

УДК 550.344.42

## НАГРУЖАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АТМОСФЕРЫ НА ГИДРОСФЕРУ

© 2024 г. Академик РАН Г. И. Долгих\*, М. А. Болсуновский

Поступило 29.01.2024 г.

После доработки 14.02.2024 г.

Принято к публикации 20.02.2024 г.

При обработке спутниковых данных полного электронного содержания на трассе между спутниками ГЛОНАСС, GPS и наземными приёмными станциями, расположенными в Приморском крае России, выделены возмущения электронного слоя с периодами в пределах от 5 мин до 45 мин, вызванные собственными колебаниями области атмосферы. Выделенные колебания, воздействуя на морскую поверхность, вызывают в водной среде колебания с периодами в пределах от 5 мин до 40 мин.

*Ключевые слова:* полное электронное содержание, спутник, собственные колебания

DOI: 10.31857/S2686739724060172

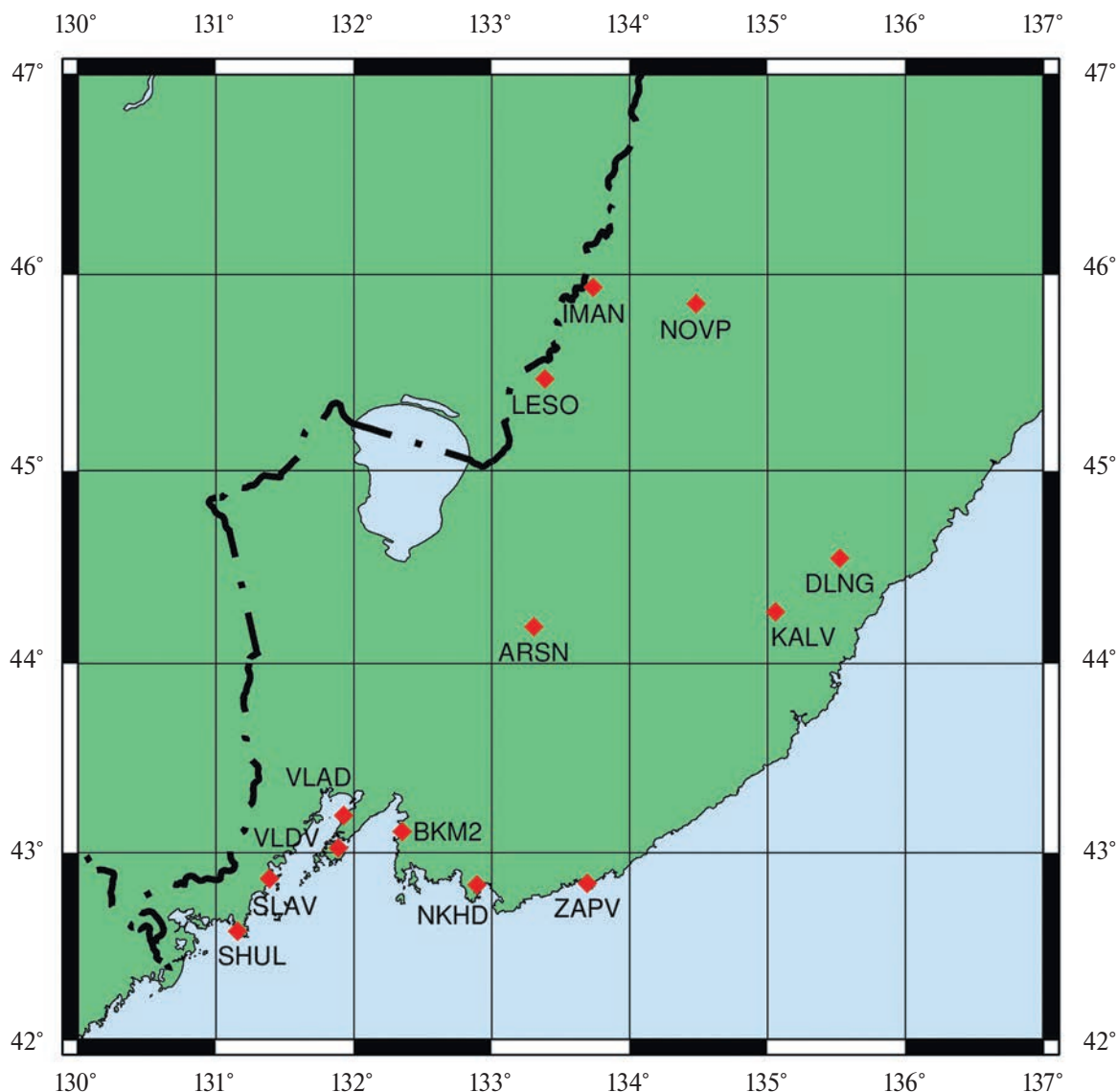
Исследование взаимодействия геосферных полей различных частотных диапазонов было крайне актуальным и остаётся таким же актуальным в настоящее время. Это связано не только с определением первоисточников данных полей, но, что более важно, с изучением физики их возникновения и развития. Но на первом этапе изучения данного взаимодействия важно определить первоисточник процессов, колебаний и волн. Подобные исследования проводились, результаты которых опубликованы в различных статьях, а в качестве характерных примеров можно привести работы [1, 2], в которых утверждается, что колебания в атмосфере вызвали в земной коре колебания на соответствующих частотах, а в воде — колебания водных слоёв, которые на первоначальном этапе были отождествлены с внутренними шельфовыми волнами. Но ещё более интересные результаты были получены при объяснении колебаний, зарегистрированных различными морскими станциями, расположенными в Тихом океане, после взрыва вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай. В некоторых опубликованных статьях утверждалось, что зарегистрированные изменения уровня моря вызваны волнами цунами двух типов, сгенерированных взрывом данного вулкана [3]. Первые — волны цунами, вызванные собственными колебаниями атмосферы в месте расположения

