

Поле атмосфериков и сейсмическая активность

Алексей Галахов

На основе архивных экспериментальных данных АЧХ поля атмосфериков, полученных на авроральных обсерваториях ПГИ (Ловозеро и Баренцбург), и сейсмических архивных данных Kahramanmaraş (Турция) в статье показано, что вариации АЧХ как для пространственных, так и для поверхностных волн поля атмосфериков при суточном усреднении совпадают с временными вариациями сейсмической активности. Следует отметить, что в данной работе были использованы только те данные, которые получены, когда исследуемая область находилась в тени Солнца, чтобы исключить её влияние на параметры волновода Земля – ионосфера. Высказано предположение, что фактор, влияющий на указанные явления, имеет одну и ту же природу – магнитное поле Земли.

Предложенная в статье тематика вызвана остротой положения в области сейсмических исследований, которое проявилось катастрофическими последствиями землетрясений [Турция, Сирия (февр. 2023)]. Печальные последствия землетрясений показали,

что в мире отсутствует надёжный прогноз и оповещение этих разрушительных природных явлений.

Введение

В популярной научной литературе было отмечалось, что одним из многих

факторов, влияющих на землетрясения, является сложная планетарная структура магнитного поля, окружающего Землю.

В 1983 г. появились научные работы [1, 2], связанные с тематикой природы естественных электромагнитных излучений КНЧ-ОНЧ диапазона (0,3 ÷ 7,5 кГц) и сейсмической активностью. Авторами [2] показана возможность экспериментального обнаружения по спутниковым данным электромагнитного низкочастотного излучения над эпицентральной областью готовящегося землетрясения. В частности, обнаружено аномальное возрастание низкочастотных излучений в верхней ионосфере за несколько часов до и после сильных землетрясений.

Цель данной работы состоит в том, чтобы дополнить имеющийся науч-

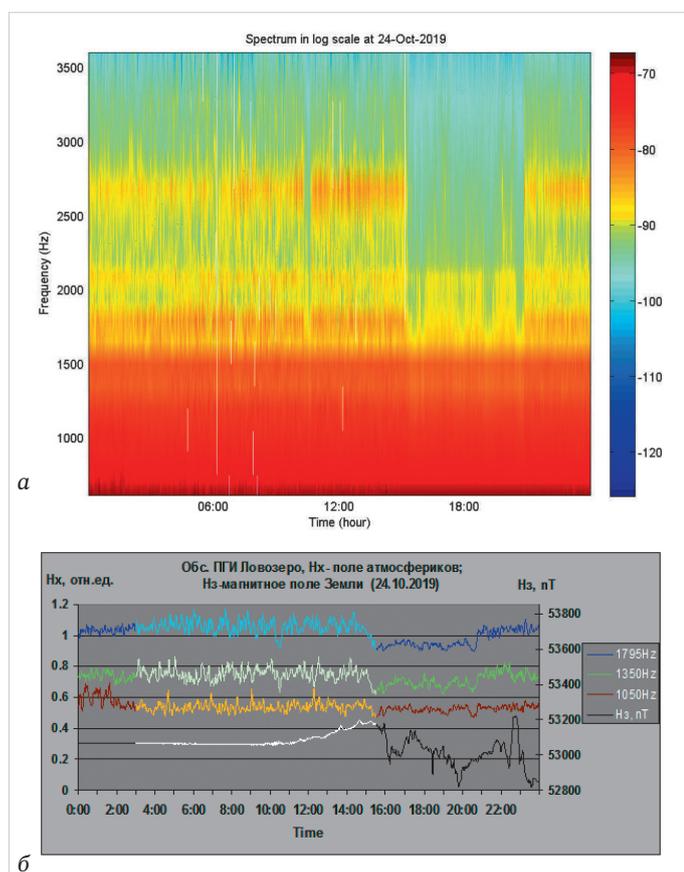


Рис. 1. Синхронная суточная запись (24.10.2019) АЧХ магнитной Hx-компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Ловозеро) и магнитного поля Земли – Hz (обс. Соданкюля, Финляндия) [8]: а) сонограмма п. а.; б) АЧХ п. а. и магнитограмма Hz поля Земли

