

Я. Ф. АШКАЛИЕВ, А. С. КИМ, С. Н. МУКАШЕВА, Қ. Е. НҰРҒАЛИЕВА, О. И. СОКОЛОВА

(ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы,

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ
В ВАРИАЦИЯХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
В ПЕРИОДЫ АКТИВИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Аннотация

Работа посвящена выявлению аномальных сейсмамагнитных эффектов в вариациях параметров геомагнитного поля. Проведен анализ вариаций X, Y, Z-компонент, полного вектора F и горизонтальной составляющей H геомагнитного поля в периоды активизации сейсмических процессов. Изучены геомагнитные эффекты накануне землетрясений Алматинского сейсмоактивного региона на основе данных геомагнитной обсерватории «Алма-Ата» [43.2°N; 76.9°E]. Показано, что за 2-7 дней до землетрясения появляются возмущения с амплитудами 15-21 нТл. Расстояние, на котором можно зарегистрировать аномальные сейсмамагнитные эффекты, зависит от магнитуды и глубины расположения эпицентра землетрясения.

Область применения результатов: геофизика, сейсмология.

Ключевые слова: геомагнитное поле, сейсмическая активность.

Кілт сөздер: геомагнит өрісі, сейсмикалық белсенділік.

Key words: geomagnetic field, seismic activity.

Проявление сейсмических процессов в той или иной оболочке Земли протекает по-разному и требует, как правило, длительного наблюдения. Анализ существующих экспериментальных результатов и физических моделей литосферно-ионосферной связи на заключительной стадии подготовки землетрясений показал, что аномальные электромагнитные эффекты над областью подготовки сильных землетрясений за несколько дней перед ними проявляются как неоднородности со специфической динамикой развития. Отмеченная связь, обусловленная дискретной структурой земной коры, существует и вне заметной сейсмической активности, но становится более существенной перед землетрясениями и сразу после них [1-9].

Несмотря на высокий уровень развития современных технологий, эффективность прогнозирования землетрясений остается весьма низкой. Проблема краткосрочного и оперативного прогноза землетрясений была и остается одной из важнейших нерешенных проблем геофизики, и цена этой проблемы возрастает с каждым годом. В данной работе для исследования вариаций параметров геомагнитного поля в периоды активизации сейсмических процессов нами выбраны следующие события [10]:

1) землетрясение 10 декабря 2010 г. в 02 ч 34 мин UT (08 ч 34 мин LT), магнитуда $m_b = 3.6$ (m_b – магнитуда, определяемая по объемным волнам); энергетический класс, $K = 9.0$; глубина 1.5 км. Эпицентр [42.94°N; 76.57°E] находился в 44 км к юго-западу от г. Алматы. Землетрясение ощущалось на территории г. Алматы с интенсивностью 3 балла.

2) землетрясение 11 августа 2011 г. в 10 ч 06 мин UT (16 ч 06 мин LT), магнитуда $m_b = 5.3$; энергетический класс 12. Эпицентр [40.12°N; 77.18°E] находился на территории Китая в 350 км к югу от г. Алматы. Землетрясение ощущалось на территории г. Алматы с интенсивностью 2 балла.

3) землетрясение 28 октября 2011 г. в 13 ч 37 мин UT (19 ч 37 мин LT), магнитуда $m_{prv} = 4.4$ (m_{prv} – магнитуда, определяемая по продольной волне); энергетический класс 10.7. Эпицентр [42.15°N; 77.53°E] находился в 130 км на юго-востоке от г. Алматы. Землетрясение ощущалось на территории г. Алматы с интенсивностью 2–3 балла.

4) землетрясение 4 апреля 2012 г. в 14 ч 21 мин UT (20 ч 21 мин LT), магнитуда $m_b = 4.1$; энергетический класс 10; глубина 10 км. Эпицентр [41.81°N; 79.68°E] находился на границе Кыргызстана и Китая в 280 км к юго-востоку от г. Алматы.