уровнемерной станции, которые были возбуждены проходящим импульсом взрыва, а вторые волны — волны цунами, возникшие в воде в результате взрыва. Если первые волны цунами, т.е. метеоцунами, объективно были, то вторых не было. Это следует из того, что: 1) скорость распространения возмущения от места взрыва до места регистрации примерно равна скорости звука в воздухе, а других возмущений на записях уровнемерных станций не было [4]; 2) спектральные компоненты на каждой уровнемерной станции были различными, и, по-видимому, соответствовали спектральным компонентам собственных колебаний атмосферных слоёв в месте расположения станций [4].

В данной работе ставится задача по определению первоисточников колебаний, которые были зарегистрированы некоторыми уровнемерными станциями, приведёнными в работе [4], на основе анализа совершенно других экспериментальных данных, полученных при спутниковом мониторинге. В качестве исходных экспериментальных данных будем использовать данные по изменению полного электронного содержания, т.е. интегральной электронной концентрации, характеризующей количество свободных электронов во всей толще ионосферы на трассе между спутником и наземной приёмной станцией, высота максимальной ионизации в день извержения составила примерно 300 км от поверхности Земли.

Также следует отметить, что незадолго до извержения вулкана началась умеренная геомагнитная

Тихоокеанский океанологический институт  
им. В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской  
Академии наук, Владивосток, Россия  
\*E-mail: dolgikh@poi.dvo.ru



**Рис. 1.** Расположение ГНСС-станций в Приморском крае. ARSN – с. Старосысоевка, BKM2 – г. Большой Камень, DLNG – г. Дальнегорск, IMAN – г. Дальнереченск, KALV – пгт Кавалерово, LESO – г. Лесозаводск, NKHD – г. Находка, NOVP – с. Новопокровка, SHUL – м. Шульца, SLAV – пгт Славянка, VLAD – г. Владивосток, VLDV – о. Русский, ZAPV – с. Заповедный.

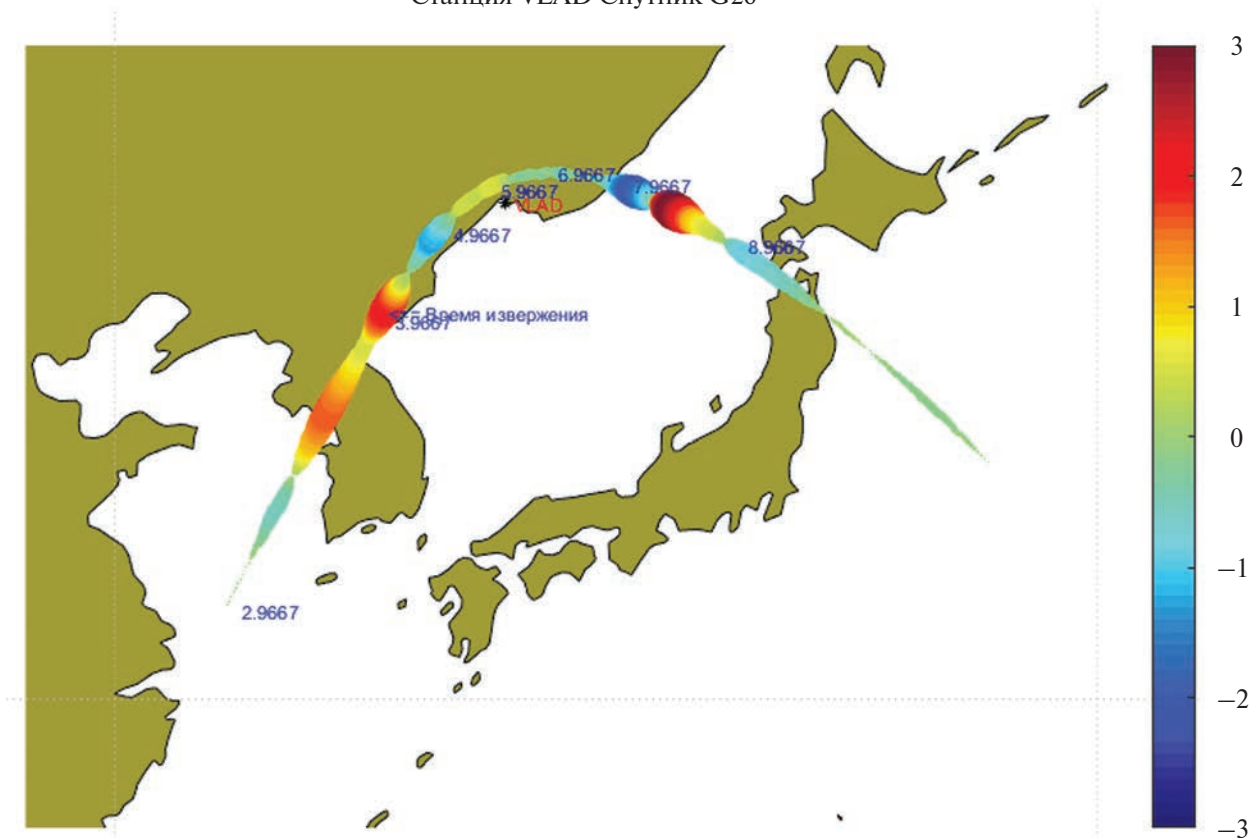
буря, вызвавшая возмущения в ионосфере Земли. Наличие бури было установлено с помощью геомагнитного индекса  $K_p$ , определяемого по станциям в средних широтах и характеризующего геомагнитную обстановку на планете [5].

