### ВЕКОВОЙ ХОД МАГНИТНОГО ПОЛЯ И СЕЙСМИЧНОСТЬ ЗЕМЛИ

### А. И. ОЛЬ

### § 1. Вековой ход геомагнитного поля

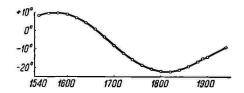
Уже давно известно, что магнитное поле Земли не постоянно, а медленно изменяется с течением времени по своей величине и направлению.1 Эти вековые изменения (или вековой ход) геомагнитного поля можно изучить при помощи многолетних наблюдений над элементами земного магнетизма в различных точках земной поверхности. В качестве примера на фиг. 1 изображено изменение склонения (D)в Париже с 1540 по 1940 г. Здесь отчётливо видна характерная ность векового хода — изменения магнитного поля Земли имеют как бы периодический характер. Однако строго периодические явления, т. е. повторяющиеся с одинаковой амплитудой через одинаковые промежутки времени (например приливы), сравнительно редко встречаются в геофизике. Скорее всего мы и здесь имеем дело с ритмическим или циклическим явлением, повторяюнеодинаковые щимся через сильно отличающиеся друг от друга) промежутки времени и с разными амплитудами.

Длину цикла векового хода на основании фиг. 1 можно оценить в 400—500 лет. В других точках земной поверхности и для других элементов земного магнетизма, горизонтальной (Н) и вертикальной (Z) составляющих, получаются другие значения продолжительности цикла векового хода — от нескольких десятков до нескольких сотен лет.

Таким образом, если в каком-либо месте Земли элементы геомагнетизма изменяются монотонно (т. е. убывают или возрастают) в течение даже 200—300 лет, то нельзя считать, что такое

же монотонное изменение имело место раньше и будет наблюдаться после этого промежутка времени.

подтверждается исследованиями намагничивания осадочных горных пород [29, 39]. Тонкозернистая осадочная порода (содержащая примесь магнетита), пролежавшая в спокойной воде многие миллионы лет, может сохранить до настоящего времени магнитную поляризацию, полученную в ориентации мельчайших магнетита частиц по направлению магнитного поля, существовавшего в момент отложения породы. Зная возраст породы, определяемый особенно точно для ледниковых отложений типа ленточных глин, мы можем о направлении и величине геомагнит-



Фиг. 1. Вековой ход склонения (D) в Париже.

ного поля в прошлые геологические периоды.

Исследования ленточных глин показали, что магнитное поле Земли не изменялось существенно по величине и направлению (а только совершало колебания около некоторого значения) за последние 15 000 лет. Изучение осадков со дна Тихого океана позволило распространить это утверждение на значительно больший промежуток времени. Было найдено, кроме того, что в течение последних 100 млн лет магнитное поле было направлено приблизительно параллельно её оси врашения, и во всяком случае не изменяло своё направление на обратное, как это иногда предполагалось для объяснения обратной магнитной полярности некоторых залежей (например толеитовых даек северной Англии [23], или

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> В настоящей статье мы не касаемся вопроса о происхождении магнитного поля Земли. Попытки разрешения этой проблемы идут по двум путям: поле однородного намагничивания Земли связывают с её вращением, как и для других космических тел, тогда как «остаточное» поле (наблюдённое поле минус поле однородного намагничивания), по мнению большинства учёных обусловлено неоднородным строением земной коры.

палеозойских вулканических даек в Пилансберге, Южная Африка).

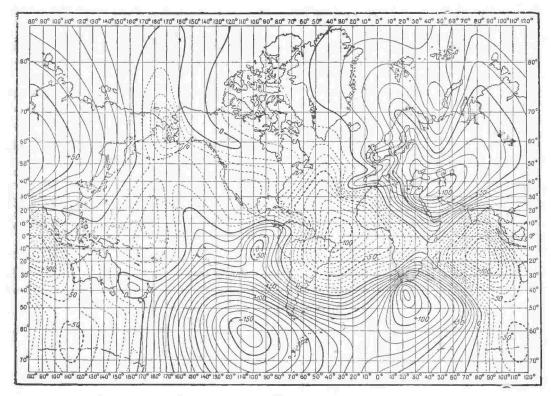
Следовательно, вековые изменения геомагнитного поля имеют уже весьма долгое время характер циклических колебаний, причём эта цикличность может быть сложной, т. е. колебания с длиной цикла в несколько сот лет могут накладываться на колебания со значительно большей длиной цикла и т. л.