5) землетрясение 15 апреля 2012 г. в 02 ч 56 мин UT (08 ч 56 мин LT), магнитуда $m_b = 3.3$; энергетический класс 7.5; глубина 2 км. Эпицентр [43.02°N; 77.87°E] находился в 84 км к востоку от г. Алматы.

6) землетрясение 18 апреля 2012 г. в 14 ч 48 мин UT (20 ч 48 мин LT), магнитуда $m_b = 5.1$; энергетический класс 11.3; глубина 0 км. Эпицентр [39.99°N; 76.94°E] находился на территории Китая в 352 км к югу от г. Алматы. Землетрясение ощущалось на территории г. Алматы с интенсивностью 2 балла.

Для выбранных шести землетрясений, расположенных на расстоянии не более 352 км от г. Алматы, подготовлены массивы минутных и усредненных часовых значений по X, Y, Z-компонентам, полному вектору F и горизонтальной составляющей H геомагнитного поля по данным обсерватории «Алма-Ата» [43.2°N; 76.9°E]. Минутные значения рассчитывались из секундных значений с применением гауссова фильтра (Gaussian filter). Геомагнитная обсерватория «Алма-Ата» – единственная в Центральноазиатском регионе, входящая в международную сеть геомагнитных измерений INTERMAGNET. Данные геомагнитной обсерватории представляются в режиме реального времени, отвечают международным стандартам сети INTERMAGNET.

В период с 23 ноября по 13 декабря 2010 г., включающий землетрясение 10 декабря 2010 г. (02 ч 34 мин UT), присутствуют возмущения с периодами от 2 до 5 суток, с амплитудами до 20 нТл в вариациях X-компоненты, горизонтальной

составляющей H и полного вектора магнитного поля F . Спектральный анализ показал наличие флуктуаций с периодами от 3 до 6 часов, с амплитудами до 11 нТл.

Аналогичные сейсмомагнитные аномальные эффекты (СМЭ) отмечаются и в других работах. Так, в [11] экспериментальные исследования на геофизических станциях Шеки-Шамахинского полигона позволили установить, что СМЭ проявляется в виде бухтообразных (в ряде случаев пиковых) изменений намагниченности на завершающей стадии подготовки землетрясения. Продолжительность аномалии от 120 до 360 ч, период и амплитуда СМЭ составляет, как правило, $2\div 3$ дня и $20\div 40$ нТл, соответственно. Радиус зоны проявления СМЭ для землетрясений магнитудой $M = 4,5\div 6,5$ находится в пределах $150\div 1000$ км и зависит от энергетического класса землетрясения [11].

Анализ изменчивости часовых значений относительных вариаций параметров геомагнитного поля в период с 10 по 12 августа 2011 г., включающий землетрясение 11 августа 2011 г. в 10 ч 06 мин UT ($m_b=5.3$; $K=12$), эпицентр $[40.12^\circ N; 77.18^\circ E]$ которого находился на территории Китая в 350 км к югу от г. Алматы, показал, что относительные вариации X , Y , Z -компонент в день землетрясения (11 августа) показывают увеличение на ~ 20 нТл по dX -компоненте, на ~ 15 нТл по dY -компоненте и уменьшение на ~ 20 нТл по dZ -компоненте за 8 часов до землетрясения относительно вариаций в предыдущий (10 августа) и последующий день (12 августа). Соответственно, изменчивость горизонтальной составляющей H геомагнитного поля в период с 02-09 UT показывает уменьшение на ~ 20 нТл за 8 часов до землетрясения.

В период с 26 по 28 октября 2011 г., включающий землетрясение 28 октября 2011 г. в 13 ч 37 мин UT ($m_{pv} = 4.4$; $K = 10.7$), эпицентр $[42.15^\circ N; 77.53^\circ E]$ которого находился в 130 км на юго-востоке от г. Алматы, вариации dY -компоненты не показывают изменчивость ото дня ко дню, за исключением увеличения на ~ 20 нТл продолжительностью два часа 26 октября с 03 UT до 05 UT. Уровень вариаций dX -компоненты в день землетрясения (28 октября) на $\sim 18\div 20$ нТл выше, чем в предыдущие два дня. Соответственно, уровень горизонтальной составляющей H геомагнитного поля в день землетрясения (28 октября) на $\sim 18\div 20$ нТл ниже, чем в предыдущие два дня.