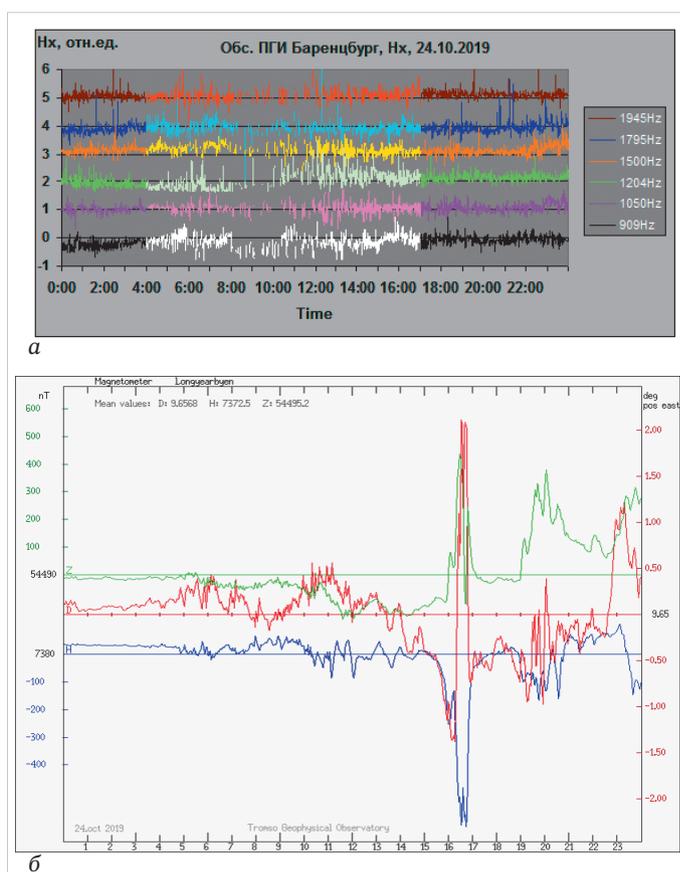


Рис. 2. Синхронная суточная запись АЧХ поля атмосфериков и магнитного поля Земли (арх. Шницберген): а) АЧХ поля атмосфериков, Hx-компонента (обс. ПГИ Баренцбург, арх. Шницберген); б) магнитограмма поля Земли (обс. Лонгьербуен, Норвегия, арх. Шницберген) [9]

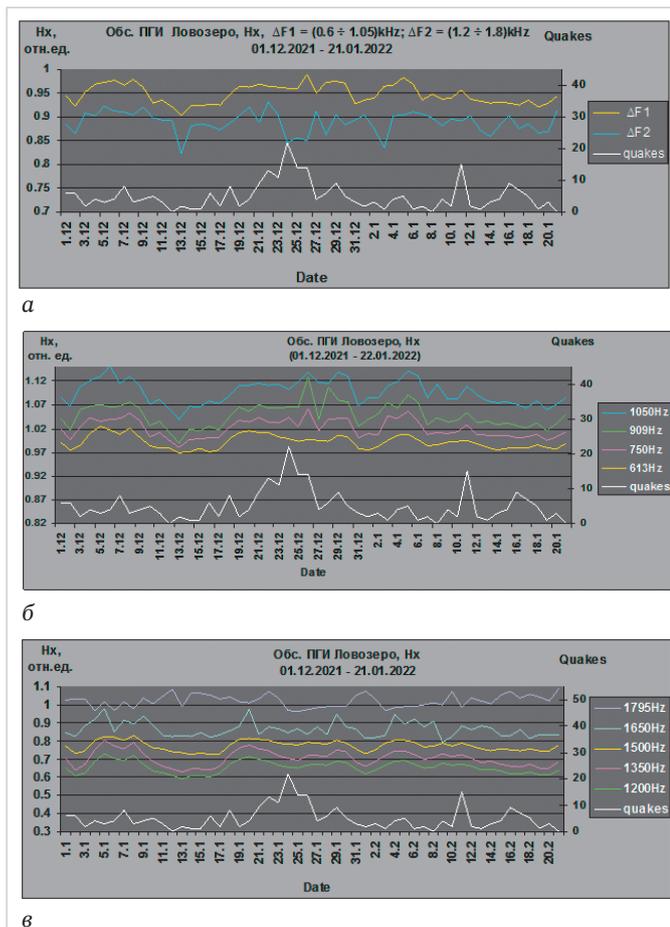


Рис. 3. Синхронная запись АЧХ магнитной H_x -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Ловозеро, Мурманская обл.) и сейсмической активности «quakes» (Kahramanmaras, Turkey): а) $\Delta F1 = (0,6 \pm 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \pm 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.; б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц

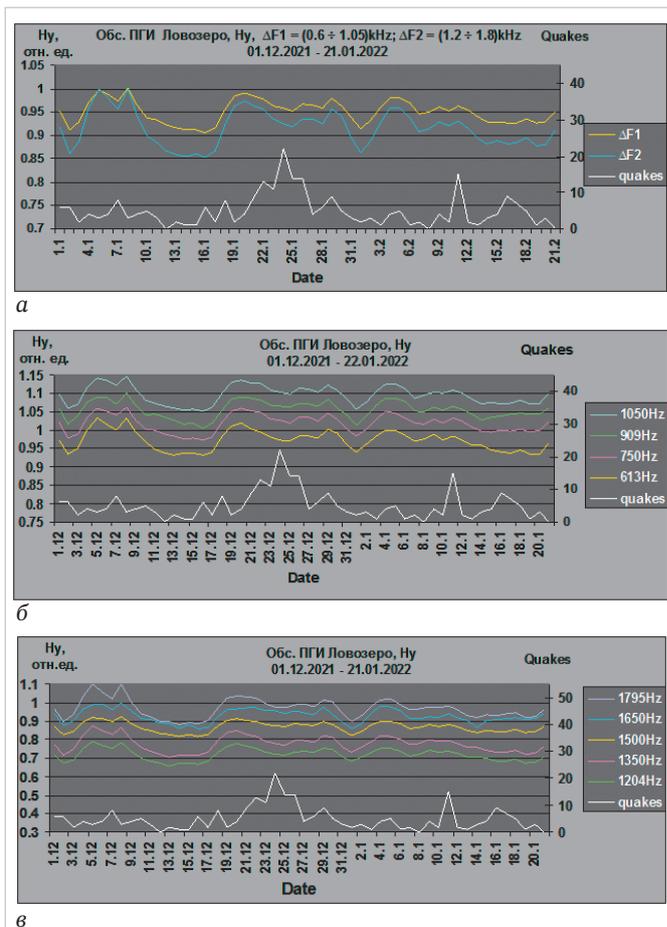


Рис. 4. Синхронная запись АЧХ магнитной H_y -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Ловозеро, Мурманская обл.) и сейсмической активности «quakes» (Kahramanmaras, Turkey): а) $\Delta F1 = (0,6 \pm 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \pm 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.; б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц

ный материал по сейсмологии дополнены экспериментальными данными, связанными с вариациями АЧХ поля атмосфериков и сейсмической активностью Земли.

Статья построена на основе экспериментальных данных АЧХ поля атмосфериков, полученных на обсерваториях ПГИ, и архивных данных сейсмической активности (Turkey, Kahramanmaras) [3] и не претендует на их научную интерпретацию.

Поле атмосфериков – это сигнал, формируемый спектром излучаемых молнией волн, который имеет интерференционный характер, обусловленный суперпозицией прямой волны, распространяющейся вдоль поверхности Земли, и волн, отражённых от ионосферы [4]

Известно [5], что спектральные характеристики поля атмосфериков (п. а.) позволяют получать информацию как о свойствах распространения

радиоволн, входящих в их спектр, так и о свойствах среды распространения сигнала, какой является волновод Земля – ионосфера.

Основными факторами, влияющими на АЧХ поля атмосфериков, являются солнечная активность (корональные выбросы, электромагнитное излучение) и вариации магнитного поля Земли [4].

Экспериментальные результаты (рис. 1, 2), полученные на разнесённых по широте авроральных обсерваториях ПГИ Ловозеро (67,97N, 35,08E) и Баренцбург (78,08N, 14,22E), подтверждают известный факт, что геомагнитное поле существенно влияет на свойства волновода Земля – ионосфера на ночной стороне и почти не влияет на дневной [5].

В отличие от обс. Ловозеро (рис. 1 а, б), где наблюдается широкополосное поглощение сигнала п. а. в диапазоне частот $\Delta F = (1050 \div 3600)$ Гц,

на обс. Баренцбург (рис. 2а) наблюдаются вариации критической частоты волновода $F_{кр} \approx (1204 \div 1795)$ Гц.

Различная реакция АЧХ поля атмосфериков, одновременно зарегистрированного на двух обсерваториях, отражает сложную структуру магнитного поля Земли: наличие областей замкнутых силовых линий и областей разомкнутых силовых линий на широтах [6].

Светлый оттенок приведённых графиков (рис. 1а, 2а) отображает отрезок времени, когда область наблюдений п. а. была освещена Солнцем.