При анализе мы использовали данные Глобальных навигационных спутниковых систем, полученных с помощью спутниковых систем ГЛОНАСС (24 спутника на высотах 18840–19440 км) и GPS (32 спутника на высоте около 20150 км) по следующим наземным ГНСС-станциям, расположенным в Приморском крае: ARSN, BKM2, DLNG, IMAN, KALV, LESO, NKHD, NOVP,

SHUL, SLAV, VLAD, VLDV, ZAPV (рис. 1). Часть используемых станций входит в комплексную геодинамическую сеть ДВО РАН [6]. Частота дискретизации ГНСС-данных равна 0.033(3) Гц. Определение величины полного электронного содержания выполнялось по методу, описанному в работах [7, 8], точность определения ПЭС составляет по фазовым измерениям около 0.01–0.02 TECU [9].

Все спутники двигались по траекториям, проекции на Землю которых проходили через несколько территорий и акваторий. При этом приёмными ГНСС-станциями, расположенными

## Станция VLAD Спутник G26



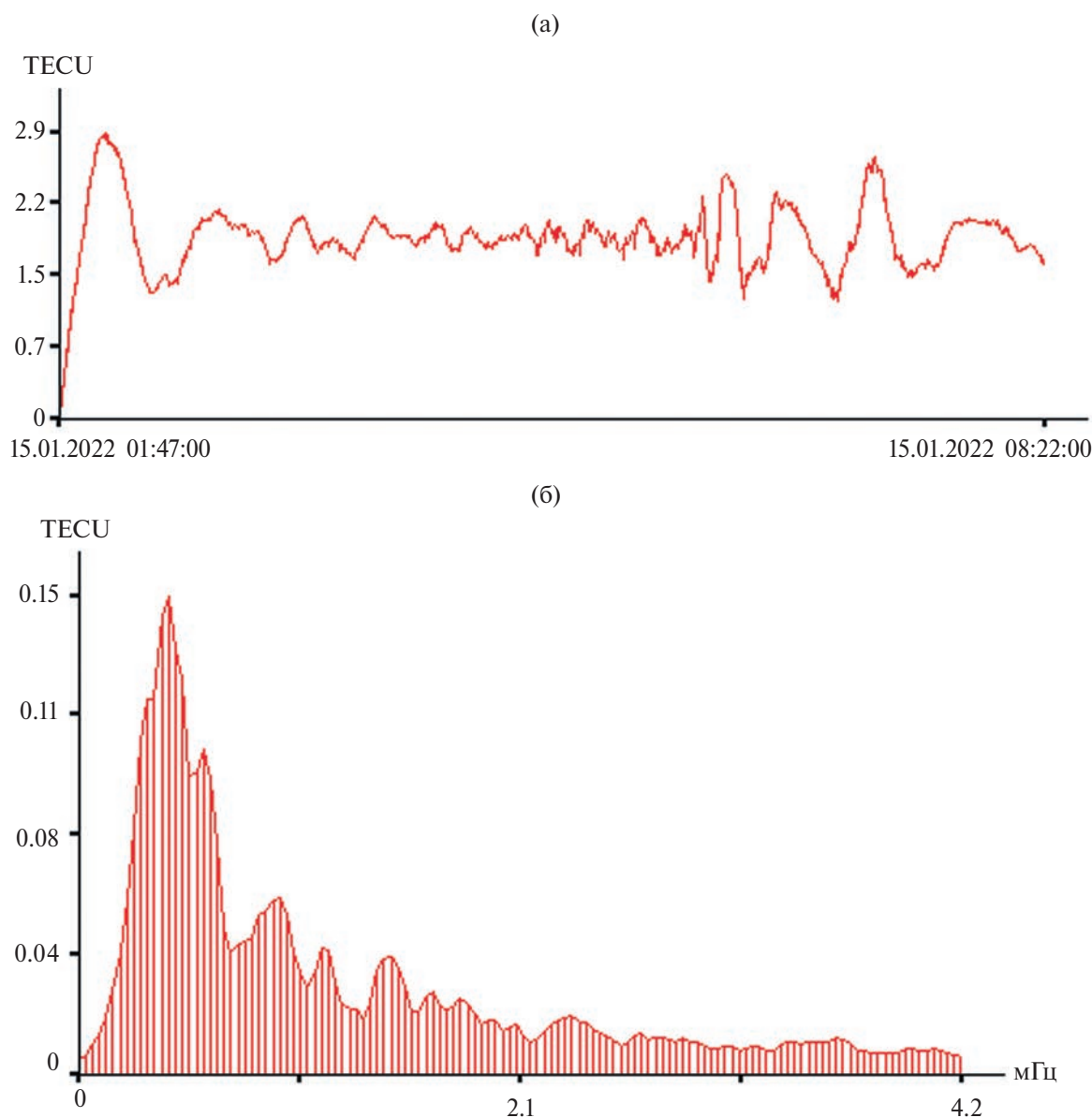
**Рис. 2.** Трек станция-спутник VLAD-G26. На треке приведены: положение соответствующих станций, время получения отчета (ч.дч. UTC), цветовая шкала, показывающая вариации полного электронного содержания.

