

УДК 550.344

АВТОГЕНЕРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ “АТМОСФЕРА–ЗЕМНАЯ КОРА”

© 2020 г. Академик РАН Г. И. Долгих^{1,*}, С. С. Будрин¹, С. В. Яковенко¹

Поступило 10.06.2019 г.

После доработки 19.06.2019 г.

Принято к публикации 19.06.2019 г.

На основе анализа полученных экспериментальных данных рассмотрены особенности возникновения автогенерационных процессов в системе “атмосфера–земная кора”, при которых энергия нелинейных колебаний земной коры последовательно передается от высокочастотных (20–30 с) до низкочастотных (4–5 мин). Описаны причины возникновения данных автогенерационных колебаний, а также их поведение в зависимости от изменений атмосферного давления.

Ключевые слова: автогенерация, атмосферное давление, градиент давления, колебания земной коры

DOI: 10.31857/S2686739720020061

Автогенерации Земли как сугубо нелинейному явлению уделено определенное внимание, начиная с момента зарождения представления о нелинейных процессах системы “атмосфера–гидросфера–литосфера”. В обзорной работе [1] рассмотрены многие нелинейные процессы, в том числе особенности проявления режима автогенерации, возникающем после землетрясений. Из работы [1] можно сделать следующие обобщения по проявлениям данного явления: 1) сначала возникают колебания высокочастотные, со временем переходящие в более низкочастотные; 2) возникновение этих колебаний не связано с процессами, происходящими в очаге землетрясений; 3) механизм возникновения и развития колебаний связывается с взаимодействием местных связанных осцилляторов земной коры. В данном сообщении мы проанализируем некоторые динамические особенности автогенерационных колебаний земной коры, возникающих после резких изменений атмосферного давления.

В работе используются синхронные экспериментальные данные по вариациям уровня микродеформаций земной коры, полученные с помощью 17-метрового лазерного деформографа, входящего в состав двухкоординатного лазерного деформографа [2], и данные по вариациям атмосферного давления, полученные с помощью ла-

зерного нанобарографа [3], установленных на сейсмоакустико-гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН “м. Шульца” [4, 5]. Лазерный деформограф и лазерный нанобарограф созданы на основе интерферометра Майкельсона неравноплечего и равноплечего типов соответственно. Точность измерения смещений на базе лазерного деформографа, 17.5 м, составляет 0.01 нм, а точность измерения вариаций атмосферного давления лазерным нанобарографом 50 мкПа. Каждый прибор работает в частотном диапазоне от 0 (условно) до 1000 Гц, при этом амплитудно-частотная характеристика лазерного деформографа испытывает биения в высокочастотном диапазоне [6]. На полигоне проводятся непрерывные измерения в различные сезоны года. Полученные экспериментальные данные после предварительной обработки (фильтрация и децимация) заносятся на твердые носители аппаратно-программного вычислительного комплекса с пополнением ранее созданной базы экспериментальных данных. Дополнительно в базу экспериментальных данных вносятся данные метеорологической станции, установленной вблизи лазерных деформографов. В дальнейшем внесенные в базу экспериментальные данные подвергаются различной статистической и спектральной обработки.

При анализе многочисленных экспериментальных данных было установлено, что в отдельные временные промежутки возбуждаются колебания земной коры, регистрируемые лазерным деформографом, в диапазоне периодов 25–35 с значительной амплитуды и которые в течение нескольких часов последовательно трансформиру-

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Владивосток, Россия
*E-mail: dolgikh@poi.dvo.ru

ются в колебания больших периодов вплоть до 4–5 мин. Иногда в процессе записи данный эффект как бы перезапускается, т.е. при определенных условиях опять возбуждаются более высокочастотные колебания на любом шаге трансформации высокочастотных колебаний в низкочастотные колебания. С целью выяснения причин возникновения подобных процессов и исследования хода трансформации высокочастотных колебаний в низкочастотные были обработаны синхронные экспериментальные данные различных экспериментальных установок, размещенных на м. Шульца. При этом было установлено, что наблюдаемое возбуждение колебаний земной коры, регистрируемое лазерным деформографом, связано с аномальным поведением вариаций атмосферного давления, когда изменение атмосферного давления за короткий промежуток времени меняется на большую величину, т.е. имеется значительный градиент атмосферного давления.