### § 2. Центры векового хода и зоны сейсмической активности

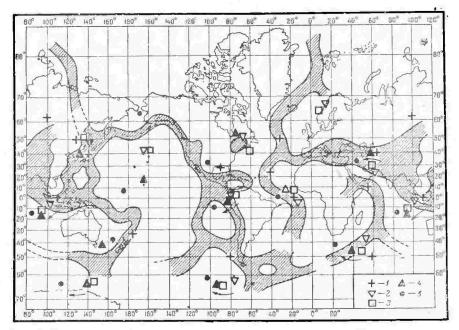
Наиболее наглядным способом изображения векового хода являются карты изопор, т. е. линий, соединяющих точки поверхности Земли с одинаковой скоростью векового хода.

На фиг. 2 представлена мировая карта изопор Z для эпохи 1942.5 г. [41], проведённых через 10 гамм в год (1 гамма =  $10^{-5}$  эрстеда). Положительные цифры означают возрастание Z, отрицательные — убывание.

Главной особенностью этой карты является весьма закономерное распределение изопор: они концентрируются вокруг нескольких фокусов или центров векового хода, представляющих собой области наиболее быстрого возрастания или убывания Z. Если нанести на эту карту ещё векторы  $\Delta H$ , изображающие скорость изменения Н, то обнаружится ещё одна закономерность: векторы  $\Delta H$  сходятся в центре области возрастания Z и расходятся из центра области убывания Z. Это указывает на то, что центры векового хода можно считать областями накопления положительных или отрицательных магнитных масс. Действительно, над нарастающей магнитной массой скорость изменения Z ( $\Delta Z$ ) будет наибольшая, а  $\Delta H$  будет равно нулю; при удалении от магнитной массы будет уменьшаться, а  $\Delta H$  будет увеличиваться (по абсолютным значениям) и на некотором расстоянии достигнет максимума, после чего снова будет уменьшаться.



Фиг. 2. Карта изопор , 2 для эпохи 1942.5 г. Положительные изопоры проведены сплошными линиями, отрицательные — пунктиром.



Фиг. 3. Карта зон сейсмической активности (заштрихованы). Центры векового хода для эпох: I = 1885 - 1922 гг.; 2 = 1912.5 г.; 3 = 1922.5; 4 = 1932.5; 5 = 1942.5. Точками отмечены эпицентры отдельных землетрясений.

На карте фиг. 3 отмечены центры векового хода, имеющиеся на картах изопор Z для эпох 1912.5, 1922.5, 1932.5, 1942.5 г. [41] и на карте изопор, построенной для 1885—1922 гг. [<sup>32</sup>]. Мы видим, что главные центры векового хода, присутствующие на всех картах и имеющие наибольшую интенсивность, за 60 лет сравнительно мало изменили своё положение. К таким центрам относятся: 1) Дальневосточ- $(\Delta Z > 0)$ . Ha карте 1885— 1922 гг. этот центр двойной, причём над Японией расположена область с  $\Delta Z < 0$ ; 2) Индонезийский ( $\Delta Z < 0$ ); 3) Центрально-Американский ( $\Delta Z > 0$ );  $(\Delta Z > 0);$ Южно-Американский 5) Атлантический ( $\Delta Z < 0$ ); 6) Иран-

Имеются, кроме того, менее значительные центры векового хода, присутствующие не на всех картах: Антарктический, Канадский, Тунгусский, Тихоокеанский, Ново-Зеландский, Чукотский, Норвежский.