Далее детально проанализирован период с 1 по 22 апреля 2012 г. содержащий следующие события:

– землетрясение 1 апреля 2012 г. в 01 ч 43 мин UT ($m_b = 3.9$; $K = 9$), эпицентр $[42.40^\circ N; 73.05^\circ E]$ которого находился на границе Казахстана и Кыргызстана и Китая, в 300 км к западу от г. Алматы;

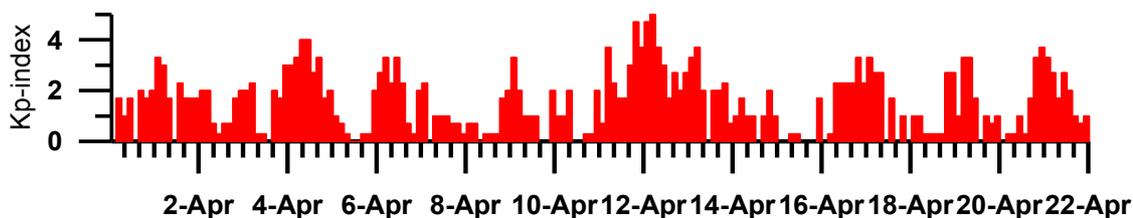
– землетрясение 4 апреля 2012 г. в 14 ч 21 мин UT ($m_b = 4.1$; $K = 10$; $h = 10$ км), эпицентр $[41.81^\circ N; 79.68^\circ E]$ которого находился на границе Кыргызстана и Китая в 280 км к юго-востоку от г. Алматы;

– землетрясение 15 апреля 2012 г. в 02 ч 56 мин UT ($m_b = 3.3$; $K = 7.5$; $h = 2$ км), эпицентр $[43.02^\circ N; 77.87^\circ E]$, которого находился в 84 км к востоку от г. Алматы.

– землетрясение 18 апреля 2012 г. в 14 ч 48 мин UT ($m_b = 5.1$; $K = 11.3$; $h = 0$ км), эпицентр $[39.99^\circ\text{N}; 76.94^\circ\text{E}]$ которого находился на территории Китая в 352 км к югу от г. Алматы.

На рисунке *a* показаны вариации планетарного Kp-индекса за рассматриваемый период, состояние магнитного поля в зависимости от Kp-индекса можно приблизительно охарактеризовать следующим образом: $K_p \leq 2$ – спокойное; $K_p = 2 \div 3$ – слабо возмущенное; $K_p = 4$ – возмущенное; $K_p = 5$ – магнитная буря; $K_p = 6$ – большая магнитная буря; $K_p \geq 7$ – очень большая магнитная буря. По данным геомагнитной обсерватории «Алма-Ата», в период с 1 по 22 апреля 2012 г. произошли следующие магнитные бури: 1) малая магнитная буря продолжительностью 12 часов (5 апреля с 06 ч UT до 19 ч UT); 2) малая магнитная буря продолжительностью 9 часов (7 апреля с 06 ч UT до 15 ч UT); 3) малая магнитная буря продолжительностью 6 часов (12 апреля с 03 ч UT до 09 ч UT); 4) большая магнитная буря продолжительностью 21 час (с 15 ч UT 12 апреля до 12 ч UT 13 апреля). На рисунке *б* приведены вариации часовых значений X-компоненты геомагнитного поля по данным обсерватории «Алма-Ата» (красная кривая – текущие значения; зеленая кривая – усредненные за геомагнитно-спокойные дни (с 19 по 22 апреля) значения).