в Приморском крае, регистрировалось полное электронное содержание слоя, расположенного в ионосфере. Учитывая то, что высоты расположения спутников над поверхностью Земли в 60–80 раз больше высот расположения этого слоя, то можно считать, что полученные данные по треку спутник-приёмная ГНСС-станция будут соответствовать ионосферным данным конкретных территорий, над которыми прорисованы эти треки. На рис. 2 приведён трек ГНСС-станция-спутник VLAD-G26. На треках приведены: положение соответствующих ГНСС-станций, время получения отчета (ч.дч. UTC), цветовая шкала, показывающая вариации полного электронного содержания.

По данному рисунку можно сказать об интенсивности полного электронного содержания в ионосфере над конкретной точкой земной поверхности. На рис. 3 а приведён участок записи полного электронного содержания в ионосфере, полученный на станции ВКМ2 при прохождении спутника в поле видимости данной станции, а

на рис. 3 б — его спектр, полученный периодограммным методом с усреднением 2. Из спектра можно выделить мощные максимумы на частотах, соответствующих периодам 39 мин 23.1 с, 29 мин 26.7 с, 17 мин 39.3 с, 14 мин 37.7 с, 11 мин 22.7 с. Эти данные относятся ко всему обработанному ряду.

Далее нас интересуют те отрезки записей, которые совпадают с расположением некоторых равномерных станций, описанных в работе [4] и приведённых на рис. 4 (станций с номерами 8–15), т.е. тех станций, вблизи которых проходят треки спутник-ГНСС-станция. Основные результаты получены по ионосферным возмущениям, находящимся над/вблизи равномерными станциями 13–15. По ионосферным возмущениям есть данные над/вблизи равномерных станций 9, 10, 12, но в меньшем количестве. И мало данных по ионосферным возмущениям, полученным по равномерным станциям 8, 11. По другим равномерным станциям данных нет, так как они находятся за пределами



**Рис. 3.** Изменение полного электронного содержания при прохождении спутника G31 (а), зарегистрированное наземной станцией ВКМ2, и его спектр (б).

регистрационных возможностей приёмных ГНСС-станций, расположенных в Приморском крае (рис. 1).

Полученные экспериментальные данные по трекам спутник-ГНСС-приёмник были разделены на временные промежутки, центр которых находился наиболее близко к равномерным станциям, приведённым на рис. 4. Таким образом, для каждой равномерной станции были выбраны конкретные участки экспериментальных данных. Далее выделенные отрезки были обработаны периодограммным методом, а также методом максимального правдоподобия

с числом гармоник 60 [10]. Такое значение числа гармоник было выбрано из-за того, что длительность обрабатываемых участков наблюдения составляла, в основном, 128 точек, т.е. даже при спектральной обработке методом быстрого преобразования Фурье число спектральных компонент (гармоник) будет равно 64.