и 7) Южно-Африкан-

ский ( $\Delta Z > 0$ )

ский ( $\Delta Z > 0$ ).

На карте фиг. 3 показаны также главные зоны сейсмичности Земли. Эти зоны были получены нами с помощью координат эпицентров всех землетрясений, отмеченных в сводке

Гутенберга и Рихтера [6]. В основном они совпадают с сейсмическими зонами на карте Ротэ [37].

Зоны сейсмической активности в общем соответствуют альпийским, т. е. молодым, геосинклиналям (см., например, карту геотектонического районирования Земли B. B. усова [1]). Это совпадение отнюдь не случайно, так как геосинклинали являются областями наибольшей подвижности земной коры. В них особенно велики амплитуды вертикальных колебательных движений земной коры, способствующих образованию складчатых гор. Эти легкоподвижные зоны расположены между обширными малоподвижными участками земной коры платформами, почти совершенно асейсмичными.

Сопоставление центров векового хода с сейсмическими зонами, которое легко сделать при помощи карты фиг. З, позволяет высказать утверждение, что вековой ход магнитного поля Земли тесно связан с сейсмической деятельностью нашей планеты.

Действительно, все устойчивые центры векового хода расположены вблизи зон сейсмической активности или в их пределах. Исключением

кажется южно-американский центр, но и там наблюдались отдельные землетрясения. С группой тихоокеанских центров также можно связать эпицентры отдельных землетрясений.

Впервые эта закономерность была отчётливо сформулирована в 1934 г. советским магнитологом Н. Н. Трубятчинским [16, 17]: «Вековые вариации геомагнитного поля локализованы в немногих, но обширных зонах земной поверхности, имея, повидимому, тесную связь с физическими процессами, происходящими в геосинклиналях и главным образом на стыках геосинклиналей». Карта фиг. 3 полностью подтверждает и этот вывод: центры векового хода чаще всего находятся вблизи разветвлений и крутых изгибов зон сейсмической активности.

На региональный характер вековых изменений геомагнитного поля и на их возможную связь с процессами в земной коре указывало, кроме того, много исследователей; отметим среди них Т. Н. Розе [14], В. А. Сельского [15], Б. М. Яновского [20]; см. ещё: [21, 27, 28, 32, 34, 35].

# § 3. О причинах связи между вековым ходом геомагнитного поля и сейсмической активностью

Вертикальные тектонические имеющие по современным представлениям [1] основное значение для горообразования, непосредственно связаны с землетрясениями, возникающими при разрывах вещества земной коры под влиянием срезывающих напряжений.1 Землетрясение является как бы мгновенным разрешением напряжения, длительно накапливаюземной веществе во время медленных тектонических движений.

Многие землетрясения сопровождаются крупными сдвигами и сбросами. Сильное землетрясение в СанФранциско (1906)сопровождалось скольжением по сдвигу Сан-Андреас, протяжением около 900 км. Смещение почвы вдоль сдвига равнялось 6 м. Сопоставление результатов геодезических съёмок показало, что медленные движения земной поверхности, отражавшие перемещения внутри зечной коры, происходили здесь в течение 100 лет. Иногда перед землетрясением наблюдается летнее поднятие значительного участка земной поверхности: разрушительному землетрясению северной В (1934) предшествовало поднятие большой области между Гималаями и Гангом, происходившее со средней скоростью 18 мм в год [12].

Узкая сейсмическая зона Бриансоннэ в Западных Альпах расположена вдоль зоны корней больших предальпийских и гельветических надвигов (надвигом называют опрокинутую складку, оторвавшуюся от своего основания или корня). Точно так же пьемонтская сейсмическая дуга соответствует зоне корней пеннинских надвигов. Большая часть западно-альпийских землетрясений отражает движения поднятия вдоль зон корней надвигов [37].

