

О ПРИЧИНАХ, ПРЕДВЕСТНИКАХ И ПРОГНОЗЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (СО ВРЕМЕН М.В. ЛОМОНОСОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ)

Дода Л. Н., Натяганов В. Л., Шивринская Е. В.

В историческом аспекте рассматривается эволюция научных представлений о причинах, предвестниках и прогнозе землетрясений. Обсуждается связь между недавно обнаруженными облачными сейсмоиндуцированными структурами (которые лежат в основе эффективной схемы краткосрочного прогноза землетрясений) с электротепловым пробоем литосферы и квазимолниевыми структурами в атмосфере

1. Введение. Данная работа была инициирована тремя факторами:
– 250-летием «Слова о рождении металлов от трясения Земли» М. В. Ломоносова [1], где были впервые словесно описаны основные типы колебаний земной поверхности при землетрясениях (в том числе поверхностные волны Рэлея и Лява), а также в качестве основной причины землетрясений называлось внутреннее тепло Земли;
– открытием нового класса предвестников землетрясений (далее – ПЗТ) в виде аномальных по ряду признаков облачных сейсмоиндуцированных структур (ОСИС), которые в совокупности с другими ПЗТ дают высокую реализацию [2, 3] краткосрочного прогноза ЗТ (более 80%) одновременно по месту, времени и магнитуде с $M \geq 6,5$, что пока не удавалось делать на других типах ПЗТ;
– публикацией перечня* «Проклятые вопросы науки», который начинается с интригующей загадки «Из чего состоит Вселенная?» и где под № 10 стоит вопрос: «Что происходит в недрах Земли?».

Последний вопрос напрямую связан с проблемой физико-химического состава внутренних (твердое и жидкое ядро, мантия и литосфера) геосферных оболочек Земли. Однако именно физико-химические аспекты сейсмического процесса [4-6] до недавнего времени часто игнорировались.

В историческом плане толчком к появлению научного подхода к выяснению причин землетрясений стало Лиссабонское ЗТ** (1755 г.), когда лишь два самобытных ге-

*<http://www.sciencemag.org/sciext/125th/>

** Лиссабонское ЗТ случилось утром 1 ноября (в день всех святых), когда многие горожане были на церковных службах в соборах, под руинами которых и погибли. Это сильнейшее для Европы ЗТ унесло по разным оценкам от 60 до 100 тыс. жизней и сопровождалось цунами, что серьезно увеличило число жертв и степень разрушений. Подобная трагедия в католической стране послужила толчком к появлению различных религиозных (достаточно вспомнить спор Руссо и Вольтера об идее и воли бога в связи с этим ЗТ) и философских исканий. Великий поэт и крупный натуралист-эмпирик И. Гете так описывал свои детские воспоминания о возникших общественных настроениях: «Люди богобоязненные тотчас же стали приводить свои соображения, философы – отыскивать успокоительные причины, священники в проповедях говорили о небесной каре... Мальчик, которому пришлось неоднократно слышать подобные разговоры, был подавлен... Господь бог, вседержитель неба и земли ... совсем не по-отечески обрушил кару на правых и неправых».

Лиссабонское ЗТ вызвало существенные изменения режима грунтовых и глубинных вод в обширных областях Европы. В частности, во Франции, южных областях Германии и на территории современ-

ния: М. В. Ломоносов в России и И. Кант в Германии, – дали оригинальные и взаимодополняющие естественнонаучные объяснения причин ЗТ [7].

2. Краткий обзор современного состояния проблемы. В XX веке развиваемый длительное время и в разных странах мира чисто механистический подход (основанный на методах механики деформируемого твердого тела) позволил получить ответы на многие вопросы подготовки ЗТ, которые начинаются со слов «как» и «почему». Были разработаны десятки моделей ЗТ, из которых наиболее известны следующие:

- модель упругой отдачи Рейда (Reid H. F. - 1910 г.);
- энергетическая модель сейсмического режима Ю. В. Ризниченко (1968 г.);
- модель лавинонеустойчивого трещинообразования Кострова-Мячкина-Соболева-Шаминой (1971 г.), близкую модель позднее предложил Стюарт (Stuart W. D. - 1974 г.);
- дилатантно-диффузионная модель Андерсона-Шольца (1973 г.), которую позднее существенно дополнили исследователи школы Г. А. Соболева;
- модель с неоднородностью или консолидированным включением И.П. Добровольского (1979 г.), которая позднее была доработана автором до физически обоснованной и стройной (в том числе и с математической точки зрения) теории подготовки ЗТ [8];

а также некоторые другие более частные модели, которые возникли как обобщения исследования процессов нагружения и разрушения твердых образцов в лабораторных условиях и их последующего переноса на природные сейсмические события.

