонение равно нулю, называется магнитным экватором, не совпадающим с экватором географическим.

Что же касается склонения, то оно изменяется сравнительно в небольших пределах, и в зависимости от того, будет ли северный конец стрелки направлен по отношению к географическому меридиану на запад или на восток, склонение называется западным или восточным.

Наблюдаемое расположение стрелки или, что то же, магнитных линий на земной поверхности может быть объяснено довольно хорошо предположением, что внутри земного шара



Фиг. 2.

находится чрезвычайно малый магнит ns , образующий с земной осью AB некоторый угол (см. фиг. 2). На фигуре 2 показаны положения магнитной стрелки на различных широтах, из которых видно, что действительно создаваемое таким магнитиком поле почти в точности воспроизводит магнитное поле земли. Пользуясь этой простейшей гипотезой, мы можем составить себе ясное представление о том, каким образом будут расположены на поверхности земного шара

точки, в которых магнитная сила будет иметь постоянную вполне определенную величину, в которых положение магнитной стрелки по отношению к географическому меридиану будет делать одни и те же углы, или, наконец, в которых угол стрелки с горизонтом будет один и тот же. Линии, соединяющие между собой точки, в которых определенные магнитные величины, или, как их называют, магнитные элементы (склонение, наклонение и напряжение), будут иметь одно и то же значение, называются изолиниями (изогоны, изоклины и изодинамы). Легко видеть из фиг. 2, что изолинии для величины магнитной силы F и угла наклонения I располагаются в плоскостях, перпендикулярных к магнитной оси малого магнита ns , создающего земное поле. Сложнее обстоит

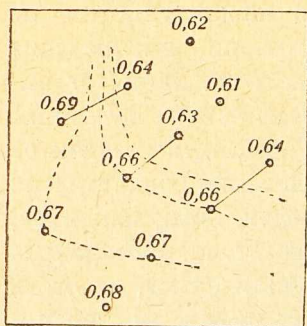
дело с изолиниями склонения (изогонами), т.-е. с углом между магнитной стрелкой и географическим меридианом D ; изогоны в средней Германии и России в общем достаточно близко располагаются к меридиану, и на большом районе земли они имеют приблизительно одинаковые направления. Если мы возьмем ограниченный район России, то в общем для каждой точки этого района мы можем найти, пользуясь указанной выше гипотезой, величину и направление магнитных сил по отношению к географическим широтам и долготам. И действительно, для значительной части страны мы найдем довольно хорошее совпадение вычисленных величин с наблюдаемыми на опыте, а получающиеся небольшие отклонения объясняются тем, что при нашей гипотезе не принят во внимание ряд известных причин, вызывающих эти отклонения. До тех пор, пока такие отклонения от вычисленной схемы не будут превосходить известной величины, мы можем считать, что распределение магнитных элементов является нормальным. Но если отклонение значительно превосходит допущенный гипотезой предел, если, например, магнитная стрелка в средних широтах стоит вертикально или даже смотрит своим северным концом на юг, то столь большое отклонение от вышеуказанной схемы мы должны приписать существованию особой местной причины и считать в указанном участке распределение магнитных сил аномальным (ненормальным), а самое место назвать аномалией.

Как показал Гаусс, картину распределения магнитных сил можно представить гораздо более точно, чем мы это сделали в нашей гипотетической схеме бесконечно малого магнита, расположенного в центре земли. Однако в общем и целом распределение, полученное Гауссом, приводит к результатам, близким к действительности, и, пользуясь его формулами, мы можем для каждого места вычислить значение нормального магнетизма и показать, что существует ряд мест на земле, где имеются отклонения от нормы, где мы имеем аномальный магнетизм. Конечно, является чрезвычайно интересным и важным как с теоретической, так и практической стороны выяснение причин таких аномалий.

Для этого в интересующем нас районе, во многих точках его, производят определение магнитных элементов, как говорят, производят магнитную съемку. Чтобы сделать картину

магнитной съемки более наглядной, соединяют линиями отдельные наблюденные точки, в которых данные геомагнитные величины, например, горизонтальная или вертикальная составляющие или, наконец, склонение, имеют одинаковые значения. Конечно, карта никогда не имеет такого большого количества точек, чтобы изолиния проходила именно через точки с равными значениями; приходится в большинстве случаев изолинии проводить между наблюденными точками элементов земного магнетизма.

На фигуре 3 дан образец такой карты, где кружками обозначены точки, в которых производились наблюдения, а цифры, стоящие рядом, указывают значения вертикальной составляющей силы Z в наблюденных точках.

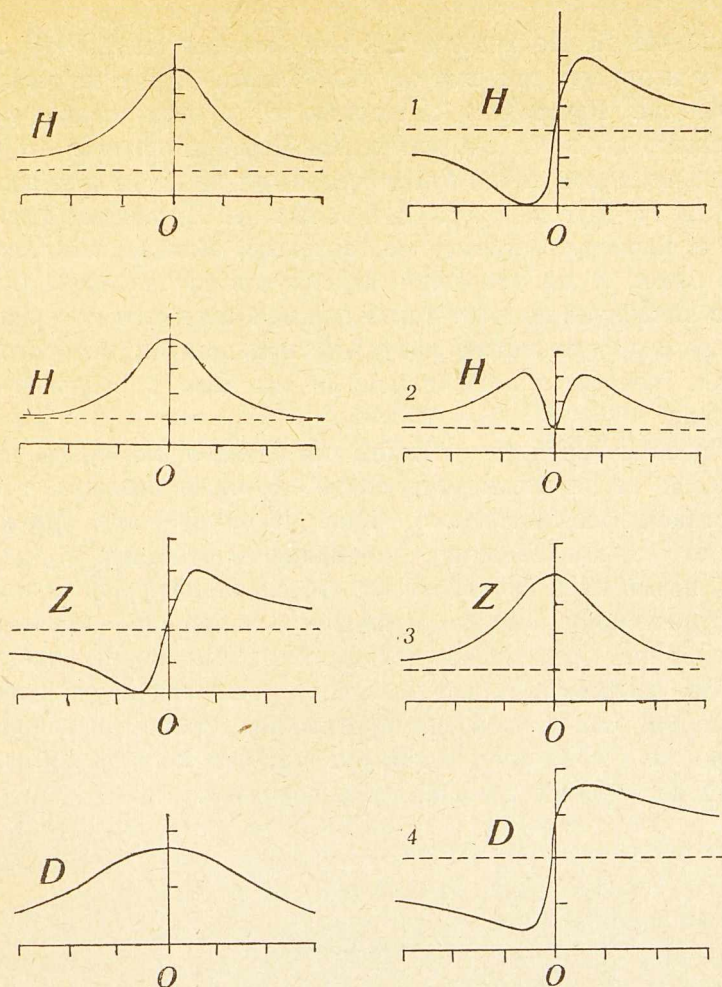


Фиг. 3.

На карте проведенные три изолинии (0,65, 0,66 и 0,67) показывают, каким образом приходится вести изолинии, пользуясь тем соображением, что они должны лежать между соответствующими значениями, действительно наблюденными на практике. Конечно, есть известный произвол при таком проведении изолиний, но чем больше точек на-

блюдено, тем точнее могут быть проведены изолинии, и, между прочим, в этом отношении точность проведения изолиний в области Курской аномалии чрезвычайно велика. Пользуясь подобными изолиниями и сопоставляя результаты исследований для вертикальной и горизонтальной составляющих и для склонения, можно получить критерий, позволяющий нам решить кардинальный практический вопрос, именно, имеем ли дело с нематериальной причиной аномалии, с электрическим током, текущим под землей, или же мы имеем дело с залежами полезных рудных ископаемых, дающих данное возмущенное поле.

В самом деле, подсчеты, сделанные в предположении, что причиной аномалии является или электрический ток, текущий под землей, или ряд магнитных полюсов, показывают резкое различие характера изолиний. На фигуре 4 сопоставлены изолинии для указанных предположений, для случая, если



Электрический ток.

Магнитные полюсы.

Фиг. 4.

наблюдатель идет на поверхности земли поперек линии тока или линии залегания магнитных полюсов. Кривая D дает изменение склонения, кривая H —изменение горизонтальной составляющей, и, наконец, вертикальная составляющая представлена кривой Z .

В то время как в случае электрического тока склонение D имеет максимум над током, в случае же рудной залежи (магнитных полюсов) линия, лежащая над ней на поверхности земли, явилась бы областью, отделяющей западное

склонение от восточного, так как векторы магнитной силы по ту и другую сторону от этой линии будут направлены к залежи. Изменения склонения D в этом случае могут достигать до 180° , т.-е. магнитные стрелки по обе стороны от наблюдаемой точки будут северными концами направлены навстречу друг к другу. Точно так же мы видим (фиг. 4), что H , имеющий минимум над залежью, обладает максимумом над током; Z же, имеющий максимум в случае залежи, при токе максимума не дает. Таким образом мы имеем совершенно ясный и определенный критерий, при помощи которого мы можем решить вопрос, имеем ли мы дело с залежью или с током.

Среди магнитных аномалий, имеющихсся на земном шаре, по всей вероятности есть такие, которые связаны с присутствием электрического тока. К этому типу аномалий можно отнести огромную аномалию в Японии, в области так называемой *Fossa magna*, обусловленную, повидимому, электрическим током; примером аномалии, вызванной, несомненно, полезными ископаемыми, аномалии, имеющей весьма характерный вид на земной поверхности и наиболее обширной как по своему протяжению, так и по величине, является, несомненно, аномалия в Курской губернии, к выяснению явлений которой мы и перейдем.

ГЛАВА I.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ОТКРЫТИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ.

Курская магнитная аномалия была открыта впервые в южной части Курской губернии Смирновым (1874 г.) при магнитном исследовании России, при чем Смирнову удалось обнаружить 2 точки с аномальным магнетизмом. Более поздние исследования Пильчикова, Сергиевского, Рода, Мурро и, главным образом, обширные исследования покойного профессора Московского университета Э. Е. Лейста (с 1894 по 1918 год) позволили представить вполне ясно картину определенной и весьма большой аномалии в области Курской губернии, захватывающей в сущности весь район Курской губернии. Наибольшие по аномалии участки представляют, как это показал Э. Лейст, две полосы, шириной около двух с небольшим верст, местами расширяющиеся на десятки верст и тянущиеся параллельно с северо-запада на юго-восток на длину около 250 верст. Северная полоса начинается в Дмитровском уезде, Орловской губернии, тянется через уезды: Фатежский, Курский, Щигровский, Тимский, Старо-Оскольский к границам Воронежской губернии. Вторая южная полоса, проходящая на 60 верст южнее от первой, начинается с Обоянского уезда, тянется через Белгородский уезд и направляется в пределы Харьковской губернии. Для того, чтобы открыть эту огромную по величине аномалию,—аномалию, превосходящую по распространению все аномалии земного шара, аномалию, обнаруживающую во многих местах такое расположение магнитной стрелки, какое соответствует северному магнитному полюсу, и такую величину магнитной силы, которая значительно (в три примерно раза) превосходит величину силы на магнитном полюсе,—Э. Лейсту пришлось измерить магнитные элементы

в четырех с половиной тысячах точек Курской губернии. Каждое измерение, продолжаясь несколько часов, требовало также несколько часов на обработку произведенного наблюдения, так что почти все 18 лет, затраченные Э. Лейстом на его колоссальный труд, пошли на работу по изучению этого грандиозного явления природы.

Надо отметить и ту чрезвычайно любопытную обстановку, в которой Э. Лейст производил свои исследования. Жить приходилось в деревнях, иногда ночуя в поле, приходилось переезжать на подводах, экономя по возможности те скудные средства, которые он получал для исследований. Питание его большей частью состояло только из яиц и молока, так как в тех деревнях, в которых приходилось ему работать, очень трудно было достать даже свежий белый хлеб. Консервы и сухари являлись главным предметом его питания. Кроме того, невероятные гигиенические условия, в которых Э. Лейсту приходилось проводить ночи, требовали от него энергичных и чрезвычайных мер для предохранения от насекомых, от возможного заболевания сыпным тифом и т. п.

Уже первые публикации Э. Лейста, относящиеся к началу его работ, вызвали в общей прессе чрезвычайно большой интерес: возникла спекулятивная горячка, началось приобретение за большую цену тех мест, по которым проходила аномалия, словом, получалась обычная картина, всегда сопровождающая подобные открытия. Разумеется, Э. Лейст был неповинен в этих явлениях, но условия были таковы, что спекуляция расцвела пышным цветком. В этом отношении весьма характерны те газетные статьи, которые появились в разное время в России и которые рисуют общее положение дела.

Возникшая благодаря работам Э. Лейста уверенность в возможности нахождения рудных залежей на сравнительно небольшой глубине создала после неудачных бурений невозможную для работы атмосферу, которая и погубила все дело. И если вначале мы видим, что Э. Лейст сравнительно легко находит средства для заложения буровой, то после того, как на указанной им глубине не было найдено железа, дальнейшие буровые работы стали для него абсолютно невозможными, ибо он утерял в этом отношении всякий авторитет, и, с другой стороны, геологические факты, известные в то

время, говорили против возможности залежей на небольшой сравнительно глубине; отсюда становится легко понятным, что Э. Лейст должен был вести агитацию за дальнейшее бурение не только в России, но и за границей.