Всё это свидетельствует о том, что сейсмическая активность в данном участке поверхности Земли связана с наличием мощных вертикальных движений в земной коре, являющихся следствием или процессов сжатия и разрежения в подкоровом веществе [2] или подкоровых конвективных течений магмы [40]. Отметим, кстати, что процессы горообразования в геосинклиналях тесно связаны с интрузивной и эффузивной магматической деятельностью. По В. В. Белоусову [1], началоподнятия земной коры во внутренних частях геосинклинали сопровождается развитием интрузивной формы магмапосле чего наступает эпоха макроколебаний, связанная с сильной сейсмической активностью и излияниями магмы через образовавшиеся трещины. Сейчас, например, мы переживаем эпоху макроколебаний, следующих за альпийским геотектоническим циклом.

Вертикальные перемещения магмы, находящейся вследствие высокой тем-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Это относится к неглубоким землетрясениям; механизм образования глубокофокусных землетрясений неизвестен, но есть основания думать, что он значительно отличается от вышеуказанного. Для нас это не так существенно, так как центры векового хода связаны главным образом с областями поверхностных землетрясений [<sup>35</sup>].

пературы и большого давления в пластическом состоянии, будут сопровождаться перемещениями поверхностей равных температур в земной коре.

Магнитные свойства горных пород сильно зависят от их температуры. При температурах выше так называемой «точки Кюри» магнитные свойства вещества исчезают (для магнетита, содержание которого определяет магнитные свойства породы, точка Кюри равна .580° С). При температурах немного ниже точки Кюри магнитная восприимчивость горных пород очень высока и понижается при дальнейшем охлаждении [<sup>3</sup>]. Смещение изотермической поверхности точки Кюри (нормально лежащей на глубине около 27 км) будет изменять глубину залегания слоя с высокими магнитными свойствами, что приведёт к изменению поля на поверхности Земли.

Здесь мы сталкиваемся со следующим затруднением: могут ли возникать перемещения магмы при сравнительно низких температурах порядка 500° С? На этот вопрос следует ответить утвердительно.

Хотя температура плавления вещеземной коры (около 1300°C) гораздо выше его точки Кюри, но оно может находиться в пластическом состоянии и при значительно низшей температуре. Известны случаи, когда базальтовая лава продолжала течь под действием собственного веса при 600° С. Подвижность лавы сильно зависит от содержания летучих веществ (например воды). После выхода лавы земную поверхность они ряются, и для нового расплавления застывшей лавы требуется гораздо более высокая температура.

Кроме непосредственного воздействия магмы на тепловой режим земной коры, следует учесть ещё выделение тепла при сжатии магмой вышележащих слоёв земной коры. Известно, что сжатие или растяжение твёрдых тел после перехода предела упругости сопровождается значительным нагреванием [18].

Наконец, само сжатие горной породы влияет на её магнитные свойства. Измерения Грабовского [5] показали, что кривая намагничивания магнетита существенно изменяет свою форму при сжатии или растяжении образца.

Из сказанного выше мы можем сделать общий вывод, что вертикальные перемещения магмы, сопровождающиеся сейсмической и тектонической активностью, изменяют магнитные свойства вещества земной коры, что должно приводить к изменениям магнитного поля на поверхности Земли, которые мы и наблюдаем в виде векового хода.

Этим объясняется закономерная связь между центрами векового хода и зонами сейсмической активности.

### § 4. Глубинная теория векового хода геомагнитного поля

Q связи векового с физическими процессами в земной коре, т. е. в самой верхней и сравнительно тонкой оболочке Земли толщина равна 60 км), неоднократно высказывалась и ранее, но встречала следующие возражения: 1) тектонические движения в земной коре прочрезвычайно медленно. временной масштаб несравненно больше, чем продолжительность цикла векового хода, измеряющаяся сотнями, а иногда и десятками лет (см., например, [25]); 2) математические расчёты показывают, что глубина процессов, ответственных за вековой ход, должна быть порядка половины Земли, т. е. около 3000 км.