Достаточно краткий, но обстоятельный обзор эволюции качественных представлений о процессе подготовки ЗТ с критическим анализом достоинств и недостатков модельных подходов, представлен в известной монографии [8].

В сейсмологии наиболее известны следующие закономерности:

$$\lg N = \alpha - \gamma \lg E, \lg L = 1/4 \lg E - \beta, M = \ln L \quad (1)$$

соответственно Гутенберга-Рихтера, Ризниченко и Добровольского, которые через константы α , γ и β связывают энергию E (в джоулях), повторяемость N (среднее число) ЗТ, характерный размер L (в км) магистрального разрыва и магнитуду M .

Подчеркнем, что первые две закономерности в (1) фактически получены путем статистического анализа большого массива эмпирических данных, тогда как формула Добровольского подтверждена и теоретически в результате решения задачи о размере зоны предвестниковых возмущений по деформациям [8].

Однако на главную триаду вопросов: «Где? Когда? Какой силы?» – такой механистический подход дать ответа, похоже, пока или даже принципиально не может*. Понимание этого началось в 80-х годах благодаря работам академика М.А. Садовского [9], когда сплошная геофизическая среда стала рассматриваться как блочно-структурированная и открытая система с иерархической соподчиненностью линейных

ных Чехии и Словакии некоторые источники минеральных и геотермальных вод исчезли, но в то же время появились новые. Таким образом, Лиссабонское ЗТ ускорило формирование естественнонаучных представлений о том, что Земля (как космическое тело) имеет свою историю.

* Последняя фраза требует пояснений, которые будут приведены в конце данного раздела и связаны с методологией прогноза ЗТ, разработанной И.П. Добровольским в [8].

размеров для блоков соседних рангов. Примерно в то же время стали целенаправленно изучаться ПЗТ разной природы [5, 8-10] в их совокупности и возможной взаимосвязи. Хотя некоторые типы ПЗТ (например, световые и гидрологические) известны с глубокой древности.

В последние годы появилось много оригинальных моделей ПЗТ и подготовки ЗТ, где использовались методы и подходы, разработанные в недрах «чистой» математики или теоретической физики совсем для других задач и целей, далеких от моделирования и прогноза ЗТ. Эти новые подходы и модели выявили достаточное число неочевидных и порой спорных взаимосвязей различных граней сложного сейсмического процесса, однако так и не привели к ответам на вопросы главной триады. Попытки перенести модельные представления на натуру пока терпят фиаско: предвестники наблюдались, а ЗТ не было (ложная тревога) или, что много хуже, землетрясение происходит вроде бы без явных ПЗТ (очевидный пропуск цели или «зевок», говоря шахматным языком). Правда, потом какие-либо аномалии вспоминаются, но уже задним числом.

Как и четверть тысячелетия назад во времена Ломоносова и Канта, которые первыми стали искать научные причины ЗТ, очередная катастрофа вновь застаёт врасплох и ставит в тупик теперь уже многие тысячи ученых из сотен научно-исследовательских институтов в десятках стран мира. Есть от чего прийти в уныние и признать проблему краткосрочного прогноза ЗТ неразрешимой, обосновывая этот пессимизм весомыми и вроде бы строго научными аргументами типа: прогноз ЗТ относится к обратным задачам геофизики с отсутствием однозначности причинно-следственных связей; подобные задачи математически некорректны, т.е. их решение неединственно или неустойчиво к малым возмущениям; ... – поэтому никакая система ПЗТ не является универсальной. Подобная волна пессимизма возникла на рубеже веков из целой серии публикаций в престижных западных журналах (типа *Science*, *Nature*, *J. Geophys. Res.*, ...), но, к чести отечественных геофизиков, эти упаднические настроения поддержаны не были, а отголоски возникших дискуссий можно найти в [4-6, 11, 12].