В докладе (1918 г.), который был сделан Московскому Научному Институту, Э. Лейст дал сводку всех полученных данных и продемонстрировал карты, характеризующие аномалию. Однако в этих картах не было указано названия тех мест, через которые аномалия шла, а также и в рукописи, переданной Лейстом для напечатания в «Известия Физического Института», не было указано пунктов, принадлежащих аномальной полосе в Курской губернии. Таким образом рукопись и доклад Э. Лейста давали только общую картину самой аномалии без ее отношения к тем или другим пунктам Курской губернии. Летом 1918 года Э. Лейст уехал за границу и там скончался; вскоре после этого выяснилось, что получить обратно карты и документы Э. Лейста невозможно; ввиду этого народный комиссар Л. Б. Красин обратился к академику П. П. Лазареву с предложением проделать заново работу по изучению магнитной аномалии в Курской губернии; с этой целью были отпущены необходимые для работ суммы. После доклада П. Лазарева в Академии Наук была избрана специальная комиссия, председателем которой был назначен П. Лазарев, которому и была поручена организация работ по магнитной съемке в Курской губернии. Уже с самого начала выяснилась полная невозможность вести работу обычным способом, при помощи классических методов исследования. Надо вспомнить, что в 1918 году Россия была совершенно отрезана от Западной Европы. Нельзя было приобрести инструментов для исследования, нельзя было получить необходимых принадлежностей для работ, можно было обойтись только теми инструментами, которые имелись в России или которые могли быть здесь построены. При этом, конечно, надо было считаться и с тем, что в России не было в достаточном числе соответствующего обученного персонала, который мог бы взять на себя переисследование Курской аномалии, интересной в особенности ввиду возможности нахождения там практически полезных ископаемых; поэтому пришлось думать о таком методе исследования, который, не претендуя

на большую точность, позволил бы получить годные для практики результаты. Такой метод был указан в Комиссии академиком А. Н. Крыловым; метод этот состоял в применении особого инструмента, изобретенного в России начальником Магнитной Части русского флота де-Колонгом для изучения аномального магнетизма на корабле. Метод этот менее точен, чем метод, которым пользовался Лейст, но, однако, он может дать технически вполне пригодные результаты, поэтому Комиссия решила им воспользоваться, учитывая то, что легко было получить не только достаточное количество приборов из Главного Гидрографического Управления, но и можно было иметь достаточный кадр работников, состоящий из гидрографов нашего военного флота. Поэтому, прежде всего, П. Лазарев обратился через наркома Л. Б. Красина в Главное Гидрографическое Управление с просьбой об откомандировании необходимого персонала для работ и о предоставлении Комиссии Академии ряда необходимых приборов. Начальник Гидрографического Управления Е. Л. Бялокоз охотно пошел на это предложение и не только предоставил необходимые приборы де-Колонга и откомандировал необходимое число наблюдателей, но и разрешил воспользоваться целым рядом точных инструментов, принадлежащих управлению и необходимых для производства съемки. Таким образом к июню месяцу 1919 года экспедиция была снаряжена, был получен отдельный товарный вагон, и с товарным поездом экспедиция направилась для исследования. П. Лазаревым было указано место, откуда должны начаться работы,—это место было Белый Колодец Тимского уезда, Курской губернии, так как по некоторым частным письмам можно было думать, что в этом районе можно будет наблюдать начало аномальной полосы. Несмотря на обстоятельную подготовку и возможное содействие центральных властей, работа на местах была страшно трудна и вполне соответствовала трудности переживаемого времени. В самом деле, в это время через Курскую губернию проходил фронт гражданской войны; не надо забывать, что Харьков в июле 1919 года был взят белыми, и, следовательно, отряду приходилось работать в прифронтовой полосе, так что уже с самого начала сказалась необычность обстановки для научной работы, сказались все

те условия, которые свойственны войне. Началось с того, что, когда вагон дошел до Орла, он был отцеплен, и начальнику экспедиции было заявлено, что дальше вагон пропустить нельзя, так как Курск забит военными поездами и что даже воинские эшелоны не пропускаются от Орла до Курска. Благодаря особой энергии, проявленной начальником экспедиции К. С. Юркевичем, удалось добиться того, что вагон был все-таки прицеплен к поезду и свободно прошел до Курска, а затем по направлению к Шиграм, и отряд мог таким образом достичь Тима, где должны были начаться работы. Здесь экспедицию ждало новое осложнение. Прежде всего приезд экспедиции и занятие ею экономии Овсянникова создали среди населения толки о том, что явились помещики для того, чтобы отбирать у крестьян землю. Для того, чтобы положить конец этим толкам, начальнику экспедиции пришлось созвать сельский сход, пришлось увещевать крестьян, и только это положило конец неприятностям, создавшимся подобными слухами. К неблагоприятным обстоятельствам можно отнести и то, что из-за военной обстановки трудно было найти рабочих, так как местное население почти все было мобилизовано, трудно было найти пропитание. Наконец, близость фронта сказывалась постоянно тем, что работать приходилось нервно, из-за боязни быть отрезанными, и, действительно, однажды экспедиция оказалась между фронтами.

Наконец, к осложняющим работу обстоятельствам нужно отнести чрезвычайное обилие дождей в Курской губернии (в июле было всего 11 рабочих дней) и обычный в прифронтовой полосе сыпной тиф, которым переболело несколько работников экспедиции. Несмотря на эти неблагоприятные обстоятельства, экспедиция разыскала полосу аномалии и выяснила в течение 1919 года не только направление ее, но и нашла точки, которые впоследствии были признаны как точки, вполне пригодные для практических разведочных работ по глубокому бурению. После доклада П. Лазарева в присутствии А. И. Рыкова, Л. Б. Красина и П. А. Юзбашева результаты были признаны вполне пригодными для дальнейшей технической разработки, и в 1920 году была создана новая комиссия, в которую, кроме Магнитного и Гравитационного отдела, руководимого П. Лазаревым,

входил отдел Геологический, руководимый проф. А. Д. Архангельским, и отдел Глубокого Бурения, руководимый А. Я. Гиммельфарбом. Председателем в этой новой комиссии был назначен проф. И. М. Губкин и его заместителем П. Лазарев. В течение 1920 года шли исключительно магнитные работы. Комиссия полагала необходимым произвести более обширную магнитную съемку и приступить к дальнейшим практическим исследованиям по глубокому бурению только после того, как будут получены основные магнитные данные. За 1920 год удалось выявить всю полосу аномалии к северу от Тимского уезда и удалось выделить максимум аномалии, который по значению магнитных элементов как раз подходил к максимумам, найденным Э. Е. Лейстом в северной полосе, и в которых, следовательно, можно было по заключению как Магнитного отдела, так и всей Комиссии начинать бурение. В одном из таких мест, указанном П. Лазаревым, мест, для которого впоследствии была определена глубина залегания магнитных слоев около 150—200 саженей, Комиссия постановила приступить к бурению, вследствие чего начались работы по подготовке глубокого бурения.

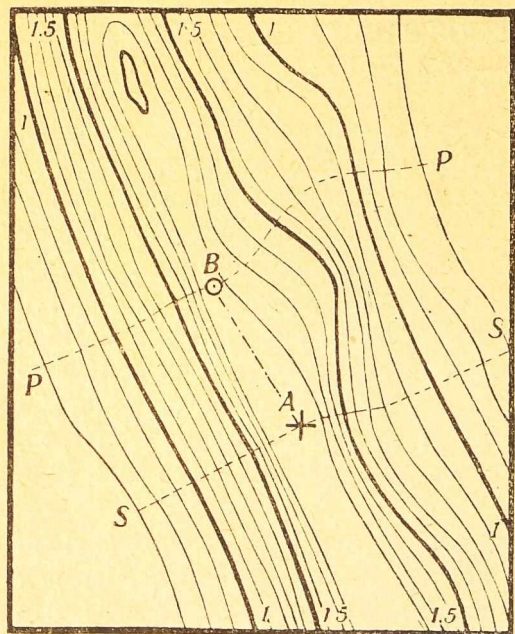
ГЛАВА II.

РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТНО-ГРАВИТАЦИОННЫХ РАБОТ 1919—1923 ГОДОВ.

В результате работ по определению магнитных элементов, произведенных в течение 1919—1923 г.г., можно сказать, что в настоящее время северная полоса аномалии является исследованной. Эта полоса, начинаясь в Орловской губернии проходит через Курскую губернию, пересекая уезды: Фатежский, Курский, Щигровский, Тимский, Старо-Оскольский, и распространяется в область Воронежской губернии. Имея общее направление от северо-запада к юго-востоку, аномальная полоса простирается в длину приблизительно на 250 километров и в ширину от 2-х до 3-х и более километров, переходя в слабое аномальное поле, заполняющее всю Курскую губернию.

Чтобы более удобно представить себе картину аномалии и те законы, которые можно наблюдать в области Курской магнитной аномалии, мы прежде всего представим себе, что у нас имеется карта вертикальной составляющей земного магнетизма, карта Z (см. фигуру 5). На этой карте мы соединим при помощи линий, как это указано во введении (стр. 4), все точки, имеющие одинаковые значения вертикальной составляющей. Полученные таким образом линии носят название изодинам вертикальной составляющей. На карте толстыми линиями проведены изодинамы вертикальной составляющей, имеющие значения в 1,0—1,5 единиц. Тонкие линии соответствуют промежуточным значениям изодинам. В каждой точке такой изодинамы мы можем провести к ней касательную, и, составив перпендикуляр к этой касательной, мы получим то, что называется нормалью кривой. Переходя вдоль нормали от одной изодинамы на бесконечно близкое расстояние к другой, мы получим линию, аналогич-

ную линии SS на фиг. 5, обладающую тем свойством, что касательная к ней пересекает касательную к изодинаме под прямым углом. Тогда говорят, что две системы наших кривых—кривая одинаковых Z и кривая SS —пересекаются под прямым углом, или, что две эти системы кривых ортогональны друг к другу; линию SS мы назовем ортогональным сечением изодинам. Совершенно так же мы можем получить ортого-



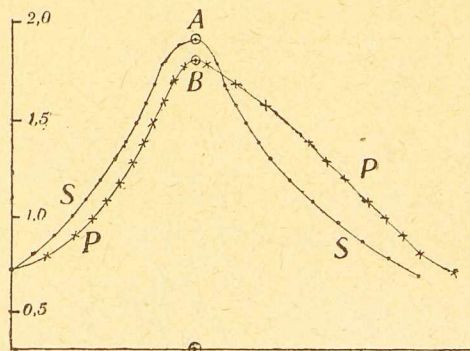
Фиг. 5.

нальное сечение PP , проходящее через точку B . Пользуясь только что изложенным, мы построим следующую диаграмму. Отложим на горизонтальной оси, оси абсцисс, расстояния, отсчитываемые вдоль линии SS или PP , на перпендикулярах к ней отложим значения Z в соответствующих точках. Полученная таким образом кривая линия изображена на фигуре 6; на кривой SAS или PBP мы можем графически определить то место,

где должен был бы находиться максимум для вертикальной составляющей Z ; такой максимум A для линии SS обозначим на карте (фиг. 5) крестом, для линии PP обозначим кружком B . Соединяя теперь все точки, аналогичные A и B , мы получим линию, идущую вдоль всей аномалии, — линию, которая будет заключать в себе все максимальные значения вертикальной составляющей. Эту линию мы назовем осевой линией аномалии; с этой линией связан целый ряд замечательных свойств Курской аномалии.

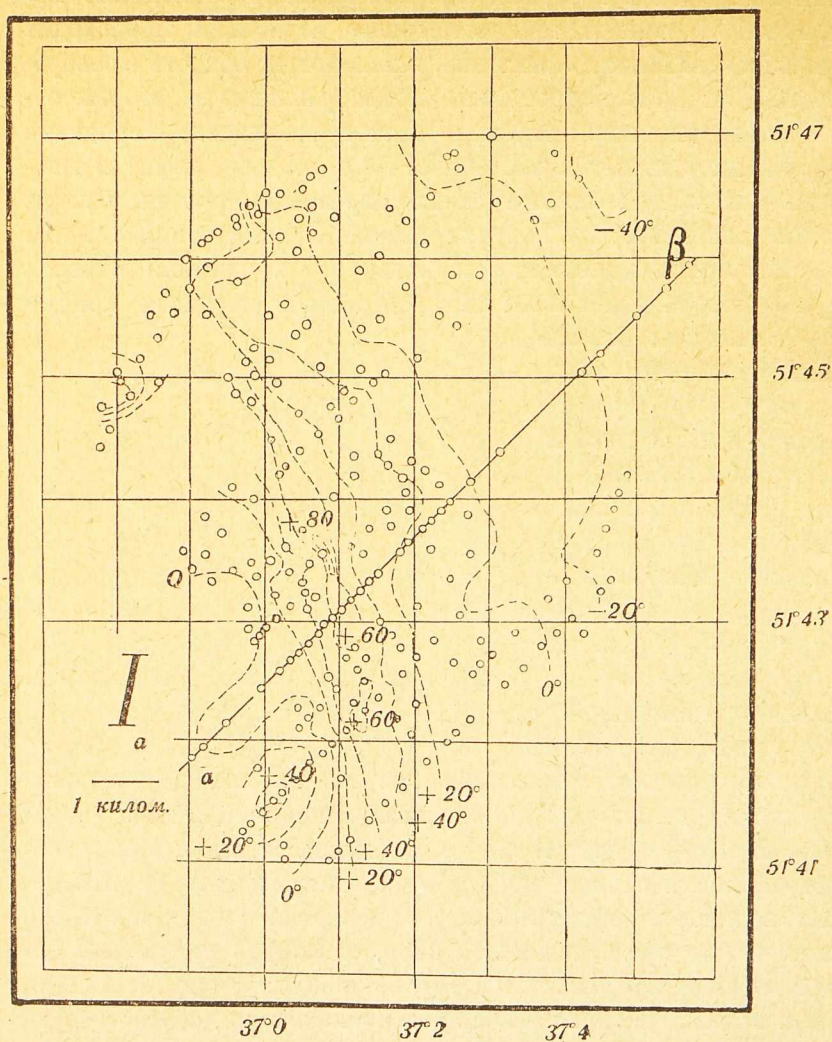
Вдоль осевой линии вертикальные составляющие Z имеют значение максимальное, наоборот, горизонтальные слагающие

силы имеют значение минимальное. Эта область отделяет те районы Курской губернии, где наблюдаемое отклонение магнитной стрелки от географического меридиана происходит на запад (западное склонение, занимающее область к северо-востоку от полосы аномалии) от тех районов, в которых отклонение магнитной стрелки от географического меридиана (склонение)^{*)} является восточным (область его лежит к юго-западу от осевой линии). Таким образом, переходя осевую линию аномалии, мы получим изменение склонения стрелки из восточного в западное и наоборот, а местами стрелка прямо поворачивается на 180° , обращаясь северным концом все время к осевой линии. Чтобы дать представление о густоте, произведенной магнитным отделом съемки, мы прилагаем, как пример, одну из карт (фиг. 7), дающих аномальное наклонение I_a . Из этой карты видно, что, действительно, сеть наблюдений чрезвычайно густа, и в сущности едва



Фиг. 6.