Остановимся сперва на последнем возражении. Область вокруг центра векового хода можно рассматривать как своеобразную магнитную «аномалию» и применить к ней методы расчёта, разработанные для определения глубины залегания источника аномалии. Эта проблема была изучена в ряде работ Ю. Д. Калининым [8-11], который в результате сформулировал «глубинную» теорию векового хода. Считая источником аномалии круговой электрический ток, Ю. Д. Калинин нашёл, что глубина его должна составлять 0.4—0.5 радиуса Земли.

На этой же глубине (2900 км) находится граница жидкого ядра Земли. Существование последнего установлено по сейсмологическим данным. Скорость продольных сейсмических волн (Р) резко падает на этой глубине, а поперечные волны (S) не распространяются через ядро; так как отсутствие поперечных волн является характерным признаком жидкого состояния вещества, то поэтому считают, что ядро Земли жидкое, несмотря на существующее там громадное давление (на границе ядра давление равно  $1.5 \cdot 10^{12} \frac{\text{дин}}{\text{см}^2}$ , в центре Земли примерно больше)  $[^{24}]$ . Возможно, Земли находится В особом ядро «металлическом» состоянии, возникающем при сильной ионизации элементов, входящих в его состав. Если это так, то химический состав ядра может и не отличаться от химического состава твёрдой оболочки (мантии) Земли, сложенной, по всей вероятности, из оливиновых горных пород. Высокую плотность ядра (от 9.7 до 12.3 г/см³) можно тогда объяснить, и не прибегая к гипотезе, что ядро Земли состоит из железа и никеля [<sup>36</sup>].

Ю. Д. Қалинин полагает, что на границе «металлического» ядра могут образовываться кольцевые электрические токи или вихри с вертикальной осью. При перемещении этих вихрей магнитное поле на поверхности Земли будет изменяться вековым образом в соответствии с наблюдениями.

К аналогичным выводам пришел впоследствии Бэллард [22], считающий, что при вихревых движениях проводящего вещества в самых поверхностных частях жидкого ядра Земли, благодаря индукции от земного магнитного поля, возникают круговые электрические токи. Радиус вихря Бэллард оценивает в 300 км, силу тока в 3·10<sup>11</sup> ампер и время оборота около 0.3 года. Ось расположена, по Бэлларду, вихря почти горизонтально.

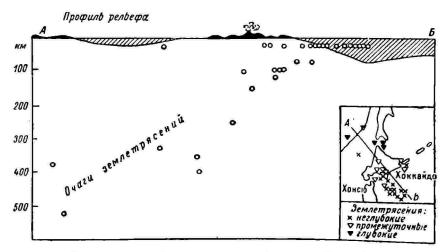
Следует отметить, что определение глубины залегания магнитной аномалии всегда неоднозначно и нуждается в дополнительных предположениях. В «глубинной» теории векового хода Ю. Д. Калинина таким предположением является гипотеза о том, что источник аномалии имеет вид кольцевого электрического тока. Расчёты показывают, что возможно иное решение

задачи. Магнитную аномалию в центре векового хода можно интерпретировать с помощью слоя вещества с неодинаковой (в горизонтальной плоскости) интенсивностью намагничивания, расположенного на глубине двух-трёх десятков километров. Изменения магнитных свойств этого слоя с течением времени могут быть связаны, как указано выше, с вертикальными перемещениями магмы внутри земной коры.

Интересный довод в пользу глубинной теории векового хода недавно выдвинул Эльзассер [26], указавший на систематическое смещение большинства центров векового хода к западу. За время с 1905 по 1945 г. это смещение (для семи главных центров) в среднем составило 24 — 5°. Направления смещения показаны стрелками на карте фиг. 3. Природа этого явления неясна, но оно указывает на существование каких-то физических связей между главными центрами векового хода. Необходимо, впрочем, проверить выводы Эльзассера на большем про-

межутке времени.