Мы считаем, что колебания водной поверхности, зарегистрированные при прохождении в атмосфере импульса взрыва [4], вызваны возбуждёнными собственными колебаниями атмосферной области в зоне расположения данной равномерной станции. В настоящей статье

Таблица 1. Уровнемерные станции

| Номер Станции | Название       | Периоды<br>Фон [4]                              | Периоды<br>Сигнал [4]                                                             |
|---------------|----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 8             | Chichijima     | 20 мин 28.0 с<br>16 мин 30.3 с<br>13 мин 49.7 с | 20 мин 28.0 с<br>15 мин 02.9 с<br>12 мин 47.5 с                                   |
| 9             | Mera           | 6 мин 09.9 с<br>5 мин 19.8 с<br>22 мин 14.7с    | 22 мин 14.7 с<br>6 мин 05.5 с<br>6 мин 38.7 с                                     |
| 10            | Tosashimizu    | 20 мин 28.0 с<br>39 мин 21.4 с                  | 20 мин 28.0 с<br>24 мин 21.8 с<br>42 мин 38.2 с                                   |
| 11            | Naha           | 26 мин 55.7 с                                   | 24 мин 21.8 с<br>10 мин 26.5 с<br>22 мин 14.7 с<br>25 мин 34.9 с<br>19 мин 40.7 с |
| 12            | Aburatsu       | 26 мин 55.7 с<br>17 мин 38.6 с<br>11 мин 37.7 с | 22 мин 14.7 с<br>10 мин 26.5 с<br>9 мин 18.2 с                                    |
| 13            | Preobrazheniye | 31мин 58.7 с<br>15 мин 59.3 с                   | 30 мин 05.8 с<br>9 мин 28.5 с<br>15 мин 59.3 с                                    |
| 14            | Pos’et         | 31 мин 58.7 с<br>17 мин 38.6 с<br>10 мин 53.2 с | 30 мин 05.8 с<br>17 мин 38.6 с<br>11 мин 22.2 с                                   |
| 15            | Vladivostok    | 39 мин 21.4 с<br>31 мин 58.7 с                  | 31 мин 58.7 с                                                                     |

Таблица 2. Периоды максимумов, выделенные при обработке участков данных интенсивности полного электронного содержания в ионосфере

| Номер<br>морской<br>станции | Наземная<br>станция<br>ARSN –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>VKM2 –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>KALV –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>SLAV –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>VLAD –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>SHUL –<br>спутник | Наземная<br>станция<br>ZAPV –<br>спутник                                                                                                     | Наземная<br>станция<br>IMAN –<br>спутник |
|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 8                           |                                          |                                          | 05:39-06:43<br>R21<br>14:03.2<br>18:17.7 |                                          |                                          |                                          |                                                                                                                                              |                                          |
| 9                           | 07:04-08:09<br>G31<br>06:42.4            | 07:18-08:22<br>G31<br>07:58.2            | 06:43-7:47<br>R21<br>22:03.1<br>05:59.6  | 06:39-08:48<br>R11<br>22:47.4<br>21:46.9 | 05:40-09:57<br>G26<br>21:36.3            | 09:38-10:44<br>G16<br>21:57.7            | 05:36-10:17<br>R21<br>22:01.5<br><br>06:40-08:49<br>R21<br>04:50.8<br><br>22:11-23:16<br>R21<br>22:23.5<br><br>06:31-09:54<br>G26<br>22:49.3 |                                          |