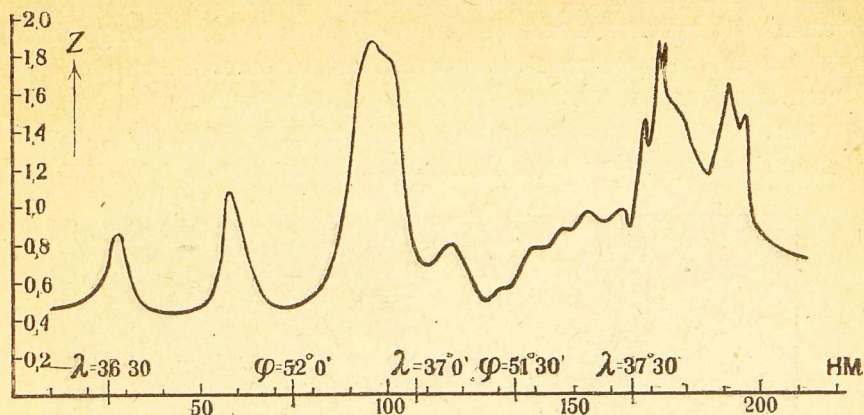
ли можно ожидать при такой густоте съемки возможности пропуска сколько-нибудь заметных изменений в ходе изолиний. Идя вдоль осевой линии аномалии, начиная с ее северного конца и откладывая на перпендикулярах к ней изменения величины вертикальной составляющей силы магнитного поля земли, представляющей силу, с которой магнитный полюс стрелки притягивается вертикально к земле, мы увидим (фиг. 8), что эта сила, вначале незначительная, соответствующая незначительной величине аномалии, быстро возрастает в области Щигров и дает огромный максимум, где вертикальная составляющая превосходит почти в 3 раза максимальную величину магнитной силы, наблюдаемой у северного магнитного полюса земли. В области этого огромного максимума и заложена первая буровая скважина. Двигаясь дальше вдоль осевой линии, мы переходим к Тимскому минимуму, за которым следует далее обширный двойной Оскольский максимум, зани-



Фиг. 7.

мающий несколько параллельных полос (до настоящего времени их открыто четыре). Этот максимум по интенсивности местами превышает обширный Щигровский максимум. Отсюда аномалия начинает падать по направлению к Воронежской губернии, сохраняя все же и там весьма значительную величину.

Из всего сказанного совершенно ясно, что картина, которую представляет Курская аномалия, несомненно, соответ-

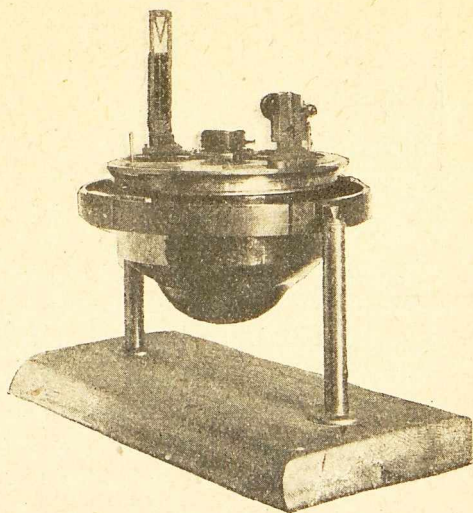


Фиг. 8.

ствует тому случаю, когда мы под поверхностью земли имеем намагниченные действием земного поля полезные ископаемые (см. выше, стр. 5).

Таким образом, несомненно, в области Курской магнитной аномалии бурение должно открыть присутствие этих полезных ископаемых на определенной глубине.

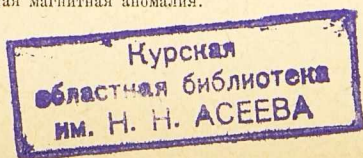
На фиг. 9 представлен общий вид применяемого при магнитной съемке прибора де-Коллонга без отклоняющего магнита на лабораторной подставке; фиг. 10 дает сверху вид на систему магнитов, подвижных около вертикальной оси.



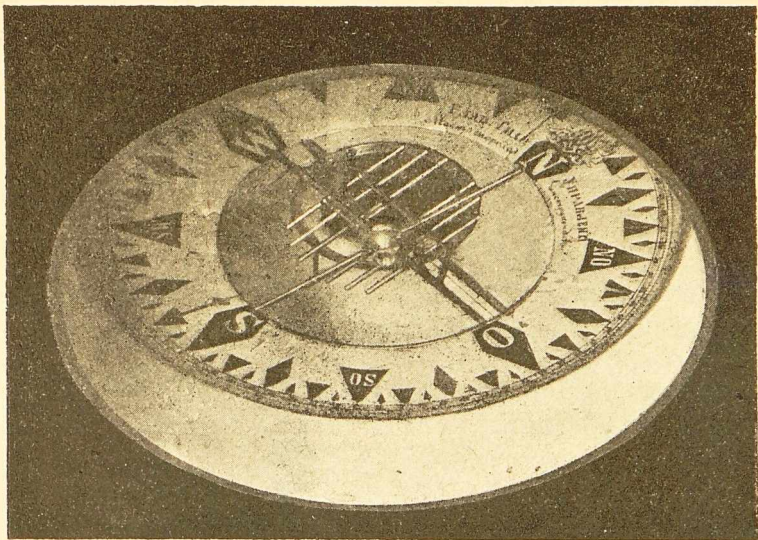
Фиг. 9.

После того как значительная часть работ по изучению магнитной аномалии была проделана, и было уже начато бу-

920842



рение, началось изучение гравитационной аномалии — аномалии силы тяжести. При этом оказалось, что вблизи осевой линии магнитной аномалии, недалеко от нее, тянется полоса аномалии гравитационной. Для определения абсолютного значения силы тяжести пользовались определением времени качания маятника, период которого измерялся с огромной точностью (А. А. Михайлов). Расположение приборов, находящихся для получения постоянной температуры в яме, видно



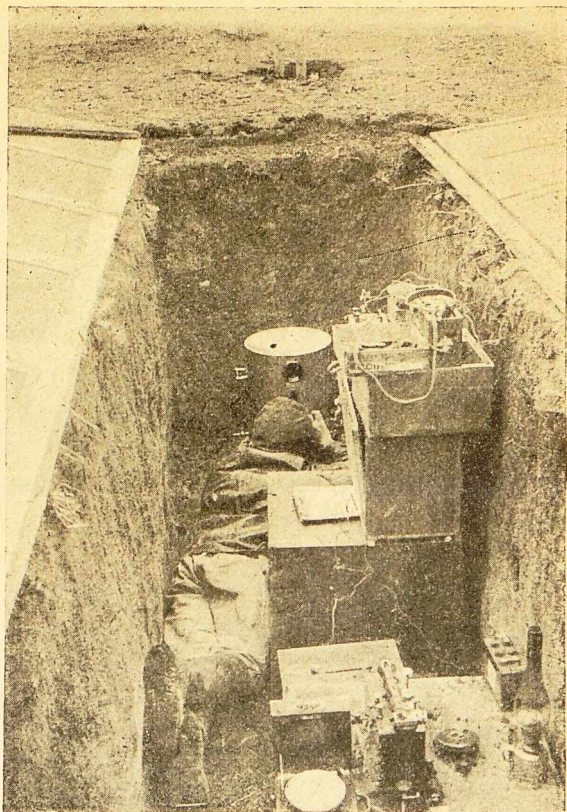
Фиг. 10.

на фиг. 11. Для этой же цели необходимо, как это видно на фиг. 12, защищать яму особой палаткой (на фиг. левой), имеющей двойные стенки. На фиг. 12 видна мачта радиотелеграфа, служащего для приема сигналов времени из Пулкова, необходимых для проверки хронометров. Для определения изменений (вариаций) силы тяжести пользовались особым чувствительным прибором — вариометром Этвёша (П. П. Аксенов, П. М. Никифоров). Ход изменения тяжести оказывается различным в разных местах.

На 100 метров севернее буровой скважины № 1 ход изменения тяжести по параллели изображен на фиг. 14 (П. М. Никифоров). Через 0 обозначено положение осевой линии аномалии; цифры вдоль линии WE пред-

ставляют расстояния (в километрах) от осевой линии. Как видно из фигуры, сила тяжести быстро спадает к западу и медленнее к востоку, при чем в дальнейшем снова дает подъем. Интересно, что гравитационный максимум отстоит на 200 метров к востоку от осевой линии, то-есть от магнитного максимума. Получается такая картина, что в этом месте имеется подземный массив, круто спадающий к востоку и полого — к западу. С этим толкованием согласуется картина расположения горизонтальных составляющих силы тяжести, определяемых вариометром.

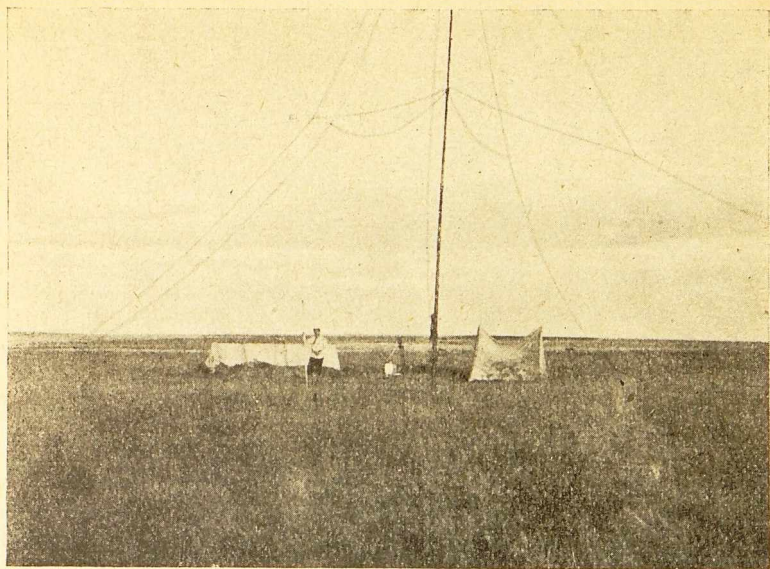
Если мы изобразим на фиг. 14 через ON меридиан места наблюдения и через AB осевую линию аномалии, то видно, что к западу от O горизонтальные составляющие силы тяжести, изо-



Фиг. 11.

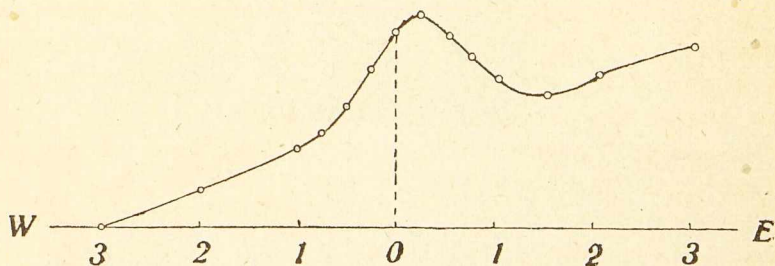
браженные стрелками a_1 , a_2 , a_3 , все направлены в одну сторону, так как в этом направлении существует притяжение подземным хребтом. К востоку от AB составляющие силы тяжести b_1 , b_2 , b_3 , b_4 делаются очень малыми, что доказывает, что хребет делается более плоским, и, кроме того, векторы b_1 , b_2 , b_3 направлены в разные стороны, притягиваясь к подземным вершинам, расположенным на плоском основании.

На 1500 метров южнее первой линии, исследованной П. М. Никифоровым, распределение силы тяжести оказывается весьма похожим на то, что мы описали, только



Фиг. 12.

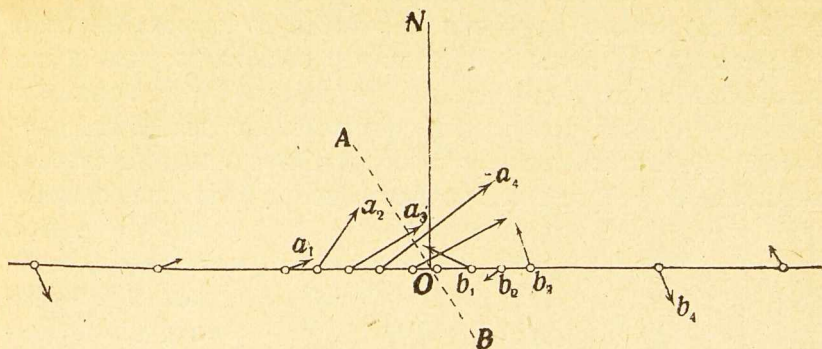
максимум значительно меньше и смещен всего на 50 метров от осевой линии аномалии. Наконец, на юге около Оскола, как это показал П. П. Аксенов, расположение максимумов



Фиг. 13.

аномалий магнетизма и силы тяжести совпадают (фиг. 15). Соответственно этому горизонтальные составляющие силы тяжести все направлены к осевой линии O (см. фиг. 16). Все сказанное говорит за то, что мы имеем тяжелую массу,

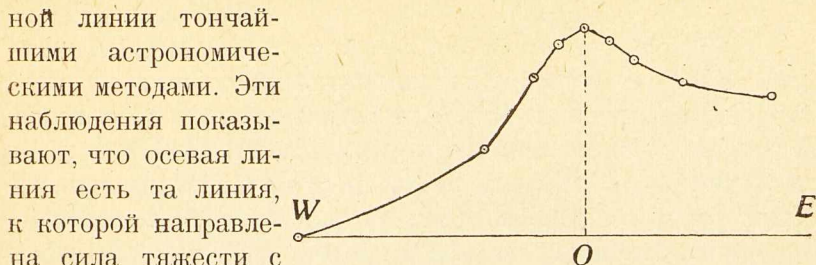
расположенную под полосой аномалии магнетизма, — массу, имеющую крутой скат на восток и пологое падение на запад. Изучение деталей строения поля гравитационного и поля магнитного позволили П. Лазареву сделать заключение о том, что причины магнитной и гравитационной аномалии



Фиг. 14.

