

Статистическая оценка предвестников землетрясений на основе метода поправки химического потенциала

К.А. Боярчук, А.В. Карелин, А.В. Надольский

ФГУП «Научно-производственное предприятие — Всероссийский научно-исследовательский институт электромеханики с заводом им. А.Г. Иосифьяна», Россия, 101000, г. Москва, Хоромный тупик, д. 4, avkarelin@mail.ru

Рассмотрен метод предсказания землетрясения, получивший название метод «поправки химического потенциала». Дано фундаментальное обоснование метода. Проведена статистическая оценка предвестников землетрясений по данным метеонаблюдений для наиболее мощных землетрясений за последнее десятилетие.

The method of a prediction of the earthquake, which has received the name of «the correction of chemical potential» is considered. The fundamental foundation of the method is given. The statistical estimation of precursors of earthquakes according to meteorological observations for the most powerful earthquakes for last decade is spent.

Предсказание места, времени и магнитуды катастрофических землетрясений по-прежнему остается актуальной и нерешенной задачей.

В настоящее время предлагается большое количество различных методик предсказания землетрясений [1]. Для создания надежной системы детектирования предвестников землетрясений следует опираться на те методики, которые имеют достаточно ясное физическое обоснование и допускают в перспективе возможность серьезного статистического анализа [2].

Многие физические эффекты в природе, в том числе и в атмосфере связаны с конденсацией. Поэтому ее исследованию посвящено значительное количество работ [3-9]. При этом во всех работах для качественного и количественного описания процесса конденсации необходимым способом авторы привлекают такие физические величины как коэффициенты пересыщения среды (отношение парциально давления паров воды по отношению к давлению насыщенных паров, которое всегда больше единицы) и аккомодации молекул воды к центрам конденсации (эффективность прилипания, всегда меньше единицы). Однако в атмосфере при наличии конденсации не всегда имеет место пересыщение, а коэффициенты аккомодации, по мнению всех авторов, могут быть получены только из экспериментов для каждого конкретного случая процесса конденсации. Выход из этого положения можно найти, если перейти на молекулярно-кинетический уровень описания данного процесса [10]. При этом можно получить фундаментальное понимание некоторых важных в атмосфере физических процессов.

В ряде наблюдений перед землетрясением было обнаружено резкое падение влажности. Существенные изменения влажности в приземном слое допускают теоретическое описание с позиции молекулярно-кинетической теории конденсации [10].

Зависимость концентрации насыщенных паров воды от температуры T_g может быть грубо описана с помощью строго получаемой в термодинамике из уравнения Клаузиуса-Клапейрона [11] формулой

$$n = \frac{A}{T_g} \cdot \exp\left(-\frac{U}{k_B T_g}\right) \quad (1)$$

которая согласуется с кинетической формулой Аррениуса для констант скоростей химических реакций. Здесь k_B – постоянная Больцмана, U – скрытая теплота испарения

в пересчете на одну молекулу (в статистической физике это химический потенциал), A – постоянная.

Скрытую теплоту испарения на одну молекулу воды (химический потенциал паров воды, работу выхода из капли) можно оценить исходя из теплоты кипения $Q=40,683$ кДж/моль при температуре кипения ($T=100$ °C) $U_0= Q/N_A= 0,422$ эВ, где $N_A= 6,022 \cdot 10^{23}$ /моль. В молекулярной кинетике эта работа выхода молекулы воды равна энергии диполь-дипольного взаимодействия вращающихся диполей на расстоянии $r= 2,46$ А (равном примерно радиусу молекулы воды), рассчитанной по формуле [12]

$$U = \frac{2 \cdot \mu_{H_2O}^4}{3 \cdot k_B T_g \cdot r^6}, \quad (2)$$

где $\mu_{H_2O}= 1,85 \cdot 10^{-18}$ СГС·см – дипольный момент молекулы воды.

Присутствие внешних воздействий в усредненной по объему квазиоднокомпонентной системе будет сказываться в качестве временных вариаций химического потенциала в формуле расчета влажности атмосферного воздуха с учетом (1) и (2):

$$H(t) = \frac{\exp\left(-\frac{U(t)}{k_B T_g}\right)}{\exp\left(-\frac{U_0}{k_B T_g}\right)} = \exp\left(\frac{U_0 - U(t)}{k_B T_g}\right) = \exp\left(-\frac{0.032 \cdot \Delta U \cdot \cos^2 t}{(k_B T_g)^2}\right), \quad (3)$$

где $U(t)=U_0+\Delta U \cos^2 t$, ΔU – поправка химического потенциала в результате внешнего воздействия или наличия посторонних примесей в воздухе. Суточные колебания солнечного излучения учитывались в виде квадрата косинуса. Здесь учтено также, что U_0 рассчитывалась при температуре кипения.