Экспериментальные результаты

В данной работе использованы архивные сейсмические данные Kahramanmaras (Турция, 38,06°N/36,537°E) [1] и архивные данные поля атмосфериков, зарегистрированных на обс. ПГИ Ловозеро (Мурман-



Рис. 5. Синхронная запись АЧХ магнитной H_x -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Баренцбург, арх. Шпицберген) и сейсмической активности «quakes» (Kahramanmaras, Turkey): а) $\Delta F1 = (0,6 \div 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \div 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.; б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц

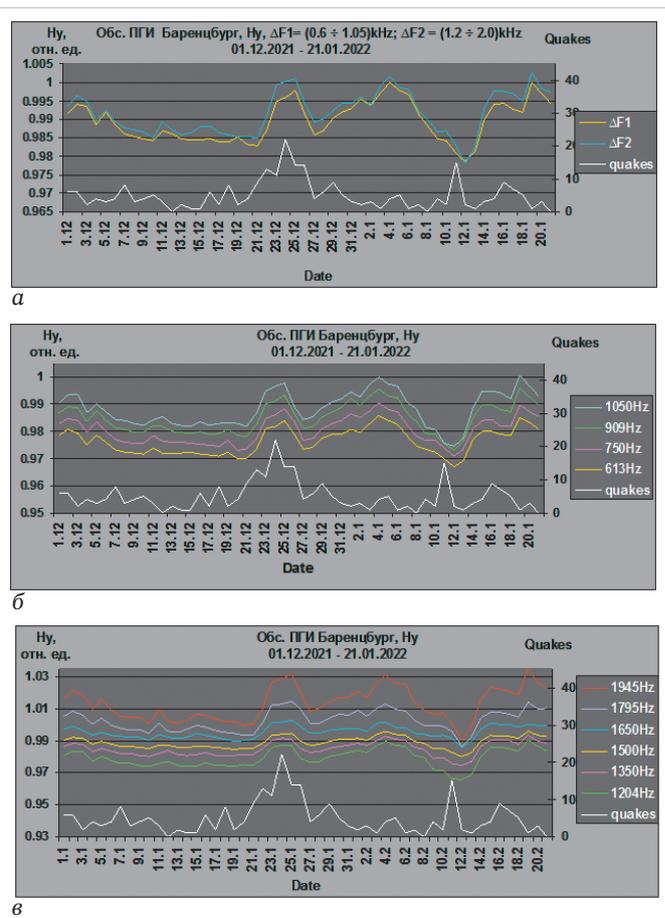


Рис. 6. Синхронная запись АЧХ магнитной H_y -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Баренцбург, арх. Шпицберген) и сейсмической активности «quakes» (Kahramanmaras, Turkey): а) $\Delta F1 = (0,6 \div 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \div 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.; б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц

ская обл., 67,97N, 35,08E) и Баренцбург (арх. Шпицберген, 78,08N, 14,22E).

В связи с тем, что землетрясения происходят достаточно редко и частота повторений лежит в широких пределах (сутки, месяцы, годы), для анализа данных п. а. были выбраны два двухмесячных временных интервала при суточном времени усреднения:

- а) [01.12.2021 ÷ 21.01.2022];
- б) [08.01.2023 ÷ 22.02.2023].

При данном суточном усреднении учитывались только те экспериментальные данные, когда исследуемая область D-слоя ионосферы находилась в тени Солнца, чтобы исключить влияние светила на АЧХ п. а.

Сейсмическая временная зависимость («quakes») была построена на основе данных землетрясений мощностью 4+ баллов [3].

Для того чтобы оценить пространственную избирательность источни-

ков, сопутствующих землетрясению и вариациям п. а., в данной работе представлены АЧХ электромагнитного поля атмосфериков с ортогональных направлений H_x , H_y .

На рис. 3–5 представлены синхронные записи сейсмической активности («quakes») и АЧХ ортогональных магнитных компонент H_x , H_y поля атмосфериков при различном частотном разрешении ($\Delta 200$ Гц / $\Delta 400$ Гц) отдельно для поверхностных волн волновода [$\Delta F1 = (0,6 \div 1,2)$ кГц] и пространственных волн [$\Delta F2 = (1,2 \div 1,8)$ кГц].