могут быть различны, иными словами, гравитационная аномалия может быть вызвана не магнитной массой.

В качестве любопытных контрольных проверок были сделаны наблюдения над отклонением отвеса от вертикальной линии тончайшими астрономическими методами. Эти наблюдения показывают, что осевая линия есть та линия,



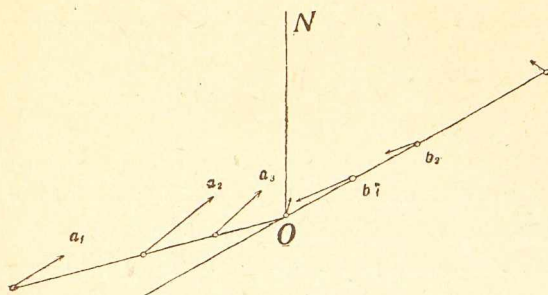
Фиг. 15.

к которой направлена сила тяжести с обеих сторон. Таким образом, мы наряду

с магнитной аномалией, открытой Э. Е. Лейстом, можем считать доказанным существование и аномалии гравитационной, впервые обнаруженной работами Комиссии. Дальнейшая задача должна состоять в том, чтобы исследовать аномалию, с одной стороны, методами акустических волн — волн электромагнитных и сейсмических — и, с другой, — изучать область аномалий радиоактивными методами. Это все составит задачи ближайшего будущего, к которым Комиссия приступает

в настоящее время. Эти методы позволяют чисто физическими приемами отграничить область аномалий и ближе изучить характер плотных масс, вызывающих аномалии.

Заканчивая настоящую главу, мы должны указать на то, что точность метода, примененного Комиссией, была значительно ниже, как это указывалось раньше, точности метода Э. Е. Лейста; в то время как точность метода Комиссии достигала всего только 1%, так что ошибка должна достигать одной сотой измеряемой величины, у Лейста эта ошибка была 0,1 доли процента, следовательно, достигала одной тысячной доли измеряемой величины. В отдельных случаях наблюдений Лейста эта точность могла быть еще большей,

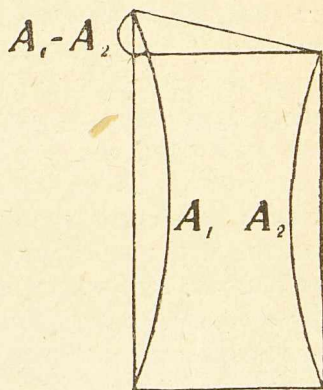


Фиг. 16.

и тем не менее, как удалось затем показать П. Лазареву, можно было, пользуясь менее точными приборами, получить гораздо более точные результаты, чем получал Э. Е. Лейст, обратив внимание на точ-

ность карт, на которых должны были наноситься соответствующие наблюдения. Чтобы это стало ясным, мы приведем следующие соображения. Пусть у нас имеется карта или план какой-нибудь местности, и пусть на этом плане мы нанесем точку, в которой произведены те или другие наблюдения. Разумеется, эта точка не может представлять собой на карте геометрической точки, она имеет известные размеры, и пусть, в простейшем случае, мы эту точку представляем небольшим кружком, диаметр которого в лучшем случае может равняться 0,1 миллиметра. Диаметру данной точки на поверхности карты должны соответствовать определенная длина на поверхности земли, и пусть эта длина выражается у нас длиной L (см. фиг. 17). Теперь представим себе, что у нас имеется некоторая величина A , которую мы желаем исследовать на поверхности земли и значение которой мы желаем нанести на нашей карте. A , вообще говоря, изменяется от точки

к точке, и пусть максимальное изменение A , в пределах изучаемой местности, на расстоянии длины L представляет собой величину $A_1 - A_2$. Для нашей точки на плане мы должны получить одно значение для изучаемой величины A , ибо было бы бессмысленно в одной точке получить два значения A , так как в данном случае через одну точку мы должны были бы сразу провести две системы изолиний. А так как на расстоянии L у нас наблюдается падение данной величины на величину $A_1 - A_2$, то ясно, что величина $A_1 - A_2$ не должна быть замечена нашими приборами, и, стало быть, величина $A_1 - A_2$ должна лежать в пределах возможных погрешностей, даваемых нашими инструментами; $A_1 - A_2$ деленное на A_1 и есть та ошибка F , выраженная в долях максимальной измеренной величины, которую должен давать наш метод, чтобы геодезические данные соответствовали по своей точности данным магнитной или любой другой геофизической съемки. Умножив эту величину на 100, мы получим процентную ошибку, которая, как легко понять, зависит от масштаба карт,



Фиг. 17.

применяемых при исследовании. Если мы произведем соответственные расчеты, пользуясь данными, которые имеются для Курской губернии, и данными Э. Е. Лейста, принимая во внимание, что у него имелась трехверстная карта Генерального Штаба, единственно тогда существовавшая, то мы придем к определенному заключению, что точность метода Э. Е. Лейста должна была быть никоим образом не выше 50%. Таким образом примененный Э. Е. Лейстом метод был излишне точен, и магнитные данные не были использованы вполне благодаря недостаточной точности геодезических данных. С другой стороны, чтобы получить при точности наблюдений в 10% полное использование магнитных данных, необходимо иметь карты более точные, чем это имел Э. Е. Лейст, и подсчеты показывают, что мы должны иметь в общем карты с масштабом около 255 м в см. Поэтому для того,

чтобы получить более точные данные, Комиссии пришлось обратить большое внимание не на получение точных магнитных данных, которые, оказывается, измерялись с достаточной точностью морскими приборами, а на большую точность карт, на которых эти данные должны были наноситься. Поэтому основной задачей, начиная со второго года исследования, явилась детальная геодезическая съемка, позволившая получить карты местности в масштабе 220 м в одном см. В настоящее время намечается еще более широкая задача, именно перво-классная триангуляция вдоль осевой линии аномалии, которая позволит связать отдельные карты между собой и составить точную карту всей местности в масштабе 220 м в сантиметре; это таким образом позволит дать впервые точные результаты для карты аномалии. Если к этому прибавить, что вместо 4500 точек, разбросанных по всей территории Курской губернии, мы в одной северной полосе, занимающей пространство 250 км в длину и 3 км (в среднем) в ширину, имеем в настоящее время более 10.000 точек, то мы можем сказать, что наши исследования сделаны не только более точно, но и более подробно, чем исследования Э. Е. Лейста. Таким образом выполненную съемку в области северной полосы аномалии в настоящее время нужно признать законченной вполне, и карты Э. Е. Лейста, если бы таковые нашлись, имеющими, несомненно, только историческое значение.

Чтобы контролировать точность данных магнитной съемки, произведенной различными наблюдателями, была выполнена большая вычислительная работа. Именно, зная восточную и северную составляющие аномалии, можно вычислить потенциал горизонтальной составляющей H . Это вычисление велось по разным путям, между двумя точками A и B на карте. И так как при этом должны получаться по теории одни и те же значения потенциала, то можно было после вычисления знать, где ошибка при наблюдениях сделана больше и где она меньше. Таким путем контролирована и установлена точность тех определений, которые переносились на карту.

ГЛАВА III.

О ГЛУБИНЕ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОЕВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ АНОМАЛИЮ, ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ.

Вопрос об определении глубины залегания магнитных масс не может быть разрешен физически с абсолютной точностью. Дело в том, что, если определенные магнитные массы, расположенные под землей, создают вполне определенное магнитное поле, то, с другой стороны, определенное магнитное поле может быть создано не одинаковым расположением магнитных масс, а бесконечным количеством комбинаций в расположении их. Как пример этому мы приведем поле, создаваемое так называемым магнитным листком — плоской тонкой пластинкой, равномерно намагниченной с одной стороны северным, с другой — южным магнетизмом. Такая тонкая железная пластинка будет давать поле, зависящее исключительно только от контура, ограничивающего этот листок. И если мы будем изменять форму самой пластинки или будем углублять ее, или, наоборот, приближать к поверхности, не изменяя при этом контура и количества магнетизма на квадратном сантиметре пластинки, то мы можем получать совершенно одинаковые поля во всем окружающем пространстве. То, что совершенно строго можно доказать для магнитного листка, то должно существовать и для всех остальных видов магнитов. Таким образом, прежде чем приступить к определению глубины залегания магнитных масс, приходится сделать ту или другую вероятную гипотезу, которую можно получить на основании знаний расположения намагниченных слоев под землей вообще. Можно, например, сделать предположение, что у нас имеется цилиндрическая масса, лежащая параллельно поверхности земли и намагниченная действием земного поля. Такая масса получит с одной

стороны, лежащей ближе к поверхности земли, южный магнетизм с другой стороны, отвлеченной от земли, — северный. Если сечение такого цилиндра будет представлять собой узкую и длинную пластинку, поставленную наклонно к поверхности земли, то действие такой пластинки сведется к действию двух магнитных масс, расположенных так, что южные полюса лежат наверху пластинки, северные — внизу.

Направление силовых линий этого поля не будет зависеть от силы намагничивания и, стало быть, от величины магнитных масс, которые сосредоточены в полюсах SN , и мы можем, допуская, что у нас под землей находится намагниченный цилиндр, поступить для определения глубины залегания таким образом: мы можем нарисовать направление магнитных силовых линий у поверхности земли (угол наклона). Подбирая далее такие размеры нашего цилиндра с двумя рядами полюсов и такую глубину под землей, чтобы направление силовых линий поля соответствовало тому, что мы наблюдаем в действительности, мы можем найти и глубину залегания данного цилиндрического намагниченного слоя под землей. Точные вычисления показывают, что является довольно безразличным, будем ли мы брать цилиндрический слой или призматический: влияние формы тела на магнитное поле будет оказываться чрезвычайно мало. Этот метод, являющийся наиболее простым, позволил впервые определить по линиям α , β глубины залегания слоев (фиг. 7). Это определение было сделано по предложению П. Лазарева А. И. Заборовским; таким же методом было произведено определение глубины в целом ряде других мест.

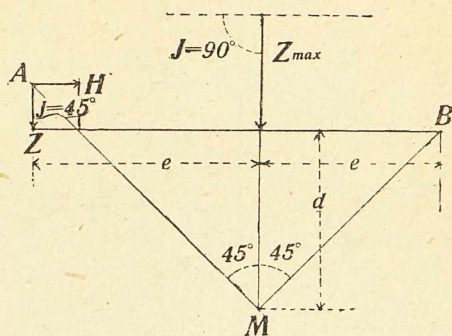
Можно произвести подсчеты, пользуясь уравнением магнитного поля и задавая лежащей под землей залежи разные формы. Такое определение сделано В. А. Костицыным. Результаты этих определений совершенно совпадают с тем, что было получено первым способом.

Наиболее простым случаем является тот, когда наша залежь настолько длинна, что мы можем влиянием ниже лежащего северного полюса пренебрегать и сводить все действие залежи только на действие южных полюсов, расположенных по верхнему краю нашего намагниченного цилиндра; в таком случае мы имеем серию равных по величине ма-

гнитных полюсов, расположенных по прямой линии, к которым и притягивается полюс магнитной стрелки. Для этого случая можно найти чрезвычайно простое правило, позволяющее точно определить глубину залегания залежи. Представим себе, что мы под землей имеем ряд полюсов, расположенных по прямой линии, и пусть плоскость чертежа будет перпендикулярна к этой линии (фиг. 18); тогда эта серия полюсов пересечет в точке M плоскость чертежа; если мы представим себе, что горизонтальная поверхность земли лежит на расстоянии d от данного полюса, то мы можем, проведя от полюса M ряд магнитных силовых линий, изображаемых в данном случае прямыми, найти такую, которая будет пересекать поверхность земли

под углом в 45° (AM и BM).

Помещенный на этой силовой линии магнитный полюс будет притягиваться, следовательно, с силой, направление которой будет делать с землей угол в 45° . Разлагая эту силу на две составляющие, горизонтальную H и вертикальную Z , как это изображено на рисунке, мы

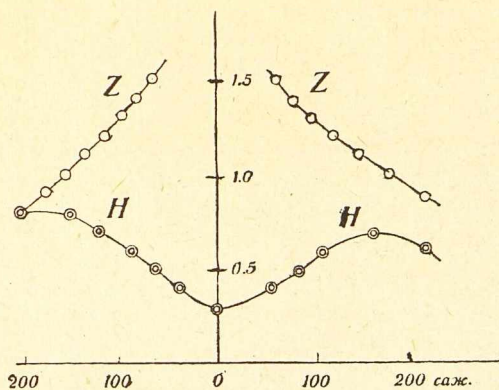


Фиг. 18.

можем легко обнаружить, по правилам элементарной геометрии, что в данном случае величины вертикальной и горизонтальной составляющих друг другу равны ($H=Z$). С другой стороны, если мы из точки M проведем перпендикуляр к земной поверхности и расположим на этом перпендикуляре магнитный полюс, который будет притягиваться точкой M , то в этом случае горизонтальная составляющая будет равна нулю, а Z будет наибольшей (Z_{max}). Из треугольника, составленного нашими двумя силовыми линиями и поверхностью земли, ясно, что расстояние залежи от поверхности земли d и расстояние e — той точки, в которой горизонтальная и вертикальная составляющие равны друг другу (точки A и B), и точки, где горизонтальная составляющая равна 0 (или где вертикальная составляющая Z максимальная), равны между собой. Это правило является, конечно, наиболее элементарным правилом,

основанным на гипотезе одного ряда полюсов, и может дать иногда слишком малое расстояние полюсов. В других случаях, наоборот, когда полюс представляет собой изогнутую пластинку, такую, как мы описали выше, мы можем попасть на магнитный слой раньше, чем это будут предсказывать наши вычисления. Поэтому при установлении мест бурения эти определения, не могущие дать точных результатов, были отброшены, и при указании мест буровых скважин Магнитный отдел руководствовался, главным образом, следующими соображениями: выбирать то место для бурения, в котором изменение магнитных сил происходит наиболее быстро, и

где абсолютная величина их достигала бы максимума; это должно говорить также за близость подлежащих магнитных масс; наконец, чтобы удобнее произвести расчеты и чтобы по возможности меньше ошибиться в выборе места, было предложено останавливаться на наиболее спокойных плавных изо-



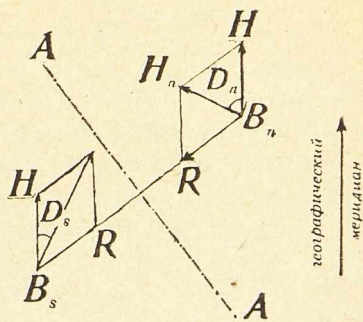
Фиг. 19.