Абсолютная величина поправки к усредненному химическому потенциалу паров воды в атмосфере по данным метеонаблюдений, измеряемая в электронвольтах (эВ), может оцениваться по формуле [10]

$$\Delta U = 5.8 \cdot 10^{-10} \cdot (20 \cdot T_g + 5463)^2 \cdot \ln\left(\frac{100}{H}\right), \quad (4)$$

где T_g – температура воздуха измеряемая в градусах Цельсия, а H – относительная влажность, измеряемая в процентах.

Анализ поведения динамики поправки химического потенциала паров воды в атмосфере перед землетрясением показывает, что для различных случаев абсолютная величина максимального скачка поправки может принимать различные значения. Поэтому наши дальнейшие усилия должны быть сосредоточены на установлении связи абсолютного значения величины поправки химического потенциала с магнитудой, глубиной и координатами предстоящего землетрясения.

На рис. 1 - 7 приведены оценки зависимости максимальной поправки химического потенциала ΔU (эВ) от расстояния между метеостанциями и эпицентром L (км) на примере самых мощных землетрясений.

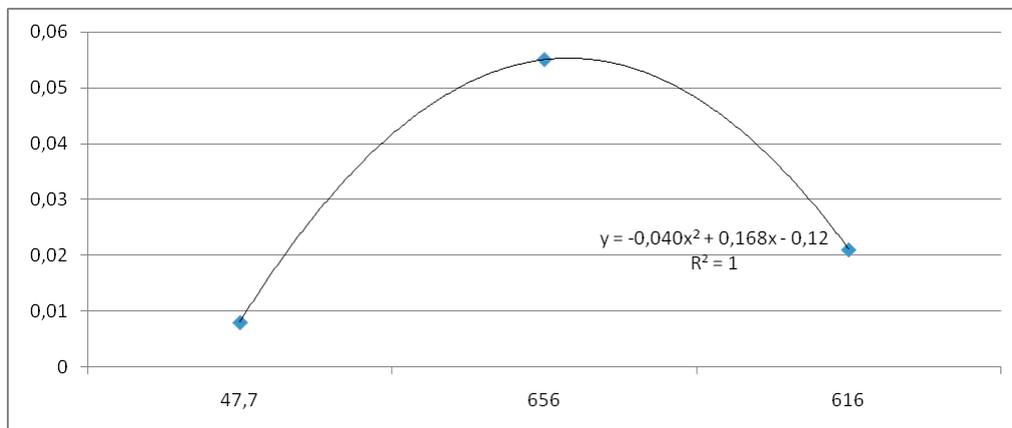


Рис. 1. 2007 г. – Перу, магнитуда 8

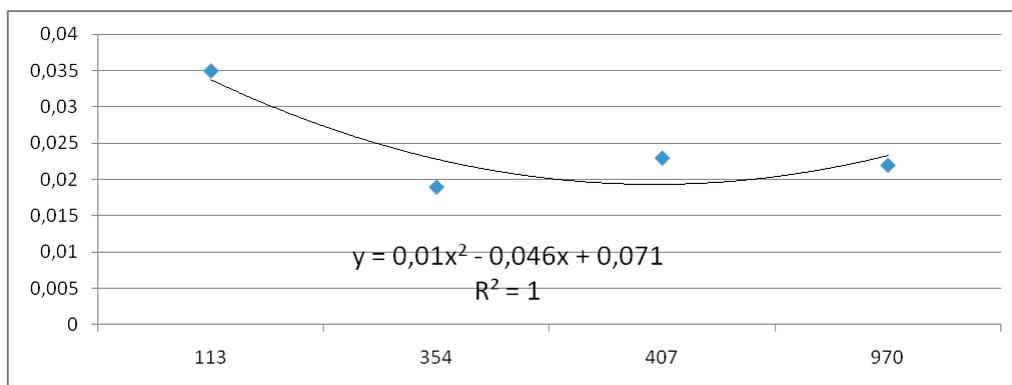


Рис. 2. 2008 г. – Пакистан, магнитуда 6,4

