

## Вариации вектора индукции в Северной Америке

© В. И. Бабак, И. И. Рокитянский, А. В. Терешин, 2014

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 7 июля 2014 г.

Представлено членом редколлегии В. Н. Шуманом

Представлено результаты обработки магнитовариационных данных 13 обсерваторий Північної Америки за 24 роки. Крім сезонної варіації векторів індукції, яка широко відома, виявлена 11-річна періодичність. Вона являє собою новий геофізичний феномен. Для пошуку сигналів-провісників землетрусів ці періодичні варіації повинні бути прийняті до уваги.

**Ключові слова:** вектор індукції Візе, 11-річна варіація вектора індукції, провісники землетрусів.

Тихоокеанское побережье Северной Америки является одной из наиболее сейсмоактивных зон и связана она с конвергенцией Восточно-Тихоокеанской и Северо-Американской литосферных плит. В этой сейсмоактивной зоне были зарегистрированы разрушительные землетрясения, что указывает на ее высокую сейсмоопасность и в будущем. Поэтому вопрос предсказания землетрясений в этом регионе достаточно актуален. К примеру, Геологическая служба США представила впечатляющие гидрологические данные [Sneed et al., 2003]: существенные аномалии уровня грунтовых вод были зарегистрированы перед землетрясением Нортридж (Northridge)  $M=6,7$  24.01.1996 и землетрясением  $M=7,8$  на разломе Данели (Аляска) 04.11.2002, причем эпицентр последнего находился на расстоянии от пунктов наблюдения в нескольких тысяч км.

Наиболее перспективными методами, применяемыми для мониторинга сейсмической активности и прогнозирования землетрясений, являются наземные электромагнитные наблюдения. Наряду с другими предвестниками землетрясений (сейсмическими, геодформационными, геохимическими, геотермальными, гидрогеологическими и др.) электромагнитные предвестники являются одними из наиболее чувствительных индикаторов изменения напряженно-деформированного состояния пород [Сараев и др., 2013].

Для выделения электромагнитных предвестников особенно перспективно использование функций отклика, которые позволяют уменьшить влияние внешнего поля и помех. Функции отклика (тензор импеданса  $[\zeta]$ , кажущееся сопротивление  $\rho_k$ , горизонтальный магнитный

тензор  $[M]$ , вектор индукции  $C$ ) обычно используют для определения распределения электропроводности в недрах Земли [Rokityansky, 1982]. Для изучения сигналов, предшествующих землетрясениям, активно используется вектор Визе  $C$ , в частности компоненты его действительной и мнимой составляющих  $A_u, B_u$  и  $A_v, B_v$  соответственно. Изменения вектора Визе были зафиксированы в Японии [Shiraki, Yanagihara, 1977], Китае [Zeng et al., 1998], Румынии [Kharin, 1982] перед сильными коровыми землетрясениями. Т. Рикитакэ [Rikitake, 1979] описал изменения компонент вектора индукции на обсерватории Sitka (SIT) в Северной Америке перед землетрясением 30 июля 1972 г.,  $M=7,6$  с эпицентром в 40 км от станции (рис. 1).

Предвестники землетрясений могут появляться за несколько дней, недель, месяцев до землетрясений. Однако для надежного выделения аперiodических предвестниковых сигналов необходимо учитывать влияние периодических изменений вектора Визе. К ним относятся суточные [Климкович, 2009; Rokityansky et al., 2012], месячные и годовые вариации [Мороз и др., 2006; Климкович, 2009; Rokityansky et al., 2012]. Как показывают результаты обработки станций Северной Америки, представленные ниже, к перечисленным периодическим вариациям необходимо добавить еще 11-летнюю.

Для обработки были взяты геомагнитные данные 13 обсерваторий США и Канады (см. рис. 1) с дискретностью 1 мин за период с января 1991 г. по апрель 2014 г. С помощью программы Т. А. Климкович [Климкович, 2009] за каждый день были получены значения компонент векторов индукции, которые усреднялись за каждый месяц. На рис. 2 представлены гра-