линиях, по возможности совершенно симметричных по отношению к осевой линии аномалии. Таким данным удовлетворяет как раз место, выбранное для бурения, представленное на фиг. 5 и обозначенное буквой А. Определение, сделанное по вышеуказанному способу для места бурения, позволило найти глубину залежи от поверхности земли, для чего мы пользовались изменениями горизонтальной и вертикальной составляющих поперек аномалии — перпендикулярно к осевой линии. Для определения глубины мы по горизонтальной линии (оси абсцисс) откладываем длину, начиная от осевой линии, по обе стороны от нее; по оси ординат откладываем значения горизонтальной составляющей H и значения вертикальной составляющей Z ; пересечение двух линий H и Z , представляющих собой ход горизонтальной

и вертикальной составляющих, дает нам точку, где горизонтальная и вертикальная составляющие равны, и, следовательно, расстояние этой точки, считаемое от осевой линии, и будет как раз равно глубине залежи. Таким образом рассчитанная глубина оказалась около 200 саженей (точнее 175). (См. фиг. 19.)

Необходимо отметить, что расчеты, здесь сделанные, надо считать весьма приблизительными, потому что горизонтальная составляющая H поля в данном случае складывается из силы аномалии H_a , создаваемой рядом полюсов, и силы земного поля.

К юго-западу и северо-востоку от осевой линии AA (фиг. 20) горизонтальные магнитные силы, происходящие от полюсов, расположенных под землей, и представленные силами RR , направлены друг к другу. Ввиду этого полные величины магнитной силы H_s , H_n , складывающиеся из R_1R и нормальной составляющей H_1H , дадут к юго-западу силу H_s , всегда большую, чем R , а к северо-западу силу H_n , могущую быть меньше или больше R .



Фиг. 20.

Этим может быть объяснено и то, что только к западу от осевой линии в точке бурения мы находим пересечение линий H и Z ; к востоку же пересечения этих линий не наблюдается. (См. фиг. 19.) Можно, конечно, вычислить H по общим формулам, дающим распределение нормального магнетизма, и отсюда найти R . Но и такой более сложный способ расчета в общем дает почти то же значение для глубины, что и первый. Другой способ определения глубины залежей, при предположении, что мы имеем опять-таки одну систему полюсов, представляет собой определение глубины залегания из значения вертикальной составляющей на разных высотах непосредственно над осевой линией. Полная величина силы Z должна в этом случае изменяться обратно пропорционально первой степени расстояния полюса нашей залежи от точки,

в которой мы производим измерение, что можно выразить такой формулой:

$$Z = \frac{A}{R + r},$$

где r — расстояние над поверхностью земли и R — расстояние залежи под землей, A — постоянная. Измеряя величину Z на разных высотах над землей — наибольшая высота достигала одиннадцати саженей — и, кроме того, на глубине 4 саж. на месте буровой скважины, А. И. Заборовский получил ряд цифровых данных, которыми можно воспользоваться для определения глубины этого залегания. В самом деле из нашей формулы следует, что

$$Z(R + r) = A = \text{постоянной},$$

или, другими словами, произведение суммы из предполагаемого расстояния залежи R и расстояния r измеряемой точки над поверхностью земли на величину магнитной силы в данной точке должно дать постоянную величину.

В прилагаемой таблице 1 даны значения $Z(R + r)$

ТАБЛИЦА 1.

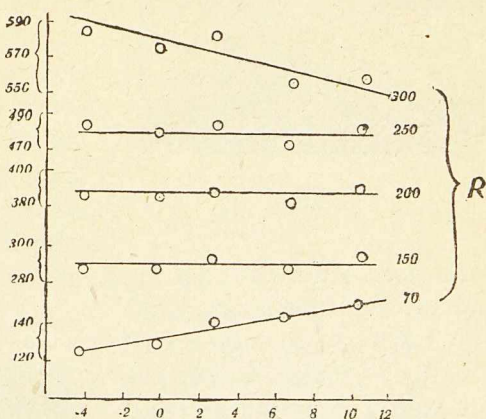
r	при $R = 70$	при $R = 150$	при $R = 200$	при $R = 250$	при $R = 300$
11	150	298	392	485	560
7	142	290	382	475	557
3	140	294	390	486	582
0	130	288	384	480	577
— 4	126	288	386	485	584

Как видно из таблицы и еще лучше из графика (фиг. 21), наиболее постоянные значения A получаются при R , равном 150, 200 и 250 саж. (300 — 500 м), т.-е. как раз того же порядка, как и при определении из равенства значений H и Z . И здесь надо заметить, что было бы правильнее вычитать нормальное поле для Z из значения Z наблюдаемого, однако это дает небольшие ошибки в определении глубины.

При выборе места бурения имелись в виду, конечно, и общие соображения геологического характера, развитие А. Д. Архангельским. А. Д. Архангельский указал, что ввиду выклинивания к северу осадочных пород, не

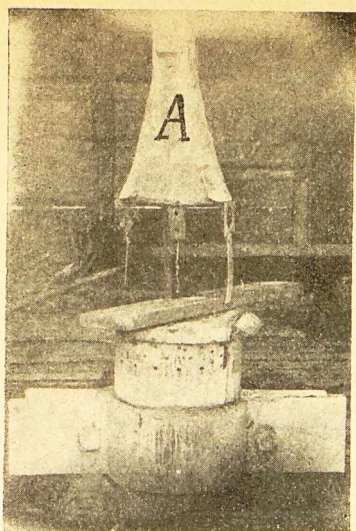
могущих содержать рудные залежи железа, которые, в свою очередь, можно ожидать лишь в кристаллических породах, лежащих под осадочными, надо выбирать для буровой возможно более северное место. Этим обстоятельством и было обусловлено то, что место бурения в Щигровском районе было взято несколько севернее максимального пункта *Z*.

Вышеприведенные подсчеты позволили подойти к другому чрезвычайно интересному и связанному с задачей о глубине залегания слоев вопросу, именно о природе рудной залежи, которую мы можем встретить в области Курской губернии. Выяснилось, что если мы подберем такие размеры рудной залежи, которые бы, находясь на соответствующей глубине, давали наблюдаемое расположение магнитных линий, наблюдаемую в Курской губернии в области аномалии величину магнитного поля, при предположении, что намагничивание залежи вызвано земным полем, то в качестве материала, могущего вы-



Фиг. 21.

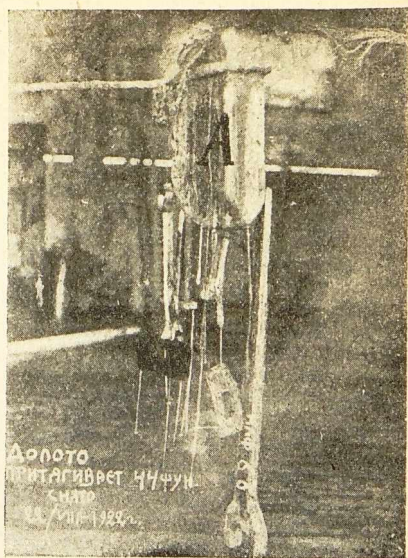
звать подобную магнитную аномалию, может быть только материал, по магнитным свойствам подходящий к чистому железу (П. Лазарев, В. Костицын). Обычные магнитные руды железа не могут вызвать такой аномалии, и если бы мы пожелали получить от обычного магнетита вблизи осевой линии его поля, соответствующие полям, наблюдаемым в действительности в Курской губернии, то мы должны были бы вдоль осевой линии расположить не только непосредственно под землею, но и выступающую от поверхности земли гору магнетита, которая поднималась бы на несколько десятков метров над поверхностью земли. Эти данные с несомненностью говорят, что мы имеем дело с чрезвычайно сильным в магнитном отношении материалом, что и создает большой интерес к вопросу о причинах, вызывающих эту аномалию. (См. ниже.)



Фиг. 22.

было замечено, что долото *А* намагничивается. Намагничивание это позволило [подвесить к этому долоту 5 фунтов железных предметов, как это видно из фиг. 22; по мере углубления долота в землю намагничивание делалось все сильнее и сильнее. (Фиг. 24.) Причины этого намагничивания, конечно, совершенно ясны. Стальной предмет, находящийся в сильном магнитном поле и подвергнутый значительному сотрясению, как известно, намагничивается. Намагничивание это достигает при сильном магнитном поле большой силы. Делая не-

Наконец, определение глубины залегания было сделано еще третьим способом, связанным с поразительным явлением, наблюдавшимся при бурении. Бурение, примененное вначале в Курской губернии, было так называемым ударным бурением. Принцип этого бурения заключается в том, что тяжелое (около 1.600 *кр* весом) долото, поднятое на некоторую высоту, падая с этой высоты, дробит горную породу, удаляемую затем из скважины. Долото это представляет собой массивный стальной инструмент *А*. (Фиг. 22.) После прохождения 10 метров в глубину чрезвычайно сильно намагни-



Фиг. 23.

которую гипотезу относительно связи между намагничивающей силой и степенью намагничивания долота, можно было решить задачу о глубине залегания слоев, вызывающих данное магнитное поле. Этим способом Лазаревым была определена глубина залегания намагничивающихся слоев, которая оказалась в пределах от 220 до 400 м. Таким образом все говорит за то, что в этих пределах мы должны были найти рудные залежи.

ГЛАВА IV.

РАБОТЫ ПО ГЛУБОКОМУ БУРЕНИЮ.

Место, выбранное для глубокого бурения, лежало на расстоянии 4 км к юго-западу от Щигров. В этом месте было приступлено к постройке буровой вышки американского типа в 27 м высотой. Кроме того, были построены здания кочегарки, мастерские и здания электрической станции.

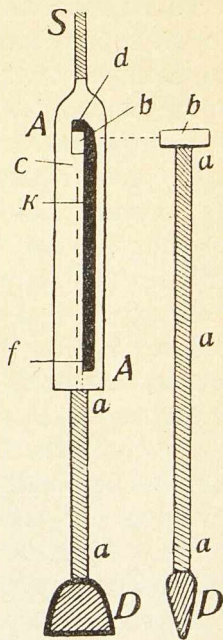
Работа протекала в очень трудных условиях, так как строительные материалы, равно как и работники для постройки вышки и монтажа механизмов должны были доставляться из других мест за неимением таковых в Курской губернии. При огромном напряжении технического персонала все оборудование скважины № 1 было готово к середине июля 1921 г., 22 июля было приступлено к бурению. Относительно методов, принятых Комиссией для бурения скважин, отметим следующее. Необходимо было найти такой метод, который мог бы быть легко осуществлен при наличии технических средств, имевшихся в России, и который позволил бы через определенные, точно измеренные расстояния брать определенные пробы. Этим обоим условиям удовлетворяет ударный метод бурения, применяемый на нефтяных промыслах в Грозном.

Мы не будем входить в технические детали этого метода бурения, а дадим только описание принципа его. Имеется тяжелое стальное долото D , изображенное в двух положениях на фиг. 24; долото D соединяется со штангой aaa , наверху которой прикреплен поперечная переключина b , которая может двигаться по прорезу kf внутри трубы AA (внутри патрона). Верхняя часть прореза имеет загиб d и выступ c , расположенные так, что при опускании патрона, когда патрон надвигается на долото D со штангой, патрон сам поворачивается, и долото своей переключиной b ложится

на выступ *c*, как это легко понять из рисунка. После этого долото поднимается, и при поднятом положении путем вращения патрона *A A* перекладина *b*, соскальзывая с выступа *c*, попадает в прорез *k f*, вследствие чего долото начинает свободно падать, направляемое прорезом.

Ударяя о дно скважины, долото дробит породу и таким образом дает мелко раздробленные части, при чем все долбление производится в присутствии воды. Затем долото снова поднимается в первоначальное положение и начинается тот же процесс. При каждом следующем ударе долото несколько поворачивается, так что дробление породы происходит не в одной плоскости, а в различных плоскостях, и таким образом можно довольно равномерно раздробить достаточно крепкую породу. По мере бурения углубляют на место образовавшейся ямы обсадные трубы, в которых движется наша труба с долотом, и, когда долото вызвало размельчение породы на определенную глубину, долото вынимают и спускают особое ведро с подвижным дном, так называемую желонку, которой и можно зачерпнуть находящуюся на дне грязь и мелкие куски породы, полученной при бурении. Когда при помощи желонки буровая является достаточно очищенной, производят пробойником отбивание куска породы, который извлекается из буровой и служит для исследования. Такой метод бурения был применен на протяжении первых 165 м, и таким методом можно было пройти, во-первых, поверхностные слои мела, далее пески и, наконец, глину, которая, по найденным там остаткам животного мира, была признана геологами за девонскую глину.

При работах, кроме оборудования буровой вышки, необходимо было создать склады для инвентаря, для лесных материалов, угля, резервуары для нефти, выстроить собственный железно-дорожный тупик, найти квартиры для служащих, организовать добычу торфа.

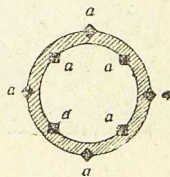


Фиг. 24.

Во всем этом деле, помимо инженера А. Я. Гимельфарба, общего руководителя работ, ближайшее участие принимал, работая на скважине, его помощник С. А. Бубнов, которому и обязана Комиссия образцовым порядком, созданным на месте.