Главный недостаток глубинной теории с нашей точки зрения заключается в том, что она не может объяснить связи между центрами векового хода и зонами сейсмической активности. Действительно, трудно понять, каким образом горизонтальные неоднородности земной коры могут простираться вглубь Земли на 2900 км. Ссылка на так называемые «глубинные разломы» в земной коре малоубедительны. Известно [7], что фокусы землетрясений сейсмической зоне, окаймляющей платформу, расположены вдоль клонной плоскости, простирающейся вдоль границы платформы и уходящей под платформу (фиг. 4). По Н. С. Шатскому [19], эта плоскость является плоскостью глубинного разлома, уходящего на значительную глубину в недра Земли. Но так как угол наклона этой плоскости к горизонту порядка 30—45°, то нетрудно видеть, что глубинный разлом тэжом достигнуть наибольшей глубины порядка 1500 км, после чего он снова должен приближаться к поверхности Земли. Геология и геофизика не дают указаний на существование вертикальных глубинных разломов, проходящих через всю ман-



Фиг. 4. Разрез через сейсмическую зону (северная Япония). Вертикальный масштаб профиля рельефа в 10 раз больше горизонтального, для нижней части рисунка оба масштаба одинаковы. В углу показано географическое положение линии разреза AB.

тию Земли до границы жидкого ядра, а только такие разломы могли бы объяснить связь между сейсмическими зонами земной поверхности и физическими процессами на границе жидкого ядра Земли.

Рассмотрим теперь первое из возражений, которые встречает «коровая» теория векового хода. Отметим прежде всего, что и в настоящее время земная поверхность испытывает значительные перемещения со скоростями, достигающими в некоторых местах десятков миллиметров в год. Недавно Н. И. Николаев [13] на основании большого материала изучал вопрос о современных колебательных движениях поверхности Земли. Вывод его таков: зоны сейсмической активности (по крайней мере в пределах СССР) соответствуют областям с развитием новейших колебательных движений и в особенности таким областям, где чередуются участки поднятия и опускания земной поверхности. Часто современные колебательные движения бывают связаны с вертикальными перемещениями дельных блоков земной коры (например в Японии).

Колебательные движения земной поверхности можно проследить и в прошлых геологических эпохах [1], причём характерной особенностью этих циклических движений является наложение друг на друга циклов разных порядков. На циклы первого порядка,

длиною около 150 млн лет (напримеральпийский, герцинский, каледонский циклы) накладываются циклы второго порядка C меньшей длиной (около 40 млн лет), затем циклы около 6 млн лет и т. д. вплоть до циклов длиною 500—1000 лет. Столь малые циклы колебаний были выделены Н. Б. Вассоевичем [4] в так называемых флишевых толщах юго-восточного Кавказа.

Таким образом, продолжительность наименьшего геотектонического оказывается того же порядка, что и длина цикла вековых изменений геомагнитного Иными поля. словами, временные масштабы геотектонических процессов и физических процессов, ответственных за вековой ход, оказываются вполне сравнимыми другом.

Итак, главные возражения, выставлявшиеся против «коровой» теории векового хода, приходится считать несостоятельными.

## § 5. Изменения магнитного поля во время землетрясений

Интересную аналогию с рассмотренными выше изменениями геомагнитного поля большого масштаба (как во времени, так и в пространстве), связанными с зонами сейсмической активности, представляют изменения магнитного поля во время отдельных землетрясений.

Большинство крупных землетрясений в Японии сопровождалось характерными изменениями геомагнитного поля, особенно сильными вблизи эпицентра ( 30, 31 33, ]. Эти изменения можно разбить на несколько типов: 1) сбросовый тип - возникают две магнитноаномальные области — в одной Z увеличивается  $(+\Delta Z)$ , в другой — уменьшается (-  $\Delta Z$ ). Эти области примыкают друг к другу; 2) тип поднятия возникает одна аномальная область  $c + \Delta Z$  или —  $\Delta Z$ ; 3) сложный тип возникает несколько областей с  $+\Delta Z$ и  $-\Delta Z$ , расположенных обычно шахматном порядке.