Продолжение таблицы 2

|    |                                          |                                |                               |                               |                                          |                                          |                                                     |                               |
|----|------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|
| 10 | 7:00-8:05<br>R12<br>19:57.7              | 10:51-11:56<br>R12<br>19:06.2  |                               | 07:00-11:34<br>R22<br>42:43.0 | 05:40-06:45<br>R21<br>20:29.9            |                                          | 06:40-08:49<br>R21<br>43:21.2                       | 08:06-11:48<br>R12<br>42:38.2 |
|    | 07:04-08:09<br>G31<br>41:23.4<br>20:15.9 | 05:36-06:40<br>G27<br>39:56.6  |                               | 06:40-07:45<br>R21<br>24:42.5 | 08:03-11:54<br>R12<br>38:36.6            |                                          | 03:31-04:37<br>G26<br>41:56.0<br>19:02.1            | 06:06-11:48<br>R12<br>42:14.6 |
|    | 07:04-08:09<br>G31<br>20:15.9            | 06:34-07:39<br>G27<br>44:22.5  |                               | 06:39-08:48<br>R11<br>41:39.6 | 05:32-07:41<br>G31<br>19:41.4            |                                          | 03:47-08:04<br>G26<br>19:09.6                       | 05:52-06:57<br>G27<br>19:50.2 |
|    |                                          | 04:18-05:23<br>G16<br>44:22.5  |                               |                               | 05:45-12:14<br>G27<br>43:11.5<br>21:24.7 |                                          |                                                     |                               |
| 11 |                                          | 05:36-06:40<br>G27<br>19:08.9  |                               |                               |                                          |                                          |                                                     |                               |
| 12 |                                          | 05:36-06:40<br>G27<br>11:53.5c |                               |                               | 05:45-06:50<br>G27<br>22:21.6<br>10:17.5 |                                          | 03:31-04:37<br>G26<br>21:59.5                       |                               |
| 13 | 09:09-10:13<br>R22<br>09:09.3            | 07:51-08:56<br>R12<br>29:55.9  | 05:46-06:51<br>G16<br>15:20.8 | 06:40-07:45<br>R21<br>09:43.0 | 07:26-08:24<br>R22<br>09:14.4<br>15:23.5 | 04:32-05:37<br>G26<br>09:09.6<br>15:19.0 | 22:11-23:16<br>R21<br>15:58.5                       | 07:36-11:59<br>R22<br>31:46.7 |
|    | 07:07-09:15<br>R21<br>09:28.0            |                                | 10:03-11:08<br>G16<br>30:51.3 | 05:36-10:20<br>R21<br>31:44.9 | 05:40-06:45<br>R21<br>15:35.2<br>09:13.8 | 05:32-06:37<br>G26<br>09:01.0            | 06:49-07:54<br>R11<br>09:09.0                       | 05:52-12:18<br>G27<br>30:26.3 |
|    | 08:20-11:31<br>R12<br>30:45.8            |                                |                               | 07:38-08:44<br>G16<br>16:12.1 | 05:39-10:14<br>R21<br>30:54.1            | 06:42-07:47<br>G16<br>09:04.7            | 05:43-07:51<br>G16<br>30:35.4<br>09:03.6<br>09:49.5 | 11:37-13:46<br>G08<br>09:54.0 |
|    | 06:07-07:13<br>G27<br>09:09.3            |                                |                               |                               | 22:15-23:42<br>R21<br>15:56.6            |                                          |                                                     |                               |
|    | 07:00-09:09<br>G26<br>16:15.6            |                                |                               |                               | 05:32-07:41<br>G31<br>15:36.1            |                                          |                                                     |                               |
|    | 09:00-10:05<br>G08<br>09:04.0            |                                |                               |                               | 06:33-08:42<br>G16<br>09:46.1            |                                          |                                                     |                               |
|    |                                          |                                |                               |                               | 10:20-11:26<br>G16<br>09:45.9            |                                          |                                                     |                               |

Окончание таблицы 2

|    |                                          |                                          |                               |                                          |                                          |                               |                                          |                               |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 14 | 06:03-07:07<br>R21<br>17:05:0            | 09:56-11:00<br>R22<br>17:50.8            | 05:46-06:51<br>G16<br>10:35.1 | 05:36-10:20<br>R21<br>31:44.9            | 07:26-11:44<br>R22<br>11:02.1            | 03:32-04:35<br>G26<br>10:44.0 | 04:32-06:41<br>G26<br>17:01.2            | 07:36-11:59<br>R22<br>17:02.0 |
|    | 08:20-10:29<br>R12<br>18:00.4            | 09:52-10:56<br>R22<br>17:27.4            | 06:46-07:51<br>G16<br>17:25.1 | 03:32-04:37<br>G26<br>10:41.9            | 06:44-07:49<br>R21<br>11:05.9            |                               | 05:43-07:51<br>G16<br>30:35.4<br>11:13.9 | 05:52-12:18<br>G27<br>30:26.3 |
|    | 08:20-11:31<br>R12<br>30:45.8            | 07:51-10:00<br>R12<br>17:53.2            |                               | 04:32-05:37<br>G26<br>11:00.9            | 22:15-23:20<br>R21<br>11:32.4            |                               |                                          | 06:57-08:01<br>G08<br>17:36.6 |
|    | 07:08-08:13<br>G08<br>16:51.0            | 04:32-06:41<br>G31<br>10:50.4            |                               |                                          | 08:03-10:12<br>R12<br>17:07.6<br>11:55.0 |                               |                                          |                               |
|    | 08:00-09:05<br>G08<br>30:09.4            | 06:34-07:39<br>G27<br>17:11.6<br>11:23.0 |                               |                                          | 06:45-08:54<br>G27<br>11:36.1            |                               |                                          |                               |
|    |                                          | 05:35-12:18<br>G27<br>17:21.3<br>11:49.7 |                               |                                          | 05:45-12:14<br>G27<br>18:02.8            |                               |                                          |                               |
| 15 |                                          | 06:31-07:37<br>G26<br>17:40.1<br>10:26.0 |                               |                                          | 05:40-09:57<br>G26<br>17:04.5            |                               |                                          |                               |
|    |                                          | 06:12-07:17<br>G16<br>11:07.3            |                               |                                          | 10:20-11:26<br>G16<br>17:54.4            |                               |                                          |                               |
|    |                                          |                                          |                               |                                          |                                          |                               |                                          |                               |
|    | 08:20-09:25<br>R12<br>39:44.7<br>29:35.9 | 07:51-10:00<br>R12<br>40:02.6            | 05:46-06:51<br>G16<br>39:33.0 | 06:39-07:44<br>G16<br>30:51.3<br>31:28.6 |                                          | 05:41-06:47<br>G16<br>29:39.2 | 05:43-07:51<br>G16<br>30:35.4            | 06:24-08:33<br>G27<br>31:31.4 |
|    | 08:20-10:29<br>R12<br>41:29.9            | 05:12-06:17<br>G16<br>39:38.8<br>10:56.4 |                               |                                          |                                          |                               |                                          | 08:56-10:01<br>G08<br>31:59.1 |
|    | 08:20-11:31<br>R12<br>40:44.4            |                                          |                               |                                          |                                          |                               |                                          |                               |
|    | 06:48-11:05<br>G16<br>40:01.1<br>32:32.0 |                                          |                               |                                          |                                          |                               |                                          |                               |
|    | 08:20-09:25<br>R12<br>29:35.9            |                                          |                               |                                          |                                          |                               |                                          |                               |