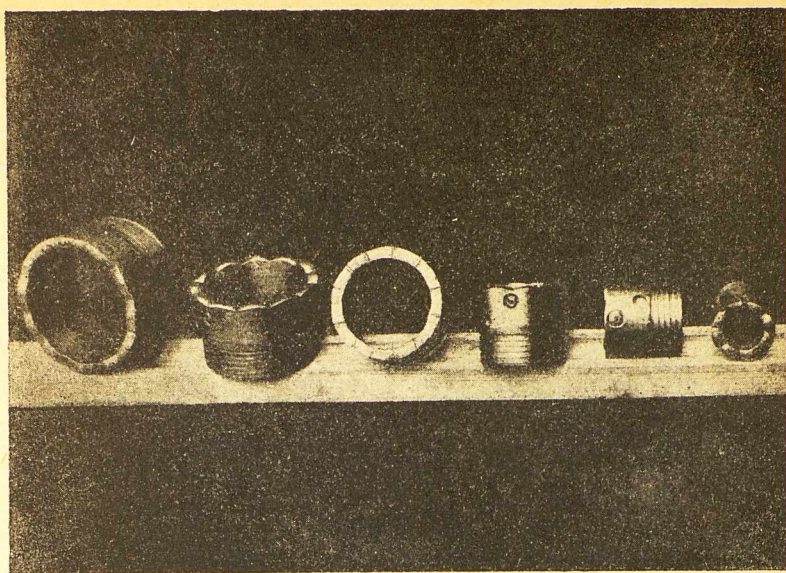
Огромные затруднения встречало глубокое бурение в снабжении топливом. Уголь, на который рассчитывало Управление по глубокому бурению, был забронирован за железными дорогами, и оставалось только перейти к торфу, который и был заготовлен в большом количестве. Пришлось переменить котел, приспособляясь к торфу, однако опыт, проделанный с 20 октября по 20 ноября 1921 года, показал, что торф для питания котла не годится (за это время было пробурено только 44 м.), и пришлось снова добиваться получения угля и нефти. Эти попытки привели, наконец, к успеху, и уже в марте 1922 года можно было снова приступить к бурению, которое и шло безостановочно до конца 1922 года. Буровая скважина была доведена до глубины 160 м. На глубине 160 м были получены первые следы кристаллической породы. Эти породы представляли собой чрезвычайно твердую кристаллическую массу, которая с трудом могла быть пробита, и это пробивание сопровождалось постоянным снашиванием долота, так что оно из той формы, которую оно имело вначале, как это изображено у нас на рисунке (фиг. 24), превращалось постепенно в бесформенную болванку, вследствие чего его часто приходилось менять и направлять для переделки и закалки в мастерские. Полученные породы, как показали исследования, состояли из кварцитов, имеющих огромную твердость и режущих стекло, в которые было вкраплено некоторое количество магнетита. Этот магнетит мог действовать на магнитную стрелку и таким образом представлял первую магнитную руду, найденную в скважине. В общем было несомненно, что мы имели дело не с настоящей рудой, а только с определенными твердыми образованиями, которые могут предшествовать появлению настоящего рудного слоя с так называемым конгломератом. Вот это обстоятельство и заставило Комиссию, несмотря на огромные трудности, встречаемые при проходке этой части скважины, не менять способа бурения, так как ударный способ бурения позволял получать очень широкие отверстия,

имевшие в самом верху 45 сантиметров, переходящие в 40 и затем в 35 см. После того как, при крайнем напряжении и с большим трудом, этот слой был пройден, долото снова погрузилось в девонскую глину, и это, конечно, являлось доказательством, что воззрения, которых придерживалась Комиссия, и которые заставили ее чрезвычайно осторожно подходить к делу смены способа бурения, вполне оправдались. После того как было пройдено около сажени по девонским глинам, долото снова уперлось в твердую породу, твердость которой была значительно больше, чем твердость пройденного выше слоя. Эта твердость достигала таких размеров, что в течение нескольких месяцев бурения невозможно было углубиться ни на один дюйм. Иногда казалось, что долото погружается на некоторое расстояние, но когда его вынимали, то оказывалось, что на такую же величину происходило срабатывание самого долота. Таким образом было несомненно, что ударный способ давать хороших результатов не может, и поэтому пришлось перейти к другому способу бурения, именно вращательному алмазному, принцип которого состоит в том, что при помощи системы штанг приводится в быстрое вращение двигателем имеющаяся на конце их полая труба с особым приспособлением, так называемой коронкой: коронка сделана из стали с кусками карбита вольфрама в том случае, когда нам не требуется бурить породу предельно твердую, или ставится особая алмазная коронка, имеющая вид трубы с алмазами *аа*, изображенная в отдельности на прилагаемом (фиг. 25) чертеже.



Фиг. 25.

При этом одни алмазы поставлены, как мы видим, по наружному краю, другие—по внутреннему краю нашей трубы, и таким образом при вращении у нас получается высверливание породы в виде тонкого столбика, который может иметь размеры от 2 см до нескольких сантиметров. Металлические коронки для вращательного бурения, применяемые в Курской губернии, изображены на фиг. 26. Предвидя возможность встречи твердых пород, Комиссия уже заранее обеспечила себя подходящим алмазным станком, который был закуплен на Урале благодаря содействию председателя местного Экономического Совета Г. И. Ломова, и который был как раз в это время



Фиг. 26.

доставлен в Курскую губернию. После того как Комиссия убедилась, что дальнейший проход ударным способом является невозможным, Комиссия поручила, за отсутствием главного инженера А. Я. Гиммельфарба, бывшего в это время за границей для покупки алмазных станков, профессору И. М. Губкину взять на себя организацию налаживания глубокого бурения алмазными станками. Для того, чтобы выполнить эту работу, И. М. Губкин обратился к преподавателю Горной Академии инженеру А. С. Попову, предложив ему в срочном порядке выполнить это сложное дело. А. С. Поповым это дело было налажено блестяще, и чрезвычайно скоро были получены первые колонки, которые, несомненно, носили характер кварцитов с примесью магнетита. С такими колонками в апреле 1923 года А. С. Попов приехал в Москву. Однако в течение, примерно, месяца Комиссия не дала об этом никаких сообщений, чтобы быть уверенной, что она попала именно на рудную залежь. Когда было пройдено 30 м, Комиссия нашла уже возможным сообщить об этом широкой публике, и в ряде докладов,

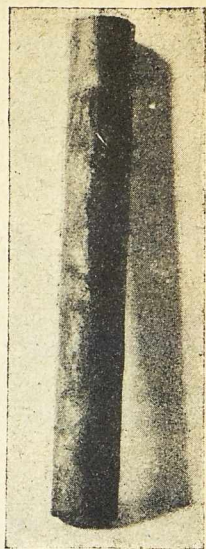
сделанных в Госплане, в В. С. Н. Х., в Академии Наук и целом ряде других общественных и государственных учреждений, Комиссия познакомила с результатами бурения. Вид колонок, полученных при алмазном бурении, изображен на фиг. 27 и 28.

Анализ руды, полученной при бурении, показал, что она не содержит серы и фосфора, является рудой хорошего качества, содержит 40,8 процента железа, имея некоторое количество никкеля и небольшое количество красного железняка. Структуру руды очень удобно наблюдать на рентгеновских снимках этой руды (фиг. 29) (Т. К. Молодой и Э. В. Шпольский),

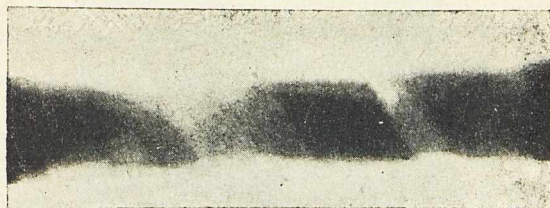
причем на приложенном снимке темные места представляют собой магнетит, светлые — кварцит. После того как эти первые исследования были сделаны, и скважина прошла



Фиг. 27.



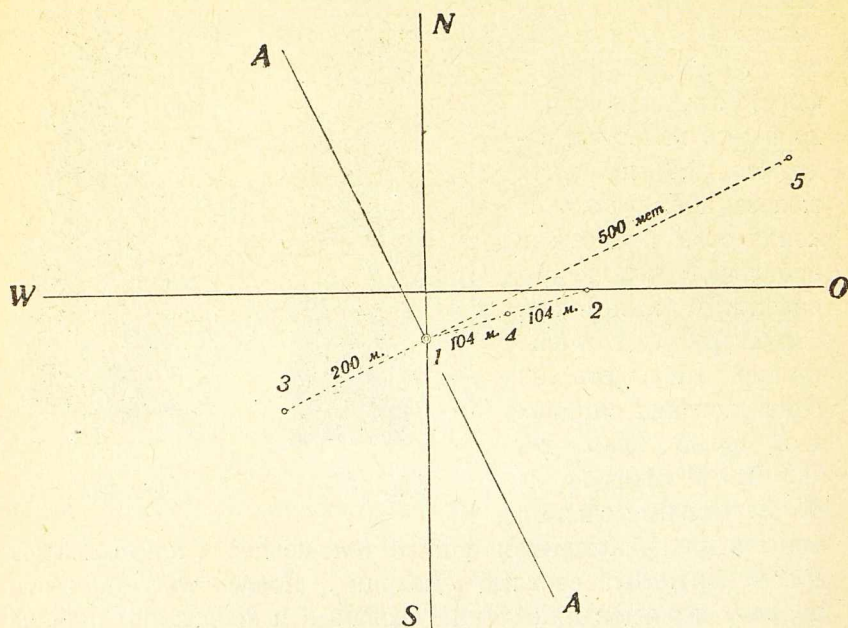
Фиг. 28.



Фиг. 29.

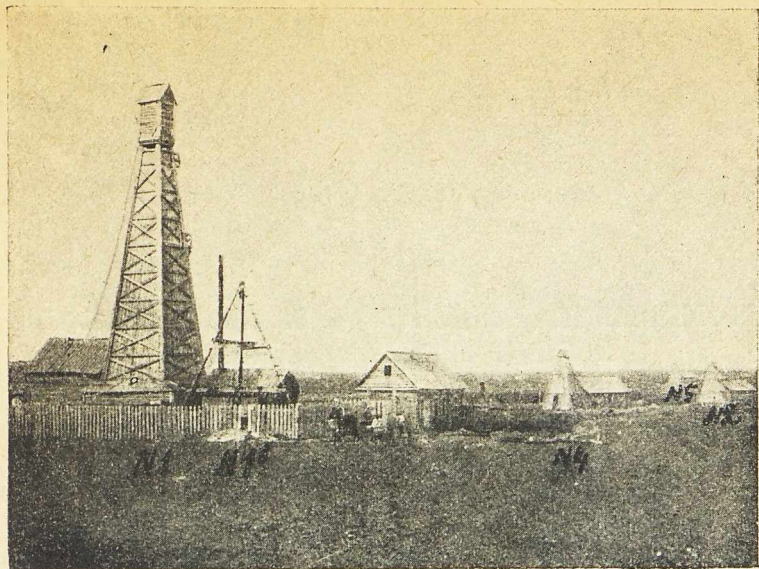
по рудному слою более 40 м, Комиссия решила поставить систематически разведывательное исследование в области Курской аномалии, для чего и предположила заложить скважины следующим образом: одна скважина ставится на

гравитационном максимуме (см. фиг. 30), другая ставится на перпендикуляре, опущенном на осевую линию AA аномалии и отстоящем на расстоянии 500 м к северо-востоку от аномалии (5). Эта скважина имеет целью показать распространение рудной залежи к востоку и представляет таким образом, очень большой практический интерес. Далее идет скважина № 3, которая ставится на расстоянии



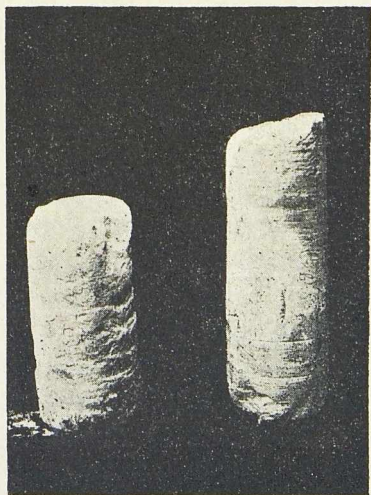
Фиг. 30.

200 метров к западу от осевой линии от аномалии на перпендикуляре, восставленном к осевой линии, и имеет задачей показать распространение залежи к западу. Наконец, последняя скважина, между гравитационным и магнитным максимумом (4), имеет задачей показать присутствие железной породы в этом промежутке. Общий вид скважин представлен на фиг. 31. В скважинах №№ 2, 3, 4 и 5 в самом начале уже применяется вращательное бурение при помощи особых твердых металлических коронок, о которых мы говорили выше, которые будут заменены алмазными коронками при встрече с кристаллическими породами. Образцы колонок из верхнего слоя, мелового, полученных при этом бурении



Фиг. 31.

изображены на фиг. 32. В настоящее время скважина № 1 имеет в глубину 250 м, при чем 100 м пройдены по



Фиг. 32.

руде; остальные скважины имеют различную проходку и в среднем находятся на глубине около 80—90 м.

ГЛАВА V.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ КУРСКОЙ АНОМАЛИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ И ГЕОЛОГИИ.