Одним из важнейших достижений геофизики последних десятилетий [8, 9] стало ясное понимание того, что ЗТ не являются внезапным событием, а представляют собой сложный процесс, который готовится в земных недрах продолжительное время и проявляет себя в аномалиях различных геофизических и геохимических полей. Значение подобного рода аномалий как ПЗТ разной природы трудно переоценить, хотя некоторые из них еще не нашли адекватного теоретического объяснения. Предвестники должны играть большую роль в понимании процесса подготовки ЗТ и создавать реальную основу для моделирования этого процесса и прогноза ЗТ.

Наиболее глубоко этот вопрос проработан в [8], откуда фактически следует, что реальный прогноз ЗТ упирается в проблемы (главным образом организационного и финансового плана) по созданию наземной сети оперативного мониторинга в сейсмоактивных регионах; сбору, обработке и анализу (почти в реальном времени) необходимых данных для решения обратных задач прогноза.

Однако сохраняется надежда на существование ограниченного количества типовых сценариев подготовки и развития ЗТ (в соответствии с эмпирическими закономерностями типа (1) хотя бы для отдельных регионов) с неизбежными вариациями в каждом конкретном случае, когда некоторая совокупность ПЗТ разной природы может да-

вать высокий процент реализации прогноза ЗТ и, главное, быть достаточно легко (без больших финансовых затрат) обнаружена при помощи уже имеющихся средств.

3. Облачные сейсмоиндуцированные структуры как основа краткосрочного прогноза землетрясений. Похоже, что эта надежда стала оправдываться с открытием ОСИС средствами космического мониторинга [2, 13], а потом и разработкой на их основе специалистами Научного центра оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) эмпирической схемы [3] краткосрочного прогноза ЗТ. Эта эффективная схема (с пока «зашифрованными» в ней глубокими геофизическими закономерностями) кратко описана в [3] и более подробно представлена в [14]. Если говорить образно, то по этой схеме ключ к прогнозу ЗТ с ответами на главную триаду скорее «подвешен» к Солнцу [2, 3, 14], а не «зарыт» в земных недрах. Ибо геоэффективные явления на Солнце типа коронарных выбросов и солнечных вспышек через возмущения магнитосферы Земли затем находят отклик в планетарных магнитных бурях. Влияние солнечной активности (в том числе и магнитных бурь) на различные биофизические процессы в живой природе теперь (во многом благодаря исследованиям А. Л. Чижевского) общеизвестно и почти очевидно. Хотя такое влияние на геофизические процессы уже давно и широко дискутируется [4-6, 8-11], однако пока очевидным не стало, а многими геофизиками отрицается по разным соображениям (в частности, из-за малой энергетики магнитных бурь). Однако, если принять во внимание блочно-структурированное строение [9] и почти предельную энергонасыщенность земных недр [4-6, 8-12]; а также учесть возможность селективного поглощения электромагнитной и других видов энергии лишь отдельными элементами этой блочной структуры и, в первую очередь, литосферными разломами, то подобное влияние очень вероятно.

Основные моменты в эмпирической схеме [3, 14] краткосрочного прогноза ЗТ, разработанной специалистами НЦ ОМЗ, заключаются в следующих закономерностях:

- 1) запуск ЗТ происходит по 7-суточной гармонике в среднем на 14 и (или) 21 сутки после геоэффективных явлений на Солнце (эффект D-триггера [2] или прогноз времени будущего ЗТ);
- 2) сейсмический процесс имеет магнито-меридиональную направленность (которая определяется по максимальным вариациям возмущений геомагнитного поля Земли в начальной стадии магнитных бурь) возможной цепочки ЗТ в местах пересечения полосы их запуска с сеткой литосферных разломов (прогноз места будущего ЗТ), накопивших достаточный для сброса упругой энергии потенциал механических напряжений и деформаций;
- 3) магнитуда ЗТ логарифмически связана по формуле Добровольского $M = \ln L$ (прогноз силы будущего ЗТ) с максимальным линейным размером зоны подготовки сейсмического события вдоль активированных литосферных разломов, что однозначно отражается в размерах и форме ОСИС, трассирующих эти разломы.