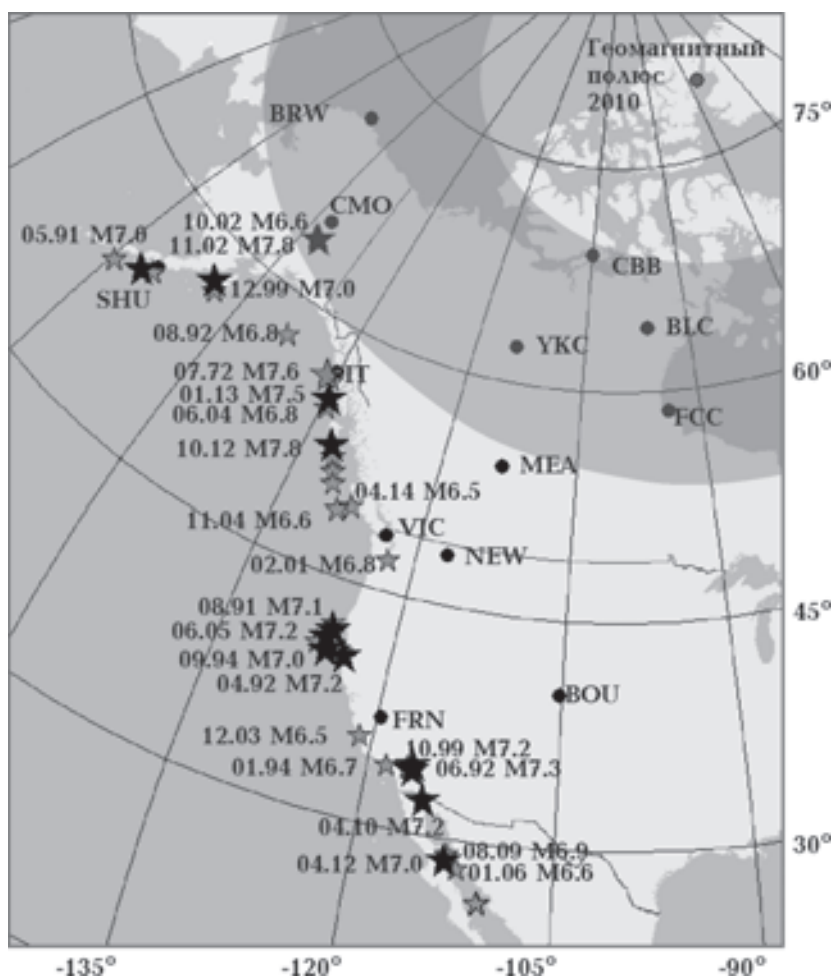


Рис. 1. Карта Северной Америки, где черными кружками нанесены геомагнитные обсерватории, малыми серыми звездочками — землетрясения с  $6,5 < M < 7$  с 1991 г., большими черными — землетрясения с  $M \geq 7$ . Указан месяц, год и магнитуда сейсмического события. Большая серая звезда — землетрясение Ситка 30 июля 1972 г. Серая широкая полоса — область полярных сияний.

фики полученных усредненных значений компонент  $S_u$ . Порядок графиков обсерваторий представлен в зависимости от их геомагнитных координат. По этим результатам можно сделать вывод, что вариации  $A_u$  и  $B_u$  на большей части станций имеют 11-летнюю периодичность и коррелируют с индексами солнечной активности  $R$  (числами Вольфа). Эти станции находятся в или около зоны полярных сияний, где изменчивость структуры внешнего источника сильнее, чем в средних широтах. Следует также отметить, что в левой колонке рис. 2 показаны графики для периодов 40—60 мин для тех станций, на которых 11-летняя вариация была наиболее выражена на длинных периодах. В правой колонке рис. 2 графики для станций, где эта вариация выделялась на коротких периодах, для иллюстрации был выбран диапазон периодов 5—10 мин. На рис. 3 представлены

графики для компонент мнимого вектора  $S_v$  для избранных восьми станций, которые наиболее четко коррелируют с изменениями чисел Вольфа за 24 года. Кроме 11-летней вариации выделяются и годовые вариации векторов. Наиболее отчетливо они видны на длинных периодах. Вертикальными линиями на графиках нанесены моменты землетрясений  $M > 6,5$  в радиусе менее 500 км от обсерваторий. Перед некоторыми из них на графиках можно видеть предвестниковые изменения компонент, например на станциях СМО и SIT. Однако для надежного их выделения необходимо отделить от полученных временных рядов периодические вариации разного происхождения, что планируется сделать в ближайшее время.