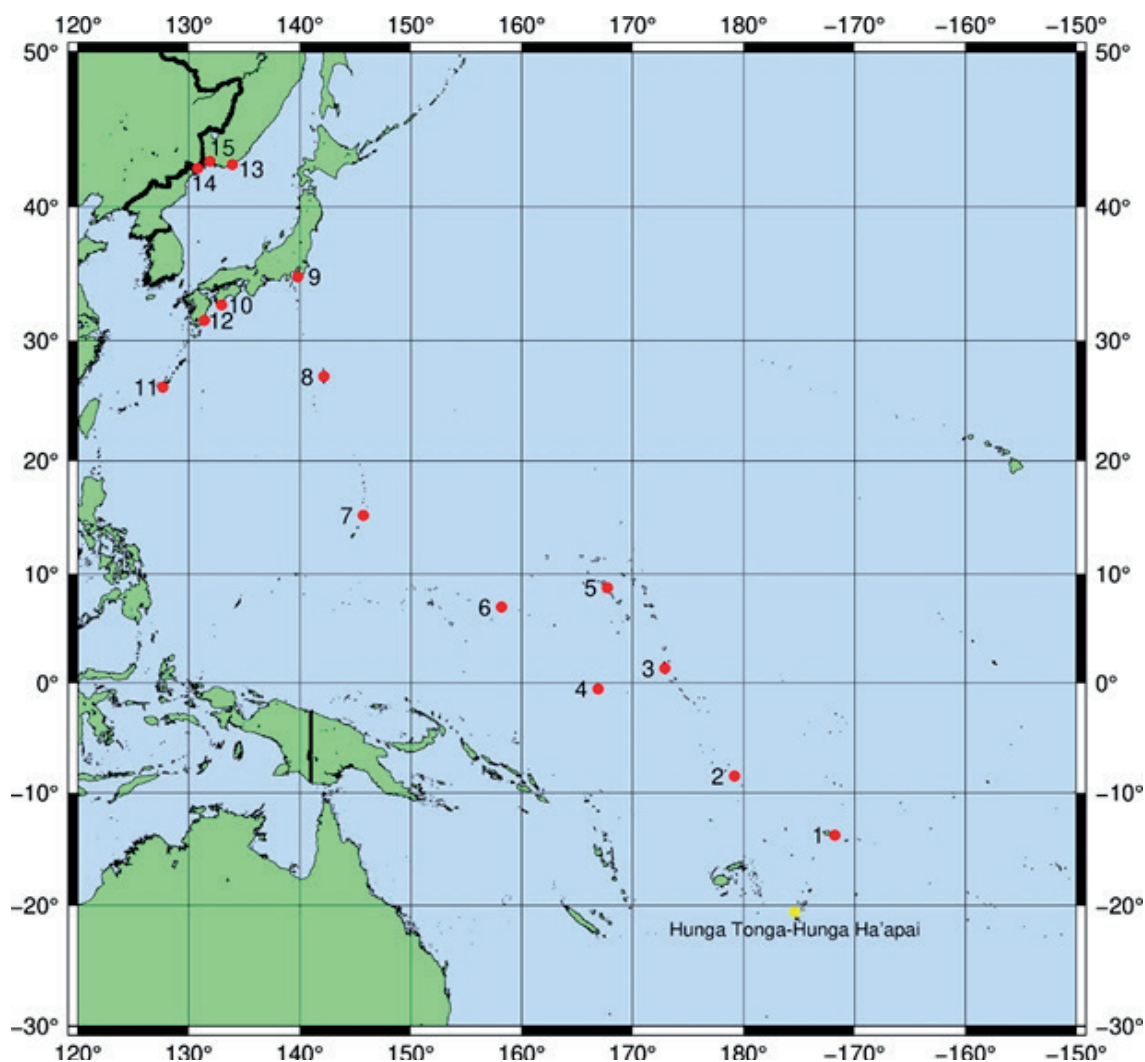


Рис. 4. 1–12 – Станции, расположенные в Тихом океане. Красными кружками показано положение уровневых станций, желтым кружком – положение вулкана.

