

И. М. ПУДОВКИН, М. М. ПОГРЕБНИКОВ, В. И. ПОЧТАРЕВ,
Г. Р. БЕКЖАНОВ

О ПРЯМОЙ СВЯЗИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

(Представлено академиком Р. З. Сагдеевым 10 V 1972)

1. Современное состояние вопросов прогнозирования извержения вулканов и землетрясений в той или иной мере освещено в работах ^(1, 2). Некоторые частные аспекты этих вопросов дискутируются в работах ⁽³⁻¹¹⁾. В работах ⁽⁵⁾ сообщаются некоторые итоги полевых исследований структуры поля вековых вариаций (в.в.) как возможного информативного канала о динамике внутрикоровых явлений, связанных с извержениями вулканов на Камчатке и с землетрясениями в Иссыкуль-Балхашском межозерье. В работах ⁽⁷⁻¹⁰⁾ обсуждаются результаты исследований вариаций геомагнитного поля, проведенных в разных районах Средней Азии, в том числе и в Приташкентском районе.

2. Ленинградское отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР с 1968 г. проводит в районах Южного Казахстана полевые геомагнитные исследования совместно с Казахским геофизическим трестом. Целью работ является изучение геомагнитных характеристик глубинных процессов вообще и выявление возможных геомагнитных предвестников землетрясений в частности.

Исследования 1968—1969 гг. дали весьма обнадеживающие результаты, послужившие основой для продолжения исследований. Было решено провести исследования поля геомагнитных вариаций как для повышения точности приведения абсолютных геомагнитных измерений к середине года, так и с целью поисков прямой связи вариаций с землетрясениями.

3. Тюпское землетрясение 1970 г. «работало» настолько регулярно, что за полевой период было зарегистрировано 174 афтершока. Это позволило апробировать разные варианты по выявлению возможных связей вариаций с землетрясениями. Предполагалось, что если землетрясения сопровождаются генерацией экспериментально ощутимого магнитного поля любой природы, то его можно обнаружить в поле векторов

$$\delta H_a = (\delta x_a^2 + \delta y_a^2)^{1/2}, \quad (1)$$

где $\delta x_a = \delta x_{\text{набл}} - \delta x_{\text{норм}}$, $\delta y_a = \delta y_{\text{набл}} - \delta y_{\text{норм}}$. За $\delta x_{\text{набл}}$ и $\delta y_{\text{набл}}$ принимались вычисленные по H и D среднечасовые ординаты X и Y , а за $\delta x_{\text{норм}}$ и $\delta y_{\text{норм}}$ — ординаты нормальных суточных ходов x и y . Под нормальным суточным ходом вариаций в данном случае принимается средний суточный ход из всех суточных магнитограмм, вовлекаемых в рассмотрение, за исключением явно возмущенных дней.

Ближайшей к Тюпскому эпицентру землетрясений была магнитная вариационная станция (МВС), которая работала в Чолпон-Ате три недели июля. За это время произошло 9 толчков, в том числе 7 из них высокого энергетического класса ^(6, 7). Оказалось, что из девяти векторов δH_a (см. ниже) 6 ориентированы в сторону эпицентра

Дата (июль, 1970 г.)	11	12	12	13	16	18	20	20	22
Азимут вектора δH_a , градусы	110	101	90	255	99	109	109	240	215

Азимут направления Чолпон-Ата (стоянка МВС) — Тюпский эпицентр равен 97° (от N к E).

Как видно, корреляция в ориентировке векторов δH_a на эпицентр землетрясений достаточно высокая. Однако в данном случае речь идет о связи вариаций магнитного поля с землетрясениями, происходящими в одном и том же гипоцентре — афтершоками. В общем же случае, при достаточно большой плотности эпицентров землетрясений и редкой сети МВС, в поле векторов не всегда может проявиться обнаруженная для Тюпского землетрясения закономерность. Для этого нужно, чтобы число МВС по крайней

Рис. 1. Графики δH_a по материалам МВС в Чолпон-Ате и магнитной обсерватории в Алма-Ате

Рис. 2. Кривые суммарного магнитного эффекта землетрясений Чхалтипского 1963 г. (а), Ташкентского 1966 г. (б), Махачкалинского 1970 г. (в), Тюпского 1970 г. (г) и окрестностей Алма-Аты 1971 г. (д)