Таким образом, в решении проблемы прогноза землетрясений с помощью векторов индукции необходимо учитывать тот факт,

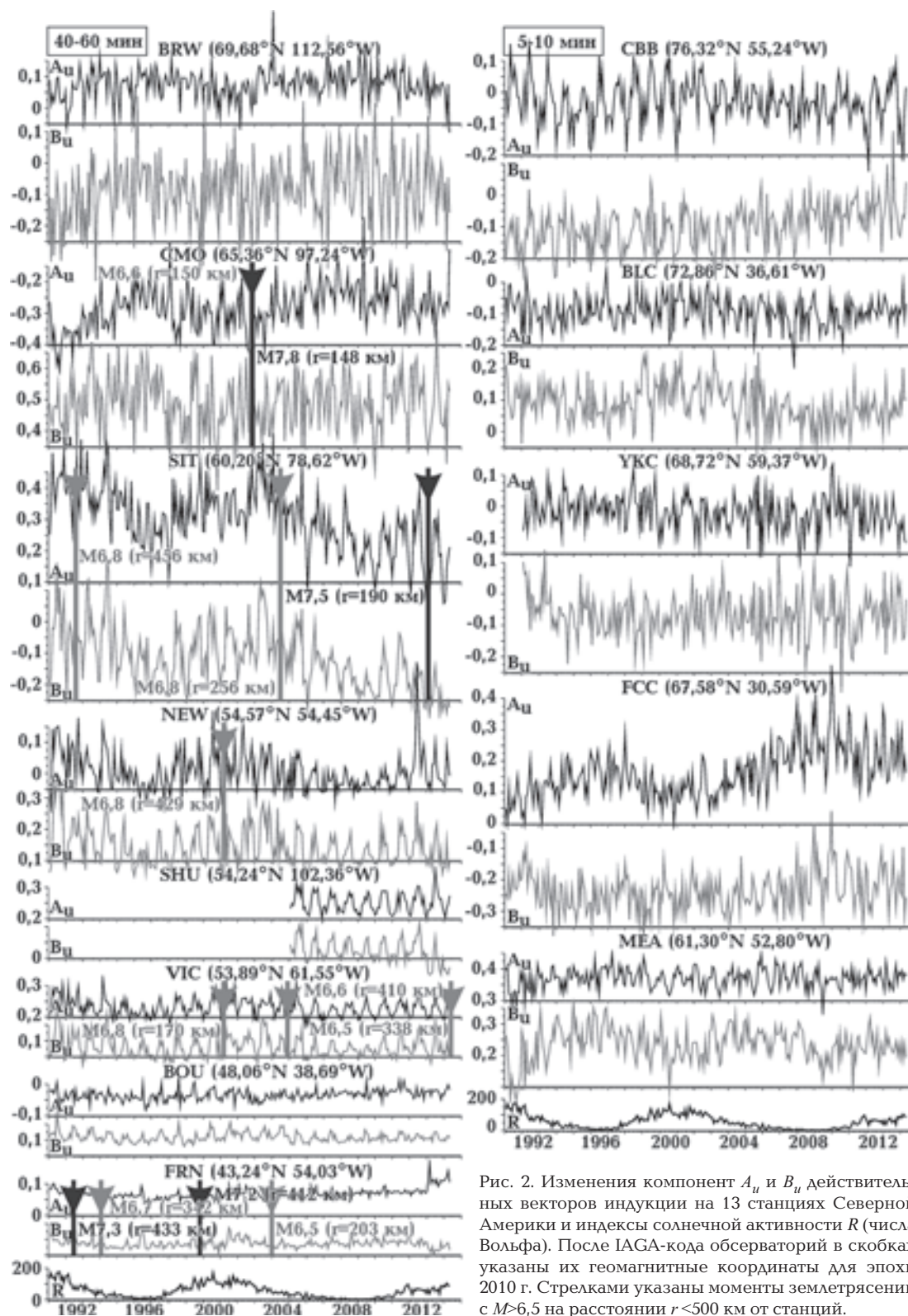


Рис. 2. Изменения компонент  $A_u$  и  $B_u$  действительных векторов индукции на 13 станциях Северной Америки и индексы солнечной активности  $R$  (числа Вольфа). После IAGA-кода обсерваторий в скобках указаны их геомагнитные координаты для эпохи 2010 г. Стрелками указаны моменты землетрясений с  $M > 6,5$  на расстоянии  $r < 500$  км от станций.