мы предполагаем, что периоды колебаний слоя электронов в ионосфере, находящегося над местом расположения уровневой станции, близки к периодам колебаний, зарегистрированных уровневыми станциями, приведёнными в работе [4]. Для последующего анализа мы приведём в таблице 1 экспериментальные результаты (зарегистрированные периоды колебаний) рассматриваемых уровневых станций, опубликованных в статье [4].

В таблице 2 приведены периоды максимумов, выделенные при обработке участков данных интенсивности полного электронного содержания в ионосфере над конкретной (или вблизи) конкретной уровневой морской станции.

При сравнении данных, приведённых в таблицах 1 и 2 следует, что периоды максимумов, выделенных из записей уровневых станций

при прохождении атмосферного импульса взрыва, близки к периодам максимумов, выделенных из записей интенсивности полного электронного содержания областей ионосферы, расположенных над зоной расположения конкретной уровневой станции. Это даёт основание утверждать, что первоисточник этих колебаний один и тот же и обусловлен собственными колебаниями конкретных областей Атмосферы.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках выполнения темы государственного задания (№ АААА-А20-120021990003-3) “Изучение фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей Мирового океана” и при финансовой поддержке ФНТП “Обоснование системы климатического мониторинга дальневосточных морей

и разработка методов мониторинга экстремальных погод-но-климатических явлений, связанных с океаном, на основе стационарных и мобильных измерительных комплексов, а также мультисенсорного спутникового зондирования”.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швед Г. М., Ермоленко С. И., Карпова Н. В., Вендт З., Якоби К. Регистрация глобальных осцилляций Атмосферы сейсмическими приборами // Физика Земли. 2013. № 2. С. 131.  
<https://doi.org/10.7868/S0002333713010134>
2. Долгих Г. И., Будрин С. С., Долгих С. Г., Овчаренко В. В., Чупин В. А., Швеиц В. А., Яковенко С. В. Морские внутренние волны и атмосферные депрессии // ДАН. 2015. Т. 462. № 5. С. 601.
3. Kulichkov S. N., Chunchuzov I. P., Popov O. E., Gorchakov G. I., Mishenin A. A., Perepelkin V. G., Bush G. A., Skorokhod A. I., Vinogradov Yu. A., Semutnikova E. G., Epic J. S., Medvedev I. P., Gushchin R. A., Kopeikin V. M., Belikov I. B., Gubanova D. P., Karpov A. V., and Tikhonov A. V. Acoustic-Gravity Lamb Waves from the Eruption of the Hunga-Tonga-Hunga-Hapai Volcano // Pure Appl. Geophys. 07 May 2022.  
<https://doi.org/10.1007/s00024-022-03046-4>.
4. Dolgikh G., Dolgikh S., Ovcharenko V. Initiation of Infrasonic Geosphere Waves Caused by Explosive Eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha’apai Volcano // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. V. 10. Iss. 8. № 1061. <https://doi.org/10.3390/jmse10081061>.
5. Helmholtz Centre Potsdam. GFZ German Research Centre for Geosciences.  
URL: <https://www.gfz-potsdam.de/en>
6. Быков В. Г., Шестаков Н. В., Герасименко М. Д., Сорокин А. А., Коновалов А. В., Прытков А. С., Василенко Н. Ф., Сафонов Д. А., Коломиец А. Г., Серов М. А., Пулатенко В. В., Королев С. П., Верхогуров А. Л., Жижерин В. С., Рябинкин К. С. Единая сеть геодинимических наблюдений ДВО РАН: становление, десять лет развития, основные достижения // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 3(211). С. 5–24.  
<https://doi.org/10.37102/08697698.2020.211.3.001> EDN OUVHWJ.
7. Astafyeva E. Ionospheric detection of natural hazards // Reviews of Geophysics. 2019. 57. 1265–1288.  
<https://doi.org/10.1029/2019RG000668>.
8. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS-Global Navigation Satellite Systems, 1st ed. Vienna, Austria: Springer, 2008. 518 p.
9. Coster A., Williams J., Weatherwax A., Rideout W., Herne D. Accuracy of GPS total electron content: GPS receiver bias temperature dependence // Radio Science. 2013. 48. 190–196.  
<https://doi.org/10.1002/rds.20011>
10. Прикладная математическая статистика: учебное пособие / Составитель А.А. Мицель. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2022. 118 с.

## THE LOADING EFFECT OF THE ATMOSPHERE TO THE HYDROSPHERE

Academician of the RAS G. I. Dolgikh\*, M. A. Bolsunovskii

*Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation*

*\*E-mail: [dolgikh@poi.dvo.ru](mailto:dolgikh@poi.dvo.ru)*

When processing satellite data of total electron content on the route between GLONASS, GPS satellites and ground receiving stations located in the Primorsky Territory of Russia, disturbances of the electronic layer with periods ranging from 5 minutes to 45 minutes caused by natural fluctuations in the atmospheric region were identified. The isolated vibrations affecting the sea surface cause fluctuations in the aquatic environment with periods ranging from 5 minutes to 40 minutes.

**Keywords:** total electron content, satellite, natural oscillations