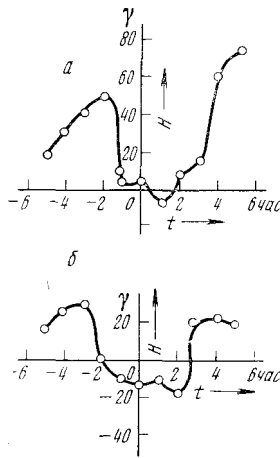


Рис. 1

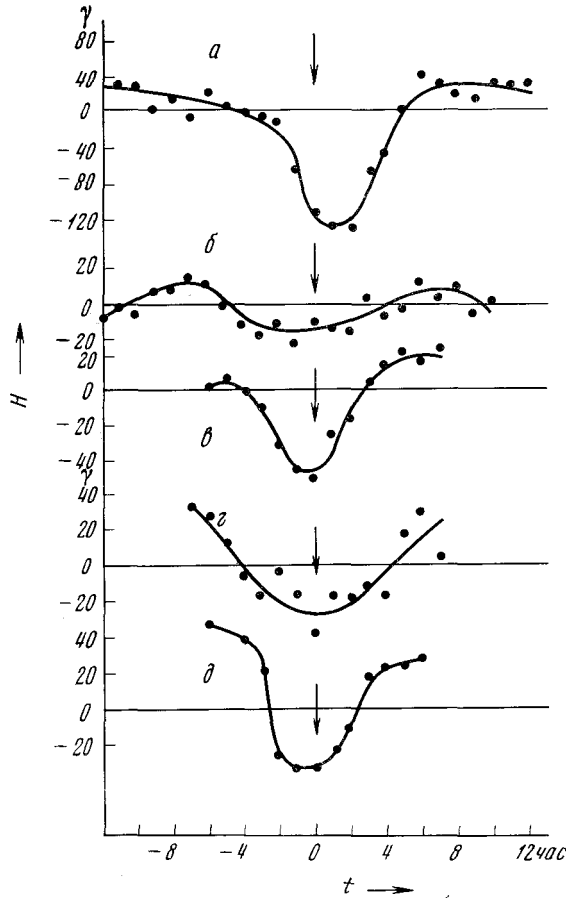


Рис. 2

мере в два раза превышало число представляющих интерес землетрясений. да и то, пожалуй, при условии разделения поля вариаций на части внешнего и внутреннего происхождения. В этих целях нужно располагать достаточно подробной информацией о структуре поля вариаций. Пока таких возможностей нет, а поэтому приходится искать иные пути выявления сейсмамагнитного эффекта.

Было сделано допущение, что сейсмамагнитный эффект может иметь многозначный характер и что если эффект отдельного землетрясения трудно уловим, то желаемый результат можно получить как суммарный эффект от множества толчков. Материал наблюдений был подвергнут специальной обработке, заключающейся в том, что момент каждого землетрясения принимался за начало отсчета времени и по отношению к этому моменту образовывались среднечасовые ординаты вариаций H для определенного отрезка времени как до, так и после толчка и затем из них вычитались

значения соответствующих ординат нормального суточного хода, т. е. образовывались величины

$$\delta H_a = \delta H_{\text{набл}} - \delta H_{\text{норм}}, \quad (2)$$

где $\delta H_{\text{набл}}$ и $\delta H_{\text{норм}}$ имеют тот же смысл, что и в (1).

Далее образовывалась сумма $\sum_{i=1}^n \delta H_{a_i}$, где $i = 1, 2, \dots, n$ — число землетрясений.

На рис. 1 приведены результаты такой обработки материалов Чолпон-Атинской МВС и Алмаатинской обсерватории. Были приняты во внимание все толчки, происшедшие в ближайших окрестностях по вариационным материалам Чолпонатинской МВС (рис. 1а) и Алмаатинской обсерватории (рис. 1б).

4. Как можно физически объяснить полученный результат? Известно ⁽¹²⁾, что под влиянием внешнего магнитного поля происходит некая упорядоченность магнитного состояния парамагнитных, ферромагнитных и других элементов и, стало быть, горных пород земной коры, поскольку последние содержат магнетиты разных классов. Атомные магнитные моменты парамагнитных веществ ориентируются по направлению действия внешнего магнитного поля; в веществах, содержащих ферромагнитные соединения, происходит некоторая перестройка доменной структуры. В результате этих процессов на поверхности земной коры будет создаваться пусть малое, но дополнительное поле. Таким образом, в спокойное в сейсмическом отношении время будет наблюдаться несколько повышенное магнитное поле. Землетрясения в любых их видах, и возможно, звукового и ультразвукового класса частот ⁽¹²⁾, временно нарушают эту упорядоченность и приводят к уменьшению напряженности магнитного поля. В слабом геомагнитном поле этот процесс обратимый, а потому после землетрясения упорядоченность магнитного состояния пород земной коры должна восстановиться, что и наблюдается (рис. 1). При образовании разрывов сплошности магнитных сред картина может существенно усложниться, но в ней вполне можно разобраться. Если изложенные суждения верны, то аналогичный эффект должен быть универсальным.