что они имеют не только суточные, месячные и годовые, но и 11-летние вариации. Для установления причин возникновения этих вари-

ций необходимо дальнейшее их исследование с более длительными временными рядами магнитовариационных данных станций,



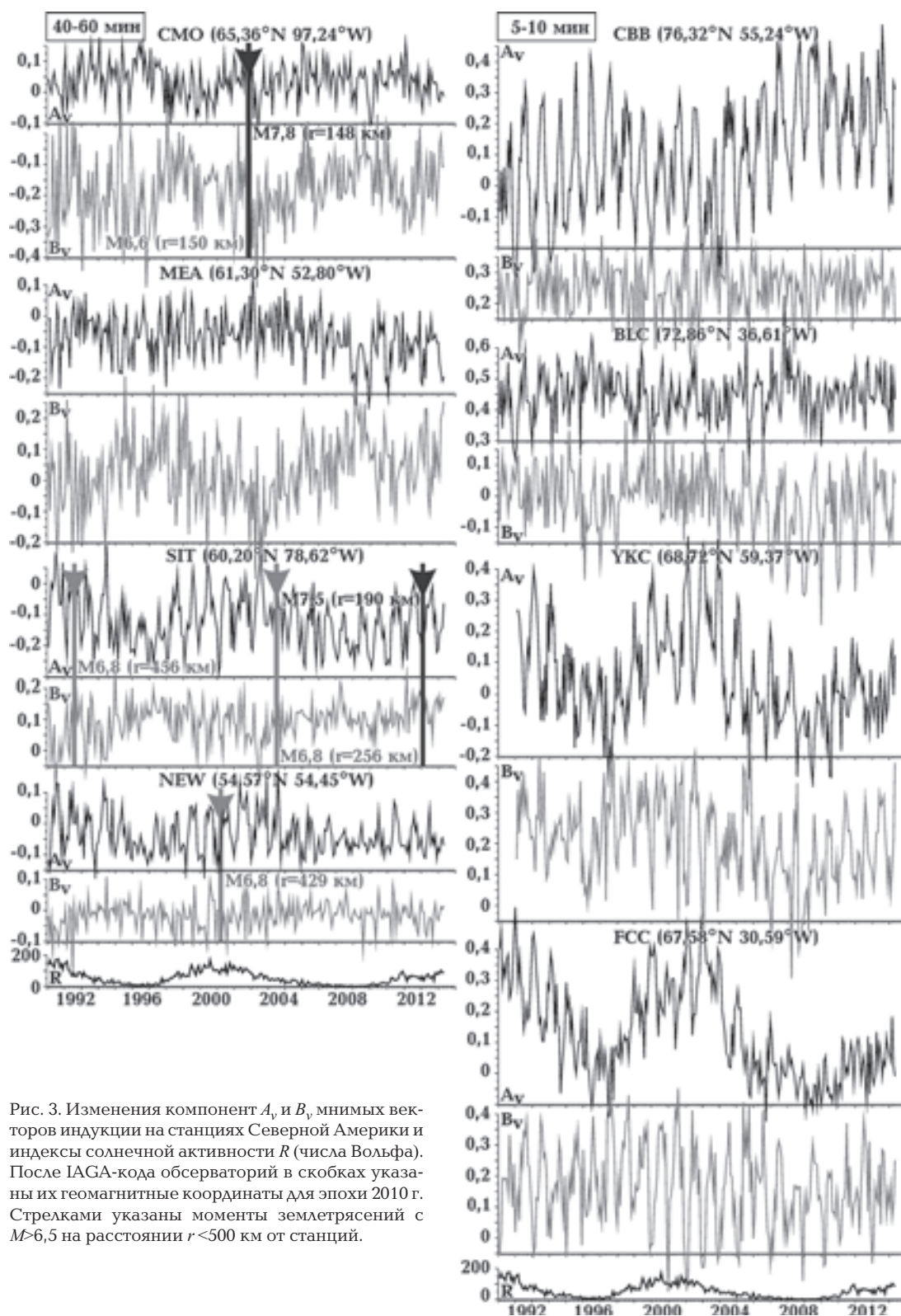


Рис. 3. Изменения компонент  $A_v$  и  $B_v$  мнимых векторов индукции на станциях Северной Америки и индексы солнечной активности  $R$  (числа Вольфа). После IAGA-кода обсерваторий в скобках указаны их геомагнитные координаты для эпохи 2010 г. Стрелками указаны моменты землетрясений с  $M > 6,5$  на расстоянии  $r < 500$  км от станций.

расположенных в разных уголках Земли.  
**Благодарность.** Авторы выражают благодарность сотрудникам геомагнитных обсер-

ваторий и Международной сети по сбору и хранению информации INTERMAGNET за предоставление качественных данных.