Чтобы ответить на основной, кардинальный вопрос относительно возможных физических причин Курской магнитной аномалии, необходимо прежде всего помнить, что эта аномалия связана с аномалией силы тяжести, и что необходимо рассматривать обе эти аномалии как следствие некоторых общих причин, вызвавших появление как той, так и другой. Надо отметить, как это делает Нишпольд (Nippold), что, вообще говоря, следует ожидать параллелизм магнитных и гравитационных аномалий, так как только тяжелые элементы, способные вызывать гравитационную аномалию, могут быть намагничены и, следовательно, обусловить магнитную аномалию. Аномалия магнитная, представляющаяся грандиозной, как по своим размерам, так и по своей интенсивности, несомненно, привлекает прежде всего наше внимание, и поэтому необходимо прежде всего подумать об объяснении этой аномалии с точки зрения физической. Здесь представляется возможным допустить следующее: можно предположить, что мы имеем под землей определенную массу, расположенную вдоль осевой линии аномалии, намагниченную действием магнитного поля земли, при чем эта масса в простейшем случае может быть уподоблена цилиндру или призме, лежащей под поверхностью на определенной глубине и тянущейся вдоль осевой линии. Можно, как уже указано выше, подсчитать, исходя из простейших предположений, какие размеры может иметь эта масса. Подсчеты показывают прежде всего, что причины, вызывающие аномалию той интенсивности и того расположения, которое мы имеем в Курске, должны быть заложены, примерно на глубине около 300—400 метров.

Говоря о магнитных массах, мы, разумеется, исключаем, как это ясно уже изложено выше, существование подземных токов, которые в области Курской магнитной аномалии должны были бы дать совершенно иную картину, чем это дает съемка.

С этой точки зрения мы категорически можем утверждать, и это утверждение было высказано печатно П. П. Лазаревым¹⁾ еще 30 ноября 1920 года, что причины аномалии могут быть только материальными, при чем П. Лазарев, указывая на причины, вполне исключающие не-материальные причины, говорит: «Остается предположить из известных причин или залежи магнитных пород, или дислокацию сплошных намагниченных слоев, давших после образования в них разрыва расхождение пластов, сохранивших свой магнетизм.

«Возможность образования на местах разрыва пород магнитных полюсов, повидимому, может быть признана доказанной».

Глубокое бурение, начатое в 1921 году, дало в апреле 1923 года несомненное доказательство того, что на глубине 150 метров имеется рудная залежь магнетита. Самая руда представляет собой сильный магнит, имеющий северный полюс, обращенный книзу, и южный—кверху, то-есть как раз соответственно тому намагничению, которое мы находим на поверхности Земли. Направление намагничения, соответствующее расположению слоев магнетита, приблизительно тоже соответствует тому положению изолиний, которое мы имеем на поверхности Земли (около 70° с горизонтом). Каковы же причины этой аномалии, и можем ли мы считать магнетит единственной причиной этой аномалии? Мы уже указывали выше, что магнитные массы, которые вызывают аномалию, должны по своим свойствам близко подходить к железу. И так как до последнего времени в сущности не было никаких оснований считать, что какое-нибудь иное тело, кроме железа, подобными свойствами может обладать, то П. Лазарев и высказал гипотезу образования аномалии, которая сводится к следующему: как известно, центральная масса Земли, имеющая радиус около 4—5 тысяч километров, состоит, по Вихерту, из железа, имеющего

¹⁾ П. Лазарев. Успехи Физич. Наук. Т. II, вып. I.

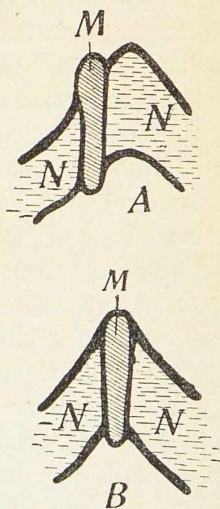
небольшую примесь никкеля. За то, что центральная масса должна состоять из железа, говорит целый ряд наблюдений. Во-первых, мы знаем, что плотность этой центральной части должна быть немножко больше плотности железа и соответствовать, следовательно, сплаву железа с никкелем или с другими какими-нибудь тяжелыми металлами, находящимися в центральных частях Земли в ничтожных количествах. Далее мы знаем, что целый ряд метеоритов представляет собой в сущности обломки железных кусков, а так как в метеоритах мы склонны видеть обломки планет, то естественно, конечно, считать, что составы как метеоритов, так и Земли должны быть близки. Наконец, о присутствии железа в огромных количествах говорит то, что Солнце, которое по своему составу должно быть близко к нашей Земле и от которого в до-исторические времена Земля отделилась в виде спутника, обладает огромным количеством железа, которое мы можем непосредственно наблюдать спектрально. Таким образом это первое положение Вихерта является обоснованным, и мы можем, действительно, считать, что внутренние части Земли состоят почти из чистого железа. На этом шаре имеется каменная оболочка, состоящая в значительной степени из известных нам горных пород и имеющих гораздо меньшую плотность (около $2\frac{1}{2}$ —3), чем плотность центральных масс (плотность их около 8).

Толщина каменной оболочки около 1.500 километров, она охватывает сплошным слоем внутреннее ядро. Современные физические, сейсмические и астрономические наблюдения совершенно определенно исключают возможность существования между этими двумя твердыми частями земной поверхности сплошного слоя жидкой расплавленной массы (магма).

Таким образом магма может существовать только местами в виде очагов и может вызывать плавление как твердых каменных частей нашей планеты, так и ее железного ядра. Представим себе теперь, что каменная оболочка, под влиянием тех или других условий, образовала глубокую трещину, проникающую до железного ядра, и допустим себе, что сквозь эту каменную оболочку расплавленное железо проникло почти до поверхности Земли. Тогда мы получим язык, состоящий из железа, который будет состоять в связи с внутренним ядром Земли и который может явиться причиной

аномалии, будучи намагничен действием земного поля. При этом те плотные массы, через которые железный язык прошел до поверхности, могут обнаружить различные положения, представленные на фигуре и соответствующие или тому положению, которое мы имеем в области Щигров (А), или — в области Оскола (В). В первом случае А магнитные явления будут не совпадать с гравитационными, во втором — максимумы магнетизма и гравитации будут лежать в одном и том же месте. Как понятно, окружающие язык М породы должны обнаруживать признаки действия тепла.

За последнее время появилась и другая возможность объяснения тех же явлений. Благодаря указаниям Н. К. Щодро, выяснилось, что имеются данные в литературе, указывающие на то, что магнетит может обладать магнитными свойствами, близко подходящими к свойствам стали. В этом случае не нужно делать предположений о существовании железного языка, а можно предположить, что соответствующее явление вызывает магнетит, но этот магнетит должен обладать теми особыми свойствами, которыми и обладает вышеупомянутый Моравский магнетит. Так как, кроме того, в рудной породе было найдено присутствие небольшого количества не-магнитного красного железняка, то мы можем сделать гипотезу, что тяжелые не-магнитные массы могут состоять из красного железняка, к которому прилежат массы магнетита, и относительное расположение тех и других соответствует приведенной выше фигуре (гипотеза, высказанная А. Д. Архангельским, П. П. Лазаревым, В. А. Стекловым). Среди железных руд мы знаем соединения не-магнитные (закись и окись железа), и мы знаем сильно магнитные соединения и комбинации закиси и окиси железа (магнетит). Закисные соли, постепенно окисляясь, могут переходить в магнетит, а магнетит, окисляясь, дает окись железа. Таким образом мы можем представлять себе, что первоначально огромные по своим размерам залежи магнетита в Курской



Фиг. 33.

губернии путем медленных процессов окисления превращались в магнитный красный железняк, и в настоящее время у нас имеются остатки этой магнитной руды в виде полосы, проходящей вдоль осевой линии аномалии и прилегающей, стало быть, к огромным запасам не-магнитного железа, представленным красным железняком, обнаруживающим изменение сил тяжести. Данные, касающиеся возможных превращений окислов железа, должны явиться основанием для дальнейших обширных физико-химических работ, которые должны выяснить механизм превращения магнетита в красный железняк, в связи с превращением магнитной руды железа в не-магнитную; работой этого рода уже заинтересовались научные круги, и Н. С. Курнаков приступает к организации работ в этом направлении.

С точки зрения геологической представление о Курской магнитной аномалии и о возможных условиях залегания магнитных слоев изменялось в течение развития работы. Неудачные попытки бурения, сделанные в первое время Э. Е. Лейстом, дали основание думать, что кристаллические слои, содержащие железные окислы могут находиться только на огромной глубине в Курской магнитной аномалии.

Это представление высказывалось как по отношению южной полосы, так и по отношению северной полосы, вопреки утверждениям Э. Е. Лейста, и отголоски этих воззрений мы находим и в заграничной литературе, где, между прочим, Кёнигсбергер высказывал предположение, что Курская магнитная аномалия может зависеть от особых магматических явлений, имеющих место на большой глубине.

Любопытно, что в этот первый период как будто только Э. Е. Лейст верил в возможность существования руды на небольшой глубине. «Интересно отметить, — пишет А. Д. Архангельский¹⁾ (стр. 6): — что у Э. Е. Лейста сложилось совершенно реальное представление о характере залегания тех образований, которые являются причиной магнитных аномалий в изучаемой им области. „Вся Курская

¹⁾ А. Архангельский. К вопросу о геологическом строении местности в области Курской магнитной аномалии. Стр. 30. Москва, декабрь 1920 г.

магнитная аномалия, — говорит он, — состоит из двух главных подземных хребтов, имеющих общее направление с северо-запада на юго-восток. Как все горные цепи, высота гребня не везде одинакова, отчего получается то большая, то меньшая глубина подземных центров магнитного действия и, соответственно этому, более или менее сильная аномалия в виде гнездообразных изогон».

«Что касается до геологов, — продолжает А. Д. Архангельский, — то все они, исходя из геологического строения местности, решительно возражали против возможности встретить магнитные массы на той незначительной глубине, которую указывал первоначально Э. Е. Лейст для района Непхаева и Кочетовки».

Более детальное изучение этой аномалии с точки зрения строения местности позволило, однако, несколько видоизменить этот взгляд, и тщательное изучение данных геологии в 1919 году после начала магнитной съемки Курской губернии позволило профессору Архангельскому высказаться за то, что магнитоносные слои могут лежать на большой, но, во всяком случае, достижимой глубине в области Курской аномалии. Соображения, которые приводил А. Д. Архангельский, состояли [в том, что слои горных пород, состоящие из ряда осадочных образований, выклиниваются к северу в области Орловской губернии и образуют таким образом в области Курской губернии с севера на юг постепенно уходящие вглубь слои, так что кристаллические породы, которые могут содержать железо и которые лежат под осадочными, — будут лежать тем менее глубоко, чем более на север мы будем идти в области Курской губернии. Вот это обстоятельство и было причиной того выбора места бурения, о котором говорилось выше и которое должно было удовлетворять двум следующим условиям: 1) это место должно было лежать возможно более к северу, 2) это место должно было [находиться в пункте с весьма большей аномалией. Таким образом неудачное бурение Лейста можно было объяснить тем, что кристаллические породы опускаются на огромную глубину в южной части Курской губернии и поднимаются в северной части на сравнительно незначительную глубину, и Архангельский прямо указывает в своей монографии, написанной в конце 1920 года, что возможно ожидать появления в северной

части Курской губернии кристаллических пород магматического происхождения на глубине, примерно, 300—400 метров. «Кристаллические породы, с которыми в той или иной форме связываются причины аномалии, — пишет Архангельский, — должны, судя по геологическим данным, ближе всего подходит к дневной поверхности в области северной аномальной полосы. Рассчитать эти глубины пока нельзя, но довольно вероятным представляется предположение, что кристаллические породы залегают здесь не глубже 0—100 метров абсолютной высоты, то-есть на глубине 250—400 метров, считая от водораздельных высот. К этой цифре, как мы видели выше, можно прийти и исходя из данных магнито-метрических работ Э. Е. Лейста. Глубина эта легко достижима бурением и, в случае, если бы причиной магнитной аномалии оказалось присутствие магнитных рудных тел, не могла бы препятствовать их разработке. Закладывать буровые, однако, необходимо с расчетом на значительно большую глубину (800—1.000 метров), принимая во внимание, с одной стороны, возможность крупных ошибок, сделанных в определении залегания кристаллических пород, во-вторых, возможность залегания предполагаемых магнитных масс на значительной глубине от поверхности этих пород и, в-третьих, возможность существования нескольких горизонтов магнитных масс. Таковы конечные выводы, к которым приводит изучение существующего геологического материала. Делая их, я считаю, однако, необходимым определенно подчеркнуть, что выводы эти построены не на незыблемых фактах, а на ряде более или менее вероятных предположений, и таковые могут оказаться неверными». Резюмируя свои взгляды, полученные при детальном изучении материалов, характеризующих геологию Курской аномалии, А. Д. Архангельский заключает: «Причиной магнитных аномалий в области северного крыла южно-русской мульды мы можем считать или присутствие на глубине в кристаллических породах мощных залежей каких-либо магнитных тел, или, что, повторяю, мне кажется менее вероятным, существование особых токов, связанных с крупными сбросами, разбившими в конце палеозоя русскую кристаллическую плиту».

Как мы видели выше, физики уже с самого начала при получении первых карт могли утверждать, что токи аномалии

вызывать не могут, и что причиною ее могут быть только магнитные массы, связанные с тяжелыми веществами.

Результаты, полученные при бурении, позволили геологам подойти к вопросу о явлениях Курской магнитной аномалии с другой точки зрения, и в настоящее время становится совершенно ясным, что более поверхностный слой представлял собой не магматическое образование, а образование метаморфическое, то-есть такое образование, которое произошло из осадочных пород, измененных действием тепла и превращенных в так называемые кварциты. Железо, получающееся в таких породах, является не железом магматического происхождения, а зависит от превращений под влиянием тепла в соответствующие окислы более сложных железных соединений.

Залежи железа, лежащие вблизи у поверхности, всего на глубине 150 метров, точно так же как и структура этих залежей, позволяют А. Д. Архангельскому и Свистальскому высказать определенное представление о близости этих залежей к залежам Криворожским, состоящим также из железистых кварцитов. С этой точки зрения возможно объяснить появление этих залежей в менее глубоких местах Курской губернии. Возможно также изменение представлений относительно южной полосы аномалии, где кристаллические магматические породы должны, по данным геологов, опускаться на огромную глубину. Метаморфические породы, содержащие железо, могут лежать и не на особенно большой глубине в южной полосе, и с этой точки зрения можно ожидать, что буровые, произведенные Э. Лейстом, только немного не дошли до тех очагов железных руд, которые он тщательно разыскивал.