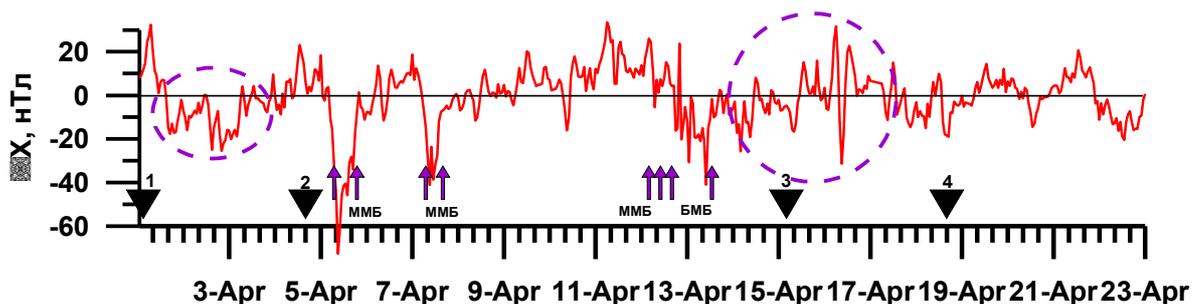
На рисунке *в* приведены отклонения $\Delta X = X_t - X_{\text{уср}}$, фиолетовым пунктирным овалом выделены ано-мальные участки, предшествующие землетрясениям. Анализировалась изменчивость ото дня ко дню минутных значений X-компоненты в период с 1 по 4 апреля 2012 г. Перед землетрясением 4 апреля 2012 г. в 14 ч 21 мин UT ($m_b = 4.1$; $K = 10$; $h = 10$ км) отмечается понижение на $20 \div 25$ нТл за сутки до землетрясения. Период перед землетрясением 15 апреля 2012 г. в 02 ч 56 мин UT ($m_b = 3.3$; $K = 7.5$; $h = 2$ км) был магнитовозмущенным: малая магнитная буря сменилась через 6 часов большой магнитной бурей, выделить в



a



б



6

a – изменчивость Кр-индекса; *б* – вариации X-компоненты;

в – вариации ΔX ; треугольниками указаны моменты землетрясений; фиолетовыми стрелками – геомагнитные бури.

Вариации часовых значений X-компоненты геомагнитного поля по данным обсерватории «Алма-Ата» и Кр-индекса

в период с 1 по 22 апреля 2012 г.

этот период сейсмо-магнитосферные эффекты считается не возможным. Землетрясению 18 апреля 2012 г. в 14 ч 48 мин UT ($m_b=5.1$; $K=11.3$; $h=0$ км) предшествуют резкие изменения хода X-компоненты геомагнитного поля, амплитуда которых достигает $\sim 18 \div 25$ нТл.

В суточном ходе минутных значений Y-компоненты с 15 UT до 22 UT наблюдаются квазипериодические возмущения длительностью 1÷2 часа, амплитудой $\sim 15 \div 19$ нТл перед землетрясением 4 апреля 2012 г. Изменчивость ото дня ко дню в период с 14 по 18 апреля 2012 г. в пределах нормы около $\sim 5 \div 7$ нТл, однако за сутки до землетрясения 17 апреля с 18 UT до 21 UT отмечается увеличение продолжительностью 3 часа и амплитудой $\sim 19 \div 21$ нТл.

В изменчивости ото дня ко дню минутных значений Z-компоненты наблюдаются отклонения порядка $\sim 19 \div 21$ нТл в период с 06 UT до 11 UT. Вариации полного вектора F геомагнитного поля складываются из вариаций всех компонент геомагнитного поля, поэтому они слабо выражают аномальные сейсмомагнитные явления. Спектральный анализ за указанный период не выявил определенной периодичности в суточных отклонениях параметров геомагнитного поля, что свидетельствует об отсутствии регулярного механизма, ответственного за аномальные вариации X, Y, Z-компонент геомагнитного поля.