На рис. 2 приведены: а) суммарный геомагнитный эффект Чхалтинского землетрясения (10 толчков ⁽¹³⁾), б) Ташкентского (8 толчков ⁽¹⁴⁾), в) Махачкалинского (8 толчков ⁽¹⁵⁾), г) Тюнского 1970 г. (20 толчков, Каталог землетрясений Илийской геофизической экспедиции (ИГЭ) Казгеофизтреста), д) землетрясений 1971 г. окрестностей Алма-Аты (18 толчков, Каталог землетрясений ИГЭ).

Для Чхалтинского и Махачкалинского землетрясений магнитный эффект был вычислен по материалам Магнитной обсерватории (м.о.) в Душети, для Ташкентского — по материалам м.о. в Янги-Базаре, для землетрясений окрестностей Алма-Аты — по материалам МВС Чолпон-Аты (1970 г., рис. 1а) и Алмаатинской м.о. (рис. 1б, рис. 2г, д). Рассматриваемые экспериментальные материалы позволяют говорить об установлении прямой связи геомагнитных вариаций с землетрясениями. Это, в свою очередь, создает физическую основу для поисков геомагнитных предвестников землетрясений.

Предлагаемое физическое толкование экспериментально полученного результата не содержит в себе ничего нового. Давно известно, что с магнитом надо обращаться весьма осторожно, если требуется сохранить постоянство его магнитного момента. Известный метод определения наклона с помощью стержней из магнитомягкого материала и рекомендуемых при этом манипуляций со стержнями (метод Ламона) опирается на эту идею. Ее нужно было только применить к поиску связей вариаций магнитного поля с механическими воздействиями на магнитную систему — землетрясениями, что, как видно из изложенного, и было сделано.

В заключение следует сказать, что обсуждаемые в статье результаты имеют предварительный характер. Кроме того, обнаруженная связь не исключает существования сейсмамагнитных эффектов иной физической природы.

Ленинградское отделение Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
Академии наук СССР

Поступило
3 V 1972

Казахский геофизический гост
Министерства геологии КазССР

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Физика земной коры и верхней мантии, Тр. АН США, М., 1966. ² Предсказание землетрясений, Сборн. докл., М., 1968. ³ И. М. Пудовкин, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 6, 922 (1961). ⁴ В. И. Почтарев, И. М. Пудовкин, Сборн. Исследования по геомагнетизму и аэрономии, М., 1963, стр. 3. ⁵ И. М. Пудовкин, А. А. Таничев и др., Геомагнетизм и аэрономия, 10, № 1, 170 (1970); № 2, 173 (1970). ⁶ Ф. В. Грязновская и др., Геомагнетизм и аэрономия, 12, № 1, 157 (1972). ⁷ М. Г. Апцилевич, Тез. докл. сессии по обсуждению результатов Ташкентского землетрясения 1966 г., Ташкент, 1967, стр. 19. ⁸ В. П. Головков, Геомагнетизм и аэрономия, 9, № 6, 1123 (1969). ⁹ К. Н. Абдуллабеков, В. П. Головков, Геомагнетизм и аэрономия, 10, № 7, 1132 (1970). ¹⁰ В. П. Головков, там же, 11, № 6, 1126 (1971). ¹¹ Э. Э. Фотиади, Г. И. Каратаев и др., Байкальский геофизический полигон, Новосибирск, 1970. ¹² С. В. Вонсовский, Магнетизм, «Наука», 1971. ¹³ А. Д. Цхакая, Л. Н. Махарадзе, Д. Д. Табидзе, Чхалтинское землетрясение, Тбилиси, 1967. ¹⁴ В. М. Мирзаев, В. И. Уломов и др., Сейсмическое микрорайонирование Ташкента, Ташкент, 1969. ¹⁵ Н. В. Шибалин, Ю. В. Быстрицкая и др., Землетрясение 14 мая 1970 г. и его проявление на территории г. Махачкала ДКИ, Махачкала, 1970, стр. 146.