Подобные взгляды геологов на происхождение аномалии, однако, не могли объяснить всех явлений чисто физического характера. И несомненно надо предполагать существование на глубине 300—450 метров или совершенно особого рода магнетита, по магнитным свойствам близкого к железу, или колоссальных масс чистого железа, выброшенных, как это указывалось в другом месте, из центра земли и образовавших длинный язык, несущий перед собой метаморфизированные горные породы. С этой точки зрения особенно любопытны те анализы глубин, которые были сделаны, в разное

время и разными методами, физиками, и, как мы указывали выше, приводят к совершенно определенному заключению, что залежи должны лежать примерно на глубине от 300 до 500 метров. К этим глубинам приходят и геологи. Это обстоятельство говорит за то, что найденные сейчас метаморфизированные горные породы не могут объяснить всей существующей Курской аномалии, и как основная причина этой аномалии должен явиться или магматический железный слой, или же залежи более сильно магнитного магнетита, чем Моравский. Эти точки зрения позволяют примирить между собой как физические, так и геологические воззрения и представляют таким образом синтез огромной и сложной совместной работы физиков, геологов и инженеров. Дальнейшие исследования, сделанные в области магнитной аномалии в Курской губернии, позволят подойти более близко к магнитоносному слою и разрешить основной коренной вопрос относительно явлений залегания рудных залежей и таким образом разрешить эту загадку во всей ее широте. Несомненно, однако, уже и теперь, что появление гигантских возмущающих магнитных сил на поверхности земли при большой глубине залежи, заставляют думать о чрезвычайно богатых, совершенно своеобразных залежах железа, которые должны быть в Курской губернии.

Окончательное решение вопроса относительно той или другой гипотезы должно быть получено только путем глубокого бурения, и для этой цели в настоящее время поперек осевой линии аномалии в области Щигров, как уже указано выше, заложено 5 скважин, которые и позволят решить вопрос, из чего состоит не-магнитная масса, вызывающая гравитационную аномалию, как далеко простираются массы магнитные, и каков их состав. Эти задачи являются задачами текущего года, и в течение ближайших 2-х лет вся задача о Курской аномалии будет разрешена вполне.

Что же касается до запасов магнитной руды, то в настоящее время можно сделать только приблизительный подсчет. Если мы будем сравнивать огромные по размерам Курские залежи, сопровождающиеся колоссальными магнитными полями на поверхности Земли и лежащие на глубине 150 метров, с шведскими залежами в Кюруна, близко подходящими к поверхности Земли и простирающимися на небольшое сравнительно

пространство—10 километров, то мы должны прийти к заключению, что залежи Курские должны быть гораздо обширнее и гораздо богаче магнитными рудами залежей в Кюруна (Э. Лейст). А ведь до последнего времени Кюруна была таким местом, которое в сущности являлось главнейшим мировым запасом железа. Это обстоятельство, конечно, может иметь важное экономическое значение и допускает для Курских залежей чрезвычайно интересные технические и экономические перспективы.

ГЛАВА VI.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТ И ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Изучение аномалии, проделанное до сих пор, с несомненностью показывает, как это было указано выше, что мы имеем в области Курской магнитной аномалии рудные залежи железа. Бурение, о котором говорилось выше, вполне подтвердило этот факт и показало, что действительно имеются большие слои магнетита, которые могут отчасти вызывать явления аномалии.

Чтобы судить о важности для практики Курских залежей, чрезвычайно интересно сопоставить данные, которые были получены в отношении к мировым запасам железа и которые были доложены на международном геологическом конгрессе в Швеции. Эти данные были обстоятельно изложены профессором Э. Е. Лейстом в специальной статье ¹⁾, из которой мы и заимствуем их. Э. Лейст останавливается прежде всего на тех запасах, которые были получены в рудоносной области Кюруна, и указывает на то, что эта область имеет в длину около 10 километров, в ширину немногим менее 0,5 килом. Многочисленные бурения, произведенные там, вполне определили характер залежи и ее распространение, и на основании этих данных Карлей Гилленшилд вычислил объем всей руды, оказавшийся равным — 304.800.000 куб. метрам. Предполагая удельный вес руды — 4,5, получается 1.372 миллиона тонн руды.

Что же касается общих мировых запасов, приводимых в этой статье Э. Е. Лейстом, то нужно отметить, что данные, сопоставленные им, как это отмечает и сам Э. Е. Лейст, представляют собой весьма различные ценности. Дело в том,

¹⁾ Э. Лейст. Вопрос о железе на международном геологическом Конгрессе. Временник Леденцовск. Общества. Вып. 3, 1910, стр. 61.

что из авторов, которые давали сводки относительно количества железных рудных месторождений, одни отмечали у себя только руду с содержанием металлического железа в 50% и более, другие считали за руду такие образования, которые содержали до 20%, и их присчитывали к общему количеству. Из таких данных мы получим следующие запасы в Европе:

В Германии	1.270	миллионов тонн.
„ Франции	1.140	„ „
„ Швеции.	740	„ „
„ Великобритании.	455	„ „
„ Европейской России	387	„ „
„ Испании	349	„ „
„ Норвегии	124	„ „
„ остальной Европе	268	„ „

Из сопоставлений Э. Е. Лейста вытекает, что хотя в Европе руды оказывается больше, чем в Америке, но металлического железа оказывается меньше, потому что в Европе много руды с малым содержанием металлического железа.

Если мы примем во внимание, что одна северная полоса Курской аномалии, изученная до сего времени, представляет собой полосу, тянущуюся на расстоянии 250 километров, если мы представим дальше, что магнитные явления ее значительно превышают те явления, которые наблюдаются в Швеции, то мы, конечно, должны считать, что Курские залежи обусловлены рудами, содержащими большое количество железа, как это отмечал еще Э. Е. Лейст, ибо таковые руды только и могут действовать магнитно. Если мы будем исходить из самых грубых аналогий, как это было сделано проф. Губкиным, то запасы Курской руды, правда, до сих пор подсчитанные гадательно, выразятся огромными цифрами. И здесь, конечно, может возникнуть вопрос, во-первых, нужны ли в настоящее время такие залежи для мира, можно ли их обрабатывать, и не представляет ли качество Курской руды какой-нибудь помехи в этом отношении? По отношению к первому вопросу в указанной статье Э. Е. Лейста мы находим следующие слова: «Несмотря на такие огромные запасы руды, в Швеции и в Северной Америке давно уже опасались, что железной руды в ближайшем будущем может не ока-

заться в требуемом количестве, и поэтому не следовало бы спешить с эксплуатацией всех ее запасов. В Луссаваара добыча руды прекращена правительством до 1938 года. Этот вопрос еще был поднят в 1893 году профессором Норденстремом и снова повторялся в 1897—1898—1899 годах. Но открытие Лапландских запасов на некоторое время остановило суждение по этому вопросу. В 1907 году Британской Ассоциацией Поощрения Наук снова поднимался вопрос о всемирных запасах железа, и в Америке в 1908 году президент Американских Соединенных Штатов Рузвельт пригласил всех губернаторов в Вашингтон для обсуждения вопроса о сохранении естественных богатств. Собрание поручило Гейсу определить количество железной руды в Соединенных Штатах, с целью выяснить, следует ли беречь руду для собственной промышленности или эксплуатировать ее. В то же самое время этот вопрос поднимался и обсуждался в Германии. Ввиду того, что в Швеции ранее других занимались этим вопросом, Распорядительный Комитет XI Международного Геологического Конгресса в Стокгольме не мог не принять участия в этом деле и решил собрать для Конгресса по возможности полные данные о запасах руды во всех частях света». По литературным данным Лейстом были вычислены данные для всех стран света, приведенные выше в таблице Э. Е. Лейста.

Если выделить руду с большим содержанием металлического железа, свыше 60 процентов, картина сильно меняется, и получаются следующие результаты: северная Швеция имеет фактический запас 1.035 миллионов тонн, Россия—99 миллионов тонн, Центральная Швеция—60, Америка—58, Австралия—49. Руды с большим содержанием железа больше всего в северной Швеции, где имеется $\frac{4}{5}$ всего запаса.

Заканчивая свою статью, Э. Е. Лейст пишет: «Расход железа увеличивается в 2 раза через каждые 20 лет, и если в ближайшем будущем он будет возрастать в том же отношении, то через 60 лет железа больше не будет... Этому вопросу было посвящено особое собрание Конгресса, в котором министр-президент Линдман, читая первый доклад, подчеркнул важность этого дела. Затем происходил обмен мнений членов Конгресса, который, конечно, решающего значения не имеет, так как можно открыть новые залежи,

не уступающие знаменитым Лапландским. 10 лет тому назад никто не знал о запасах руды в Кюруна и окрестностях, а теперь это место служит центром железных руд всего мира. В 1900 году в Кюруна построили первый дом, а теперь там несмотря на суровый климат и отсутствие земледелия город с 7.800 жителей. В других местах могут быть найдены такие же запасы».

Мы видим действительно в настоящее время, что открытие Курских залежей ставит проблему о железе несколько в иную плоскость, и, несомненно, мы имеем в этом открытии чрезвычайно важное техническое открытие, которое может сыграть при благоприятных условиях и большое практическое значение. Обработка руд, по отзывам специалистов, с содержанием 41 процента чистого железа, как это имеет место в Курской губернии, может представляться практически выгодной, а нахождение этого железа на глубине около 150 метров только незначительно повысит стоимость добычи, как это отметил в ряде своих докладов профессор И. М. Губкин. Не входя в дальнейшие детали этого практического вопроса, в котором мы не считаем себя специалистами, мы должны особенно подчеркнуть значение магнитометрии и вообще физических методов исследования в открытии железа в Курской губернии. Эти методы, несомненно, были руководящими, и без физических методов самое открытие едва ли могло быть сделано вообще. Первые удачные попытки разыскивания рудных залежей физическими методами исследования ставят перед Россией новый вопрос,—вопрос о создании научных центров, в которых культивировались бы методы исследования рудных залежей физическими методами, и в настоящее время уже организуются институты для физических методов исследования рудных залежей: Институты Практической Геофизики в Москве и Петрограде, руководимые специалистами этого дела, в которых будут разрабатываться методы физических приемов исследования рудных залежей; эти методы будут прилагаться на практике к изучению соответствующих залежей. Нужно отметить, что соответствующие методы не должны ограничиваться только рудными залежами железа: в последнее время выясняется, что мы можем производить физическими методами нахождения рудных залежей и других полезных ископаемых. При этом приходится, помимо магнито-

метрии и гравиметрии, применять и целый ряд других физических методов исследования, как электро-магнитные волны, акустические волны, сейсмические волны и, наконец, радио-активный метод. Все эти данные, разрабатываемые Магнитно-гравитационным отделом Комиссии по Курской аномалии, будут разрабатываться в указанных выше Институтах. В заключение нужно отметить, что удачные результаты, полученные Комиссией, больше всего обусловлены тем, что в разработке сложного геофизического и геологического вопроса принимали участие физики, геологи, инженеры. Такой же путь для решения подобных вопросов должен быть выбран и в указанных выше Институтах.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.

Серия книг, издаваемая под общей редакцией: А. Д. Архангельского, Н. К. Кольцова, В. Ф. Кагана, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича. При ближайшем участии в редакционной работе: В. М. Арнольди, Т. К. Молодого, В. В. Шарвина и Э. В. Шпольского.

ВЫШЛИ В СВЕТ:

1. К. Фаянс.—Радиоактивность. Перев. и дополнен. Э. В. Шпольского. Ц. 35 к.
2. „Омоложение“.—Сборник статей под редакц. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р.
3. Э. Резерфорд.—Строение атома и искусственное расщепление элементов. Собрание оригинальных работ (1919—1922). Подгот. к печ. Э. В. Шпольский. Ц. 1 р. 10 к.
4. А. Вейль.—Внутренняя секреция. Перевод Н. М. Гуляевой, под редакцией Н. К. Кольцова. Ц. 1 р. 25 к.
5. Р. Гольдшмидт.—Механизм и физиология определения пола. С добавлением автора к русскому изданию. Перев. П. И. Живаго, под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р. 20 к.
6. В. Нернст.—Мироздание в свете новых исследований. Перевод Г. С. Ландсберга. Ц. 35 к.
7. П. П. Лазарев.—Ионная теория возбуждения. Ц. 1 р. 50 к.
8. Э. Борель.—Случай. Введение в теорию вероятностей. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
9. А. Вегенер.—Происхождение луны и ее кратеров. Перев. под ред. А. Д. Архангельского и В. А. Костицына. Ц. 45 к.
10. Сванте Аррениус.—Жизненный путь планет. Перевод под редакцией В. А. Костицына. Ц. 1 р. 70 к.
11. Нильс Бор.—Три статьи о спектрах и строении атомов. Перевод С. И. Вавилова. Ц. 1 р. 25 к.
12. Э. Фрейнлих.—Основы теории тяготения Эйнштейна. Ц. 80 к.
13. Т. Морган.—Структурные основы наследственности. Перевод под ред. В. Н. Лебедева. Ц. 2 р. 25 к.
14. Ф. В. Астон.—Изотопы. Перев. под ред. А. П. Афанасьева. Ц. 2 р.
15. „Омоложение“.—Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова, вып. 2. Ц. 1 р. 40 к.
16. М. В. Павлова.—Причины вымирания животных в прошедшие геологические эпохи. Ц. 1 р. 20 к.
17. Э. Кречмер.—Строение тела и характер. Ц. 2 р. 50 к.
18. А. Д. Архангельский.—Курская магнитная аномалия. Ц. 1 р. 20 к.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

- А. Ж. Гендерсон.—Среди жизни. Перев. С. Н. Скадовского.
Ж. Перрен.—Атомы. С предисл. автора к русскому изданию.
А. Вегенер.—Происхождение континентов и океанов.
Э. Борель.—Пространство и время.
Т. И. Юдин.—Евгеника.
В. Н. Любименко.—Процесс синтеза в мире растений.
Его же. Растительные пигменты.
Р. Милликэн.—Электрон. Перевод под ред. С. И. Вавилова.

Ц. 0-05к.