1. Obs. ПГИ Ловозеро (Мурманская обл), Kahramanmaras (Турция) [01.12.2021 ÷ 21.01.2022] (рис. 3, 4).
2. Obs. ПГИ Баренцбург (арх. Шпицберген), Kahramanmaras (Турция) [01.12.2021 ÷ 21.01.2022] (рис. 5, 6).
3. Obs. ПГИ Баренцбург (арх. Шпицберген), Kahramanmaras (Турция) [08.01.2023 ÷ 22.02.2023] (рис. 7, 8).

Вывод

Следует ещё раз подчеркнуть, что в данной работе были использованы только те экспериментальные данные п. а., которые получены, когда исследуемая область находилась в тени Солнца, чтобы исключить её влияние на параметры волновода Земля – ионосфера.

Анализ представленных экспериментальных данных (рис. 4–8) показал, что вариации АЧХ как для пространственных, так и поверхностных волн поля атмосфериков при суточном усреднении совпадают с временными вариациями сейсмической активности. Это позволяет предполагать, что фактор, влияющий на эти явления, имеет одну и ту же физическую природу – магнитное поле Земли.

Техническое описание используемой аппаратуры для приёма и регистрации электромагнитного поля атмосфериков приведено в [10–14].



Рис. 7. Синхронная запись АЧХ магнитной H_x -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Баренцбург, арх. Шпицберген) и сейсмической активности (Kahramanmaraş, Turkey):
 а) $\Delta F1 = (0,6 \pm 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \pm 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.;
 б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц



Рис. 8. Синхронная запись АЧХ магнитной H_y -компоненты поля атмосфериков (обс. ПГИ Баренцбург, арх. Шпицберген) и сейсмической активности «quakes» (Kahramanmaraş, Turkey):
 а) $\Delta F1 = (0,6 \pm 1,05)$ кГц – поверхностные волны п. а., $\Delta F2 = (1,2 \pm 2,0)$ кГц – пространственные волны п. а.;
 б) АЧХ поверхностных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц; в) АЧХ пространственных волн п. а., частотное разрешение $\Delta f = 200$ Гц

Надеюсь, что данный материал будет полезен сейсмологам.

Литература

1. Вершинин Е.Ф. (ИКФИА). КНЧ-излучение из очагов землетрясений // АН СССР. VI Всесоюзная школа-семинар по ОНЧ-излучениям (тезисы докладов, Звенигород, октябрь 1983 г.). М., 1983. С. 72.
2. Ларкина В.И., Мигулин В.В., Молчанов О.А. и др. Низкочастотные шумовые излучения на высотах верхней ионосферы и сейсмическая активность // АН СССР. VI Всесоюзная школа-семинар по ОНЧ-излучениям (тезисы докладов, Звенигород, октябрь 1983 г.). М., 1983. С. 72.
3. URL: <https://www.volcanodiscovery.com/ru/earthquakes/turkey/archive/2023-01-08-2023-02-22.html>.
4. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ: коллективная

монография / под ред. М.С. Александрова. М.: Наука, 1972. С. 419.

5. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972. С. 563.
6. Ратклифф Дж.А. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975. 296 с.
7. Блюх П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Киев: Наукова думка, 1977. С. 200.
8. URL: <https://www.sgo.fi/Data/Magnetometer/magnData.php> (Sodankylä Geophysical Observatory).
9. URL: <http://flux.phys.uit.no/>, Magnetometer Longyearbyen (Tromsø, Geophysical Observatory Norway).
10. Галахов А.А., Ахметов О.И. Комплекс аппаратуры для регистрации импульсной компоненты электромагнитного поля очень низкой частоты // Приборы и техника эксперимента. 2011. № 3. С. 136–142.
11. Галахов А.А., Ахметов О.И., Кириллов В.И. Регистрация ортогональных магнитных

компонент импульсной составляющей электромагнитного поля ИНЧ-ОНЧ диапазона на архипелаге Шпицберген // Приборы и техника эксперимента. 2013. № 6. С. 69–73.

12. Галахов А.А., Ахметов О.И., Кириллов В.И. Аналоговый анализатор спектра атмосфериков К.Н.Ч.-О.Н.Ч.-диапазонов на программируемых интегральных схемах // Приборы и техника эксперимента. 2015. № 1. С. 146–150.
13. Галахов А.А., Ахметов О.И., Кириллов В.И. Особенности применения анализатора спектра атмосфериков в К.Н.Ч.-О.Н.Ч.-диапазонах для мониторинга состояния волновода Земля – ионосфера // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 3. С. 109–113.
14. Галахов А., Косолапенко В., Ларченко А. и др. Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm // Современная электроника. 2019. № 7. С. 62–66.