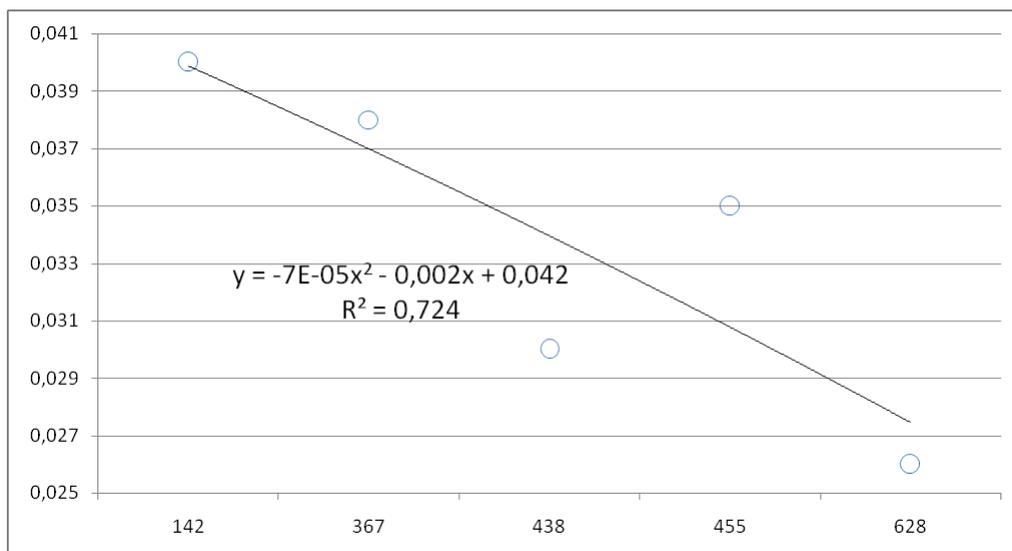


Рис. 3. 2008 г. – провинция Сычуань (Китай), магнитуда 7,9

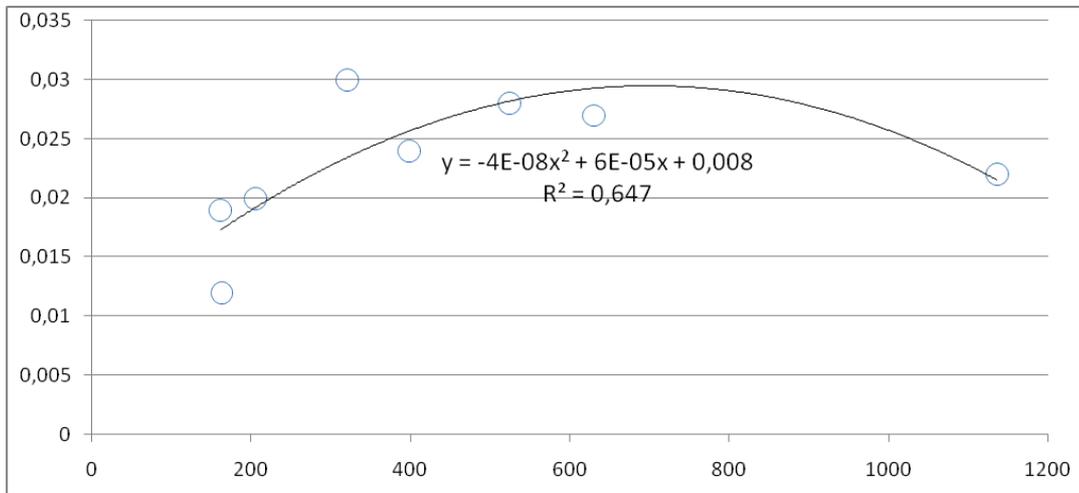


Рис. 4. 2009 г. – Италия, магнитуда 5,8

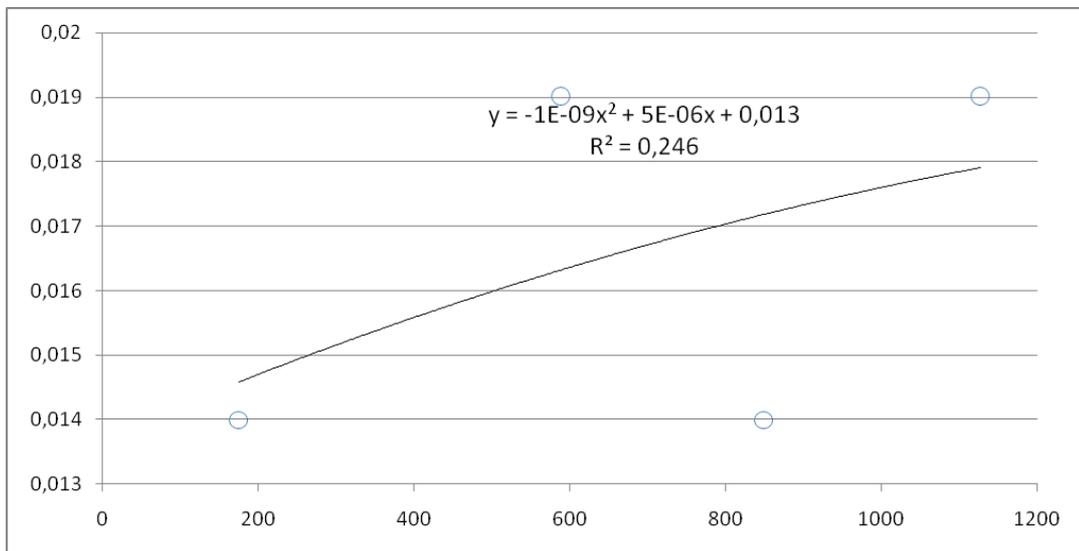


Рис. 5. 2009 г. – Индонезия, магнитуда 6,0

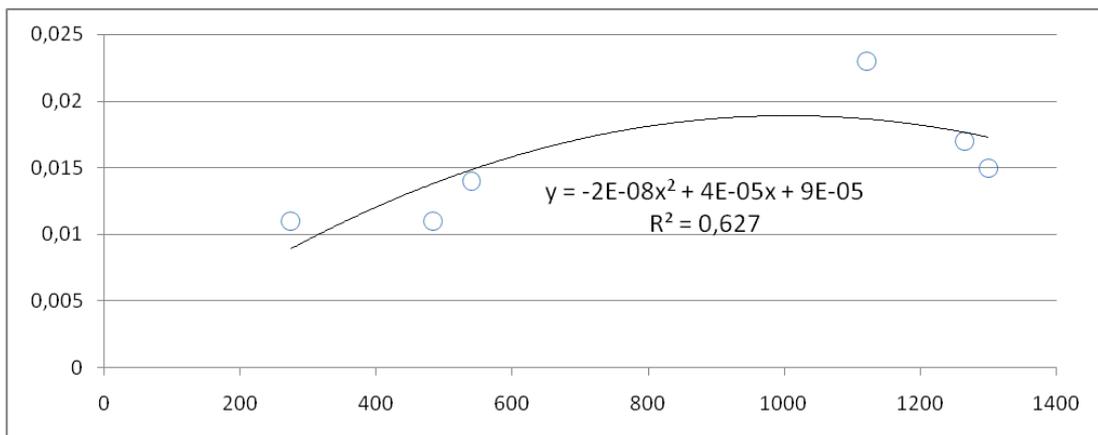


Рис. 6. 2010 г. – Гаити, магнитуда 7,0; 5,9

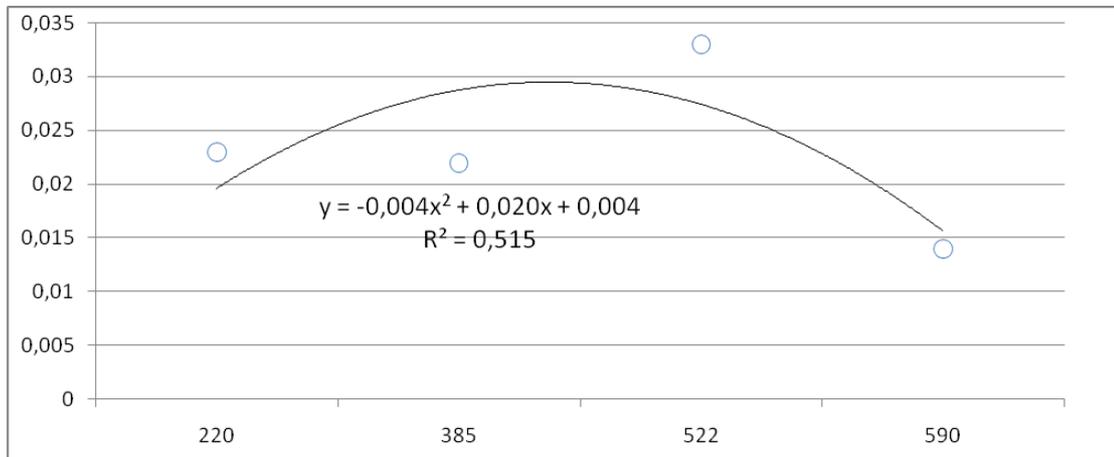


Рис. 7. 2010 г. – Чили, магнитуда 8,8

Качественная картина зависимости амплитуды поправки в зависимости удаленности точки наблюдения от эпицентра говорит о том, что ее значение сначала растет, достигает максимума, а затем падает. На рис.5. крайняя правая точка выделяется из общей картины. Это может быть следствием большой сейсмической активности в данном регионе. На рис. 6 самая верхняя точка соответствует метеостанции, расположенной поперек разлома земной коры.

Значительный разброс абсолютных значений максимальной поправки может быть обусловлен высотой метеостанции над уровнем моря, т.е. дополнительным влиянием жесткого космического излучения, конкретными метеоусловиями (наличие осадков, ветер), частотой сейсмических толчков и географией разлома.

Таким образом, расположение точек наблюдения играет существенную роль в оценке времени и координаты землетрясений.