Список литературы

- Климкович Т. А. Особливості часових змін аномального магнітного поля та векторів індукції у закарпатському сейсмоактивному прогині: Дис. ... канд. фіз.-мат. наук. Київ, 2009. 195 с.
- Мороз Ю. Ф., Смирнов С. Э., Мороз Т. А. Результаты мониторинга вариаций геомагнитного поля на Камчатке. *Физика Земли*. 2006. № 3. С. 49—56.
- Сараев А. К., Анташук К. М., Симаков А. Е., Бакиров К. Б. Мультипараметрический мониторинг электромагнитных предвестников землетрясений в диапазоне частот 0,1—1 МГц. *Сейсмические приборы*. 2013. Т. 49. № 2. С. 5—26.
- Kharin E. P., 1982. Changes in transfer functions with time. *Geophys. Surv.* (4), 455—466.
- Rikitake T., 1979. Changes in the direction of magnetic vector of short-period geomagnetic variations before the 1972 Sitka, Alaska, Earthquake. *J. Geomag. Geoelectr.* (31), 441—448.
- Rokityansky I. I. 1982. Geoelectromagnetic investigation of the Earth's crust and upper mantle. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag, 381 p.
- Rokityansky I. I., Klymkovych T. A., Babak V. I., Isac A., 2012. Annual and diurnal variations of induction vectors in relation to geodynamic processes. *Geomatics, Natural Hazard and Risk* 3(3), 239—249.
- Shiraki M., Yanagihara K., 1977. Transfer function at Kakioka (Part II). Reevaluation of Their Secular Changes. *Memoirs of the Kakioka magnetic observatory* 17, 19—25.
- Sneed M., Galloway D. L., Cunningham W. L., 2003. Earthquakes — rattling the Earth's plumbing system. *U. S. Geological Survey, science for changing world*.
- Zeng X., Lin Y., Xu C., Zhao M., Zhao Y., 1998. Manual on the forecasting of natural disasters: geomagnetic methods. *UN International Workshop on Geomagnetic Methods, Beijing, China*, 12—18 February 1998, P. 147.

## Variations of induction vector in North America

© V. I. Babak, I. I. Rokityanskiy, A. V. Tereshyn, 2014

The results of the magnetovariational data processing of 13 observatories in North America for 24 years are presented. In addition to the annual variation of the induction vectors, which is widely known, 11-year periodicity is found. It is a new geophysical phenomenon. While looking for precursory signals associated with earthquakes, these periodic variations must be taken into account.

**Key words:** induction vector Wiese, 11-year variation of the induction vector, earthquakes precursors.

### References

- Klymkovych T. A., 2009. Peculiarities of temporal variations of anomalous magnetic field and induction vectors in the Transcarpathian seismic-active trough: Dr. phys.-math. sci., Kiev, 195 p. (in Ukrainian).
- Moroz Yu. F., Smirnov S. E., Moroz T. A., 2006. The results of monitoring of geomagnetic field variations in Kamchatka. *Fizika Zemli* (3), 49—56 (in Russian).
- Saraev A. K., Antaschuk K. M., Simakov A. E., Bakirov K. B., 2013. Multi-parameters monitoring of electromagnetic earthquake precursors frequency range 0,1—1 MHz. *Seismicheskie pribory* 49(2), 5—26 (in Russian).
- Kharin E. P., 1982. Changes in transfer functions with time. *Geophys. Surv.* (4), 455—466.
- Rikitake T., 1979. Changes in the direction of magnetic vector of short-period geomagnetic variations before the 1972 Sitka, Alaska, Earthquake. *J. Geomag. Geoelectr.* (31), 441—448.
- Rokityansky I. I. 1982. Geoelectromagnetic investigation of the Earth's crust and upper mantle. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag, 381 p.
- Rokityansky I. I., Klymkovych T. A., Babak V. I., Isac A., 2012. Annual and diurnal variations of induction vectors in relation to geodynamic processes. *Geomatics, Natural Hazard and Risk* 3(3), 239—249.
- Shiraki M., Yanagihara K., 1977. Transfer function at Kakioka (Part II). Reevaluation of Their Secular Changes. *Memoirs of the Kakioka magnetic observatory* 17, 19—25.
- Sneed M., Galloway D. L., Cunningham W. L., 2003. Earthquakes — rattling the Earth's plumbing system. *U. S. Geological Survey, science for changing world*.
- Zeng X., Lin Y., Xu C., Zhao M., Zhao Y., 1998. Manual on the forecasting of natural disasters: geomagnetic methods. *UN International Workshop on Geomagnetic Methods, Beijing, China*, 12—18 February 1998, P. 147.