Сбросовый тип аномалий наблюпосле землетрясений Мино-Овари (1891), Рики-У (1896), Сусака (1897), Санрику (1933). Эти землетрясения сопровождались значительными сбросами; по всей вероятности, здесь происходили вертикальные перемещения и наклоны отдельных блоков зем- . ной коры. Второй тип характерен для землетрясений, связанных с извержениями вулканов, например Комагатаке (1929), где было найдено тесное соответствие между изменениями уровня земной поверхности и значениями маг-(J). нитного наклонения Примером аномалии сложного типа может слуаномалия, возникшая после землетрясения Норзс-Иду (1930). Было найдено, что характер изменений Ј

оз. Куттуяро 1000 т п ов Вакото

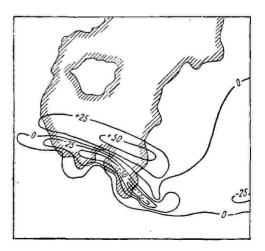
1 2 3 чим

Фиг. 5. Магнитная аномалия в районе оз. Куттуяро (Япония). Изолинии Z аномального проведены через 250 гамм. Плюсами обозначены поднятия берега, минусами — опускания.

и направление изгиба земной поверхности обратны по обеим сторонам возникшего сброса.

Большой интерес представляет магнитная аномалия, возникшая после землетрясения на оз. Куттуяро (1938). На фиг. 5 показаны изолинии аномальных значений Z в гаммах (магнитная съёмка была произведена сразу же после землетрясения). Аномалия принадлежит к сбросовому типу. Ось положительной аномалии соответствовала зоне трещин и сбросов и отграничивала область поднятий земной поверхности (на севере) от области опусканий (на юге). Максимум аномалии приходится на эпицентр землетрясения (п-ов Вакото). Через год съёмка была повторена. На фиг. 6 показаны изменения Z в гаммах за год. Z увеличилось в районе отрицательной аномалии и уменьшилось в районе положительной аномалии, т. е. в целом аномалия ослабела. Между изменениями Z за год и соответствующими значениями Z аномальных существует тесная цательная корреляция. Убывание магнитной аномалии с течением времени, по всей вероятности, связано с процессом возвращения затронутого землетрясением участка земной нормальные условия.

Аналогичные изменения со временем магнитной аномалии в бассейне Парижа были поставлены в связь с



Фиг. 6. Изменение магнитной аномалии через год. Изопоры Z аномального проведены через 25 гамм в год.

сейсмической активностью в этом

районе [<sup>38</sup>].

Причиной изменений магнитного поля во время отдельных землетрясений может быть, например, поднятие магматических масс к земной поверхности. Связанные с этим изменения температуры в окружающих горных породах будут изменять их магнитные свойства, что и вызовет аномалию. Изменения аномалии со временем можно отнести за счёт охлаждения магматических масс или их опускания.

Надо отметить, что магнитные наблюдения, производившиеся до сих пор в сейсмически-активных районах (главным образом в Японии), были, как правило, недостаточно точными, что сильно затрудняет интерпретацию их результатов. Только значительно более точные и систематические наблюдения позволят решить важный вопрос о происхождении магнитных аномалий во время землетрясений.

Подведём итоги изложенному. В настоящее время имеются две теории векового хода геомагнитного поля. Одна из них связывает вековой ход с процессами в земной коре, другая отводит место для физических процессов, ответственных за вековой ход, на гражидкого ядра Земли. Первая теория привлекательна своей физической наглядностью и возможностью объяснения большой совокупности опытных данных. Следует признать, что эта теория пока недостаточно разработана математически, в чём нельзя упрекнуть «глубинную» теорию. Основной недостаток последней, по нашему мнению, состоит в том, что она не мообъяснить важную зависимость между вековыми изменениями геомагнитного поля и сейсмической активностью Земли.