Эти и другие геофизические закономерности, лежащие в основе эффективности эмпирической схемы НЦ ОМЗ по краткосрочному прогнозу ЗТ, ранее по отдельности уже отмечались другими исследователями, но не были соединены в цепочку причинно-следственных связей. В частности, 7-суточная гармоника D-триггера скорее всего связана с 13,7-суточной гармоникой приливных воздействий на Землю со стороны Луны и Солнца и уже была экспериментально обнаружена при глубинном электромагнитном

зондировании земных недр с помощью импульсного МГД-генератора в 1976-78 гг. на Гармском полигоне в Таджикистане. Однако данные об этих уникальных экспериментах были опубликованы лишь 20 лет спустя (см. [2, 11] и приведенную библиографию).

На основе использования решений для режимов с обострением [15] в модели электротеплового пробоя (ЭТП) литосферы [7] были получены необычные формы возможных областей локализации электрического тока пробоя и тепла в виде слоя Самарского-Соболя и «тепловых кристаллов» Курдюмова-Михайлова тетраэдрической формы. Однако для уравнения

$$\partial T / \partial t = \operatorname{div}(\lambda(T) \nabla T) + Q(T), \quad \lambda(T) = \lambda_0 T^\alpha, \quad \alpha > 0 \quad (2)$$

с нелинейной температуропроводностью для режима с обострением S-типа [15] можно получить новое решение для температуры:

$$T = A \left\{ \left[1 - (\beta_1 |x_1| + \beta_2 |x_2| + \beta_3 x_3) / x_0 \right]^2 / (\tau - t) \right\}^{1/\alpha}, \quad x_0 = \left[2\lambda_0 A^\alpha (2 + \alpha) / \alpha \right]^{1/2}, \quad (3)$$

которое при условии $\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 = 1$ и $\beta_i > 0$ описывает уже «тепловой кристалл» в форме четырехугольной пирамиды. Если в формуле (3) для температуры убрать знаки абсолютной величины у координат x_1 и x_2 , то полученное решение будет описывать «тепловой кристалл» тетраэдрической формы [7].

Заметим, что при выходе основания подобного «кристалла» на земную поверхность электромагнитные и, возможно, световые ПЗТ будут наиболее явно проявляться вдоль периметра трех- или четырехугольника и менее явно – внутри, а снаружи их появление маловероятно. Однако подобные ПЗТ могут иметь место, когда ЭТП и не приводит к ЗТ (ложная тревога), если механические напряжения в земных недрах не достигли критической величины [7, 8].

Трех- и четырехугольную форму часто имеют ОСИС, обнаруженные при космическом мониторинге специалистами НЦ ОМЗ в зонах готовящихся ЗТ [3, 14]. Связующим звеном для модели литосферного ЭТП типа решения (3) и подобными геометрическими формами ОСИС служат локализованные в атмосфере квазимолниевые (по определению Д.А. Кузнецова из серии депонированных в ВИНТИ работ, см. например [16]) структуры Власова-Пригожина.

Такие квазимолниевые структуры работают как ионные насосы, всасывая в себя различные виды ионов из окружающего пространства с одинаковой скоростью электромагнитного дрейфа $\vec{V} = [\vec{E} \times \vec{B}] / B^2$ независимо от массы и знака заряда [17]. Внутри этих структур типа плоских слоев или цилиндрических столбов затем под действием атмосферного электрического поля происходит разделение ионов в зависимости от знака заряда (т.е. возникает электрический ток), что и позволяет их назвать квазимолниевыми, а иногда визуально обнаружить по слабому свечению [5, 9, 10].

На микроуровне одиночной пробной частицы этот процесс можно описать на основе решения векторного уравнения $m \cdot d\vec{v} / dt = q(\vec{E} + [\vec{v} \times \vec{B}])$, где m , q , \vec{v} – масса, заряд и скорость движения частицы в электромагнитном поле.