Таким образом, для землетрясений разной интенсивности изучены вариации X, Y, Z-компонент и полного вектора геомагнитного поля F, показано: перед землетрясениями за 2–7 дней геомагнитное поле становится нестабильным, появляются флуктуации с размахом от 15–21 нТл. Величина аномальных сейсмомагнитных эффектов зависит от магнитуды и глубины расположения эпицентра землетрясения.

Работа выполнялась по проекту «Разработать математические модели и исследовать литосферно-ионосферные процессы в период активизации геодинамических явлений».

ЛИТЕРАТУРА

1 Курскеев А.К. Проблемы прогнозирования землетрясений. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 264 с.

2 Узбекиев Н.Б. Вариации геомагнитного поля в связи с прогнозом землетрясений в северном Тянь-Шане: Канд. дис. ... кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы. – 2011. – 120 с.

3 Бахмутов В.Г., Седова Ф.И., Мозговая Т.А. Морфологические признаки в структуре геомагнитных вариаций в период подготовки сильнейшего землетрясения 25 марта 1998 г. в Антарктиде // Украинский антарктический журнал. – 2003. – № 1. – С. 54-60.

4 Зайцев А.Н. Космическая среда вокруг нас. Глава 5. Вариации магнитного поля Земли как информационная основа исследований окружающего космического пространства ИЗМИРАН-Троицк // <http://www.izmiran.ru/ftp/-2006-15c>.

5 Гульельми А.В., Зотов О.Д. Явление синхронизма в динамической системе магнитосфера-техносфера-литосфера // Физика Земли. – 2012. № 6. – С. 23-33.

6 Hayakawa Masashi, Hattori Katsumi, Ohta Kenji Monitoring of ULF (ultra-low-frequency) Geomagnetic Variations Associated with Earthquakes // SENSORS. ISSN 1424-8220 © 2007 by MDPI www.mdpi.org/sensors. – 2007. – № 7. – P. 1108-1122.

7 Hayakawa M. On the fluctuation spectra of seismo-electromagnetic phenomena // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2011. № 11. – P. 301-308.

8 Гульельми А.В., Зотов О.Д. О магнитных возмущениях перед сильными землетрясениями // Физика Земли. – 2012. – № 2. – С. 84-87.

9 Сайт ЦСОСЦИИ ИГИ НЯЦ РК <http://www.kndc.kz>

10 Рзаев А.Г., Етирмишли Г.Д., Маммедли Т.Я. Состояние геомагнитных сейсмопрогностических исследований на шеки-шамахинском полигоне Азербайджана // Республиканский Центр Сейсмологической Службы Национальной академии наук Азербайджана // STDU-Viewer-2006-Геомагнитные.pdf. – 8 с.

REFERENCES

1 Kurskeev A.K. Problemy prognozirovaniya zemletrjasenij. – Alma-Ata: Nauka, 1990. – 264 s.

2 Uzbekov N.B. Variacii geomagnitnogo polja v svjazi s prognozom zemletrjasenij v severnom Tjan'-Shane: Kand. dis. ... kandidata fiziko-matematicheskikh nauk po special'nosti 25.00.29 – fizika atmosfery i gidrosfery. – 2011. – 120 s.

3 Bahmutov V.G., Sedova F.I., Mozgovaja T.A. Morfologicheskie priznaki v strukture geomagnitnyh variacij v period podgotovki sil'nejshego zemletrjasenija 25 marta 1998 g. v Antarktide // Ukrainskij antarkticheskij zhurnal. – 2003. – № 1. S. 54-60.

4 Zajcev A.N. Kosmicheskaja sreda vokrug nas. Glava 5. Variacii magnitnogo polja Zemli kak informacionnaja osnova issledovanij okruzhajushhego kosmicheskogo prostranstva IZMIRAN-Troick // <http://www.izmiran.ru/ftp/-2006-15s>.

5 Gul'el'mi A.V., Zotov O.D. Javlenie sinhronizma v dinamicheskoy sisteme magnitosfera-tehnosfera-litosfera // Fizika Zemli. – 2012. – № 6. – S. 23-33.