#### Литература

[1] В. В. Белоусов. Общая геотектоника. Госгеолиздат, 1948. — [2] В. В. Белоусов. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 2, 149, 1941. — [3] Л. Д. Берсудский, А. А. Логачев, О. Ю. Солодухо. Курс магниторазведки. ГНТИ нефтяной и горнотопливной литературы, 1940. — [4] Н. Б. Вассоевич. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1940. — [5] М. А. Грабовский. Изв. АН

СССР, сер. геогр. и геофиз., 13, № 2, 143, 1949.—[6] Б. Гутенберг и К. Рихтер. Сейсмичность Земли. ИЛ, 1948.—[7] А. Н. Заварицкий. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 3, 1946.—[8] Ю. Д. Калинин. Геомагнитные вековые вариации в СССР и внумагнитные вековые вариации в ССОГ и внутреннее строение Земли. Гидрометеоиздат, 1946.—[9] Ю. Д. Калинин. Тр. НИИ земн. магн., вып. 1 (11), 3, 1947.—[10] Ю. Д. Калинин. Тр. НИИ земн. магн., вып. 2 (12), 3, 1948.—[11] Ю. Д. Калинин. Тр. НИИ земн. магн., вып. 3 (13), 3, 1948.—[12] Д. И. я ни и. пр. НИИ земн. магн., вып. 2 (12), 3, 1948.—[11] Ю. Д. Калинин. Тр. НИИ земн. магн., вып. 3 (13), 3, 1948.—[12] Д. И. Мушкетов. Региональная геотектоника, ОНТИ, 1935.—[13] Н. И. Николаев. Советская геология, № 16, 80, 1947.—[14] Т. Н. Розе. Инф. сб. по земн. магн. и электр., № 5, вып. 2, 1940.—[15] В. А. Сельский. Междунар. Геол. конгр., Тр. XVII сессии 1937 г., т. IV. 457, 1940.—[16] Н. Н. Трубятчинский, Б. М. Яновский. Земной магнетизм и магнитная разведка. ГТТИ, 1934.—[17] Н. Н. Трубятчинский. С. R. de la sept. séance de la commiss. géodés. Ваltique, II рагt., 62, 1935.—[18] О. Д. Хвольсон. Курс физики, т. III, 515, 1919.—[19] Н. С. III атский. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 7, 1946.—[20] Б. М. Яновский. Земной магнетизм. Изд. ГУСМП, 1941.—[21] Ј. Вагtels. Arch. der Erdmagn., Н. 5, 1925.—[22] Е. С. В ullard. Month. Not. R. Astr. Soc., Geoph. Suppl., 5, № 7, 248, 1948.—[23] J. Мс G. Bruckshaw and E. I. Robertson. Month. Not. R. Astr. Soc., Geoph. Suppl., 5, № 7, 248, 1948.—[23] J. Mc G. Bruckshaw and E. I. Robertson. Month. Not. R. Astr. Soc., Geoph. Suppl., 5, № 7, 248, 1948.—[26] W. M. Elsasser. Phys. Rev., 69, 106; 70, 202, 1946; 72, 821, 1947; Nat., 163, 351, 1949.—[27] J. A. Fleming. Carnegie Inst. Washington, Publ. N. 501, 205, 1938.—[28] J. A. Fleming. Journ. Marine Res., 7, N. 3, 147, 1948.—[29] E. A. Johnson, Th. Murphy, O. W. Torreson. Terr. Magn., 53, N. 4, 349, 1948.—[30] Y. Katô. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., I s., 27, N. 1, 1938.—[31] Y. Katô. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., I s., 29, N. 3, 1940.—[32] A. G. Mc Nish. On causes of the Earth's magnetism and its changes, в. кн.: Physics of the Earth, VIII, Terrestrial magnetism and electricity, ed. J. A. Fleming, 1939.—[33] S. T. N. ak am ur a. Proc. Imp. Ac. Tokyo, 11, N. 3, 102, 1935.—[34] A. Nippoldt. Das Weltall, 24, H. 5, 109, 1925.—[35] G. C. Omer. Bull. Seism. Soc. Amer., 36, N. 1, 21, 1946.—[36] W. H. Ramsey. Month. Not. R. Astr. Soc., 108, N. 5, 406, 1948.—[37] J. P. Rothé. Geofis. pura e appl., 12, f. 3—4, 134, 1948.—[39] O. W. Torreso