Очевидно, что рассмотренный метод «поправки химического потенциала» имеет фундаментальное физическое обоснование. По результатам статистического анализа данных можно с уверенностью говорить о явной зависимости абсолютной величины поправки от удаленности.

Таким образом, после основательного статистического анализа метод «поправки химического потенциала» может быть эффективно использован не только в сети наземных метеостанций, но и в рамках космической группировки спутников класса «Метеор-М» или других, оснащенных устройствами МТВЗА-ГЯ (модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы – СВЧ радиометр), для глобального мониторинга предвестников землетрясений с достаточно точным указанием локализации эпицентра и сроков катаклизма.

Литература

1. Pulinet S., Boyarchuk K. Ionospheric precursors of earthquakes. Springer. 2004.
2. Боярчук К.А., Карелин А.В., Макриденко Л.А. Физические основы и приборы радиофизического мониторинга из космоса предвестников землетрясений и последствий радиоактивных загрязнений/ III Всероссийская научная конференция «Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике». Муром. 28.06-01.07.2010.
3. Зельдович Я.Б. К теории образования новой фазы кавитации// ЖЭТФ. 1942. Т. 12. Вып. 11-12. С. 524-538.
4. Shankar P.N. A kinetic theory of steady condensation// J. Fluid Mech. 1970. V. 40. N.5. p.p. 411-422.
5. Черняк В.Г., Маргилевский А.Е. Кинетическая теория испарения и

- конденсационного роста сферических частиц// ТВТ. 1980. Т. 18. № 5. С. 1032-1039.
6. Ивченко И.Н. Исследование конденсационного роста и испарения водяных капель в воздухе// ДАН СССР. 1984. Т. 274. № 3. С. 572-575.
7. Ивченко И.Н., Никишин В.А. Обобщение теории испарения сферических капель в диффузионном режиме// ДАН СССР. 1984. Т. 277. № 5. С. 1111-1114.
8. Русанов А.И., Куни Ф.М. К теории зародышеобразования на заряженных ядрах// Коллоидный журнал. 1982. Т. 54. № 5. С. 934-941.
9. Гордиец Б.Ф., Шелепин Л.А., Шмоткин Ю.С. Кинетика изотермических процессов гомогенной конденсации/ «Кинетика низкотемпературной плазмы и газовые лазеры», Труды ФИАН. 1984. Т. 145. С. 189-219.
10. Боярчук К.А., Карелин А.В., Широков Р.В. Базовая модель кинетики ионизированной атмосферы. М.: ВНИИЭМ. 2006.
11. Ферми Э. Термодинамика. Ижевск: Издательский дом Удмуртский университет, 1998.
12. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. М.: Изд-во МГУ, 1998.