На макроуровне этот процесс можно описать на основе решений системы уравнений магнитной гидродинамики и механизма магнитного пересоединения [17] в модели проводящего деформационного потока с точкой стагнации:

$$\begin{aligned} \rho(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} &= -\nabla(p + B^2/2\mu) + (\vec{B} \cdot \nabla) \vec{B} / \mu, \quad \text{div } \vec{v} = 0, \\ \text{rot } \vec{E} &= 0, \quad \vec{E} + [\vec{v} \times \vec{B}] = D_m \text{rot } \vec{B}, \quad \text{div } \vec{B} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Случаю возникновения вертикального токового слоя в плоскости yoz соответствует простое решение системы (4) вида [17, 18]:

$$\begin{aligned} v_x &= -V_0 x / L, \quad v_y = V_0 y / L, \quad p = p_0 - \frac{1}{2} \rho v^2 - \frac{1}{2\mu} B^2 \\ V_y &= B_0 \xi F(1; 3/2; -\xi^2), \quad j_z = \sigma E_0 \left[1 - 2\xi^2 F(1; 3/2; -\xi^2) \right], \end{aligned} \quad (5)$$

выписанное через вырожденную гипергеометрическую функцию $F(1; 3/2; -\xi^2)$, где $\xi^2 = V_0 x^2 / 2LD_m$, $D_m = 1/\mu\sigma$ – коэффициент магнитной диффузии.

Подобные токовые слои возникают на «пятне» выхода литосферного ЭТП в виде плоского слоя Самарского-Соболя или вдоль периметра основания «теплового кристалла» в форме трех- или четырехугольника [18]. Такие локализованные в атмосфере квазимолниевые структуры могут служить своеобразными и часто невидимыми «канатами», которые как бы «привязывают» к энергоактивированным зонам литосферных разломов (в окрестности которых и происходят затем землетрясения) недавно обнаруженные с помощью средств космического мониторинга [2, 3, 13, 14] аномальные по ряду признаков ОСИС.

Литосферный ЭТП [7] может сопровождаться или быть следствием импульсного прорыва через земную кору глубинного водорода в протонной H^+ форме [16, 18] или заряженных гидроксильных групп H_3O^+ и OH^- . Больше всего подобному сценарию соответствует гидридная гипотеза [19] Ларина.

Эту гипотезу развивает камчатская группа Д.А. Кузнецова (дистантная школа «Космометеотектоника»), которая уже продолжительное время регистрирует вариации протонной эмиссии из литосферных разломов в период подготовки и запуска ряда ЗТ, оконтуривающих Тихоокеанскую плиту. Подобные фактические данные уникальны, но некоторые качественные выводы [16] из них не всегда бесспорны и требуют критического анализа. Хотя бы в свете того, что сама гипотеза Вернадского-Ларина о гидридном (FeH_4) составе твердого ядра пока не находит явных подтверждений, однако косвенных свидетельств о преимущественно водо- и водородосодержащих флюидных потоках в земных недрах и их влиянии на сейсмичность получено в последнее время достаточно много (см. статью С.Ф. Тимашева в [5], большинство работ в [6]).

В реальных условиях атмосферы молекулярные ионы H^+ , H_3O^+ или OH^- очень быстро превращаются в гидратированные комплексы типа $H_3O^+ \cdot (H_2O)_n$ или $OH^- \cdot (H_2O)_n$, которые представляют собой относительно стабильные и слабо заряженные кластеры. Именно такие кластеры скорее всего представляют собой аналоги проб-

ных частиц в квазимолниевых структурах типа токовых слоев и, по мере их подъема, служат центрами конденсации влаги в ОСИС, что позволяет последние обнаружить средствами космического мониторинга [2, 13].