6 Hayakawa Masashi, Hattori Katsumi, Ohta Kenji Monitoring of ULF (ultra-low-frequency) Geomagnetic Variations Associated with Earthquakes // SENSORS. ISSN 1424-8220 © 2007 by MDPI www.mdpi.org/sensors. – 2007. – № 7. – R. 1108-1122.

7 Hayakawa M. On the fluctuation spectra of seismo-electromagnetic phenomena // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2011. – № 11. – R. 301-308.

8 Gul'el'mi A.V., Zotov O.D. O magnitnyh vozmushhenijah pered sil'nymi zemletrjasenijami // Fizika Zemli. – 2012. № 2. – S. 84-87.

9 Sajt CSOSSII IGI NJaC RK <http://www.kndc.kz>

10 Rzaev A.G., Etirmishli G.D., Mammedli T.Ja. Sostojanie geomagnitnyh sejsmoprognozticheskikh issledovanij na sheki-shamahinskom poligone Azerbajdzhana // Respublikanskij Centr Sejsmologicheskoy Sluzhby Nacional'noj akademii nauk Azerbajdzhana // STDU-Viewer-2006-Geomagnitnye.pdf. – 8 с.

Резюме

Я. Ф. Ашкалиев, А. С. Ким, С. Н. Мұқашева, Қ. Е. Нұрғалиева, О. И. Соколова

(«Ионосфера институты» ЕЖШС, г. Алматы;

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

СЕЙСМИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІҢ БЕЛСЕНУ КЕЗЕҢДЕРІНДЕГІ ГЕОМАГНИТ ӨРІСІ

ПАРАМЕТРЛЕРІ ТҮРЛЕНУІНІҢ ЛОКАЛДЫ АУЫТҚУЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыс геомагнит өрісі параметрлерінің ауытқуындағы аномалды сейсмомагнитті әсерлерін анықтауға бағытталған. Сейсмикалық үдерістердің белсену кезеңдерінде H геомагнит өрісінің көлденең құраушысының және толық вектор F мен оның X , Y , Z -

компоненттерінің ауытқуының талдауы жасалды. «Алма-Ата» [43.2°N; 76.9°E] геомагнит обсерваторисының мәліметтеріне сүйене отырып, Алматы сейсмобелсенді аумағындағы жерсілкіністердің алдында болған геомагнитті әсерлер зерттелді. Жерсілкініс алдында 2–7 күн бұрын амплитудасы 15-21 нТл ұйытқұлар пайда болатыны көрсетілді. Аномальді сейсмомагнитті әсерлердің тіркелуі жерсілкініс эпицентрі мен оның магнитудасы және тереңдігіне тәуелді екендігі көрсетілді.

Нәтижелерді қолдану аумағы: геофизика, сейсмология.

Кілт сөздер: геомагнит өрісі, сейсмикалық белсенділік.

Summary

Ya. F. Ashkaliyev, A. S. Kim, S. N. Mukasheva, K. E. Nurgaliyeva, O. I. Sokolova

(«Institute of an ionosphere», Almaty;

al-Farabi Kazakh national university, Almaty)

INVESTIGATION OF LOCAL DISTURBANCES IN GEOMAGNETIC FIELD PARAMETERS

VARIATIONS AT THE PERIOD OF ACTIVATION OF SEISMIC PROCESSES

The work covers exposure of anomaly seismic-magnetic effects in geomagnetic field parameters variation. The analysis of total vector F and its X , Y , Z -components and horizontal component of H geomagnetic field was done. The geomagnetic effects before earthquakes in Almaty seism active region on the basis of data from geomagnetic observatory “Alma-Ata” [43.2°N; 76.9°E] was studied. It was shown that 2-7 days before earthquakes the disturbances with amplitude 15-21 nT. The distance on which the anomaly seism-magnetic effects could be registered depend on magnitude and depth of epicenter of earthquake.

The area of results applications: geophysics, seismology.

Key words: Geomagnetic field, seismic activity.

Поступила 27.03.2013г.