Интересно, что гидратированные ионы типа $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$, $\text{NO}_3^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$, $\text{CO}_3^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ и ряд аналогичных при $n = 1 \div 3$ были в середине 60-х годов прошлого столетия обнаружены в больших количествах в D-слое ионосферы, где паров воды практически нет (они вымерзают из-за низкой температуры и поднимаются выше уровня 20-30 км лишь в ничтожных количествах). Эти данные масс-спектрографических исследований на ракетах были столь неожиданны, что сначала их связывали лишь с продуктами неполного сгорания ракетного топлива. Однако дальнейшие исследования показали, что ниже высот 80-85 км наиболее распространенными ионами являются $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$, а отрицательные гидратированные ионы типа $\text{OH}^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ преобладают над концентрацией свободных электронов на высотах ниже 70 км. При атмосферном давлении именно кластеры типа $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ и $\text{OH}^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ с n от 3 до 7 являются наиболее распространенными в смеси ионов и паров воды влажного воздуха атмосферы. Заметную роль в образовании ОСИС могут играть и так называемые «тяжелые ионы» пылевой плазмы [20], однако изучение их образования и динамики только начинается.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-08-00712).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломоносов М.В. Избранные произведения. В 2-х т. Т. 1: Естественные науки и философия. – М.: Наука, 1986. 536 с.
2. Дода Л.Н. Геосейсмическое эхо солнечных бурь, или землетрясения рождаются на Солнце. // Новости космонавтики. 2003. Т. 13, № 6(245). С. 56-59.
3. Дода Л.Н., Новикова Н.Н., Пахомов Л.А. и др. Прогнозирование и космический мониторинг предвестников землетрясений: проблемы, реалии, надежды. –М.: V науч.-практ. конф. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций (15-16 ноября 2005). Доклады и выступления. 2006. С. 114-120.
4. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. –Королев, М.О.: ЦНИИМаш., 2007. 160 с.
5. Проблемы геофизики XXI века. Кн. 1 /Под ред. А.В. Николаева. –М.: Наука, 2003. 311 с.
6. Флюиды и геодинамика. /Под ред. Ю.Г. Леонова, В.Л. Русинова. –М.: Наука, 2006. 283 с.
7. Натяганов В.Л. Ломоносов и загадки природного электричества. Часть 2. Электротепловой пробой в литосфере как триггер землетрясений. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 1. Матем. Мех., 2007. №4. с. 40-46.
8. Добровольский И.П. Теория подготовки тектонического землетрясения. –М.: ИФЗ АН СССР, 1991. 220 с.
9. Садовский М.А. Избранные труды: Геофизика и физика взрыва. –М.: Наука, 2004. 440 с.
10. Электромагнитные предвестники землетрясений. / Под ред. М.А. Садовского. –М.: Наука, 1982. 88 с.
11. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. –М.: Наука, 2003. –270 с.
12. Гольдин С.В. Предсказуемо ли землетрясение? // Вестн. РАН, 2004, т. 74, №4. С. 356-362.

13. Морозова Л.И. Спутниковый мониторинг землетрясений.–Владивосток: Дальнаука, 2005. 137 с.
14. Дода Л.Н., Пахомов Л.А., Степанов И.В. Солнечно-земная активность и прогноз землетрясений. // Юб. чтения памяти А.Л. Чижевского (в печати).
15. Режимы с обострением. Эволюция идеи: законы коэволюции сложных структур. / Под ред. И.М. Макарова. –М.: Наука, 1988. 255 с.
16. Бобровский В.С., Кузнецов Д.А. Электросетевая модель космометеотектоники. Водородная модель тектонического очага. Сейсмическая активность и облачность. // ПК: Дистантная школа «Космометеотектоника». Деп. в ВИНТИ, 2006. 66 с. №1133-В2006.
17. Прист Э., Форбс Т. Магнитное пересоединение: магнитогидродинамическая теория и приложения. –М.: Физматлит, 2005. 592 с.
18. Натяганов В.Л. Ломоносов и загадки природного электричества. Часть 3. Электромагнитная природа световых предвестников землетрясений. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 1. Матем. Мех., 2008 (в печати).
19. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. –М.: Недра, 1980. 216 с.
20. Фортон В.Е., Храпак А.Г., Якубов И.Т. Физика неидеальной плазмы.–М.: Физматлит, 2004. 528 с.

ON REASONS OF EARTHQUAKES, FORESHOCKS AND EARTHQUAKE FORECAST (FROM LOMONOSOV TIMES UP TO NOWADAYS)

Doda L. N., Natyaganov V. L., Shivrinskaya E. V.

Evolution of scientific concepts regarding reasons of earthquakes, foreshocks and earthquake forecast is briefly considered in the historical aspect. The connection between recently found cloudy seismically inducted structures (which lie in the basis of effective scheme of short-term earthquake forecast) with electro thermal lithosphere breakdown and quasi-lightning structures in the atmosphere