В качестве характерного примера на рис. 1 приведены некоторые графики одного такого поведения. Рассмотрим подробно представленный на рисунке процесс. При резком изменении атмосферного давления, которое совпадает с началом изменения атмосферного давления за короткое время примерно на 320 Па, в земной коре возбуждаются колебания, регистрируемые лазерным деформографом, с периодом около 32 с (см. точка 1 на первом и втором графиках). Затем энергия последовательно передается от высокочастотных колебаний к более низкочастотным (см. третий график). При этом последовательно возбуждаются колебания с периодами 32.0 с – 36.6 с – 42.7 с – 51.2 с – 1 мин 04.0 с – 1 мин 25.3 с – 2 мин 08.0 с – 4 мин 16 с. При следующем резком изменении атмосферного давления (точка 2 на первом и втором графиках) происходит возбуждение колебаний в земной коре с периодом около 42.7 с с последующим ростом периода выделенных колебаний до 2 мин 08.0 с. В момент 3 (отмечено на первом и втором графиках) опять происходит резкое изменение атмосферного давления и возбуждение колебаний с периодом около 51.2 с с дальнейшей трансформацией данных колебаний до колебаний с периодом 2 мин 08.0 с. Тоже наблюдается при очередном резком изменении атмосферного давления (точка 4 на первом и втором графиках). Больше резких изменений атмосферного давления не наблюдается и период возбужденных колебаний последовательно растет до 4 мин 16 с с последующим затуханием. Можно отметить, что обработка велась с применением периодограммного метода спектрального оценивания по 256 точкам, что давало плохое частотное разрешение. Спектральные компоненты с периодами 2 мин 08.0 с и 4 мин 16.0 с расположены рядом, и поэтому невозможно выявить существование между ними других колебаний, но судя по по-

степенному уменьшению мощности пика на периоде 2 мин 08.0 с и возрастанию мощности пика на периоде 4 мин 16.0 с можно утверждать, что между данными пиками должны существовать другие спектральные компоненты.

В течение многих лет аналогичные картины наблюдались неоднократно. Только количество самовозбуждений было разное. Но тем не менее во всех случаях можно отметить, что при резком изменении атмосферного давления происходит возбуждение в земной коре колебаний, периоды которых со временем последовательно увеличиваются, что сопровождается диссипацией энергии выделенных колебаний, амплитуды которых остаются постоянными в некоторых пределах. В среднем данные процессы наблюдались один-два раза в два-три месяца. При изменении атмосферного давления в среднем на 1 Па наблюдалось изменение смещения на базе деформографа на величину 0.05 мкм. Но это не главное, главное то, что все подобные процессы наблюдались при резком изменении атмосферного давления, при котором скорость изменения атмосферного давления в среднем равна 0.1 Па/с. В противном случае подобной картины не наблюдалось.

Примерно такое же поведение было отмечено на записях лазерного деформографа, установленного на юге о. Тайвань [7]. Только периоды возбужденных колебаний были другими и наблюдалось последовательное перевозбуждение от меньших периодов (порядка 2 мин) к большим периодам (порядка 9 мин). Хотя там наблюдалось и последовательное перевозбуждение колебаний от больших периодов (8–9 мин) к меньшим периодам (2–3 мин). Если в работе [1] говорится о том, что процесс сейсмической автогенерации, т.е. вызванной землетрясением, наблюдается в течение двадцати и более суток, то в нашем случае этот процесс быстротечен и не связан с сейсмичностью Земли, а связан с атмосферными процессами. Длительность автогенерации определяется диссипативными процессами и нелинейностью. Превышение диссипативных процессов над нелинейными приводит к наблюдаемым временам жизни автогенерационных колебаний. Немного о первоисточнике данных колебаний. Возможно, они связаны с основными тонами и обертонами высоких порядков собственных колебаний Земли, которые могут существовать при относительно низкой сейсмоактивности Земли [8], возможно, с существующими в рассматриваемых регионах конкретных осцилляторов-генераторов. Различие в периодах рассматриваемых колебаний на м. Шульца и на юге о. Тайвань, но подобие их динамических особенностей, делают второе предположение более реалистичным.

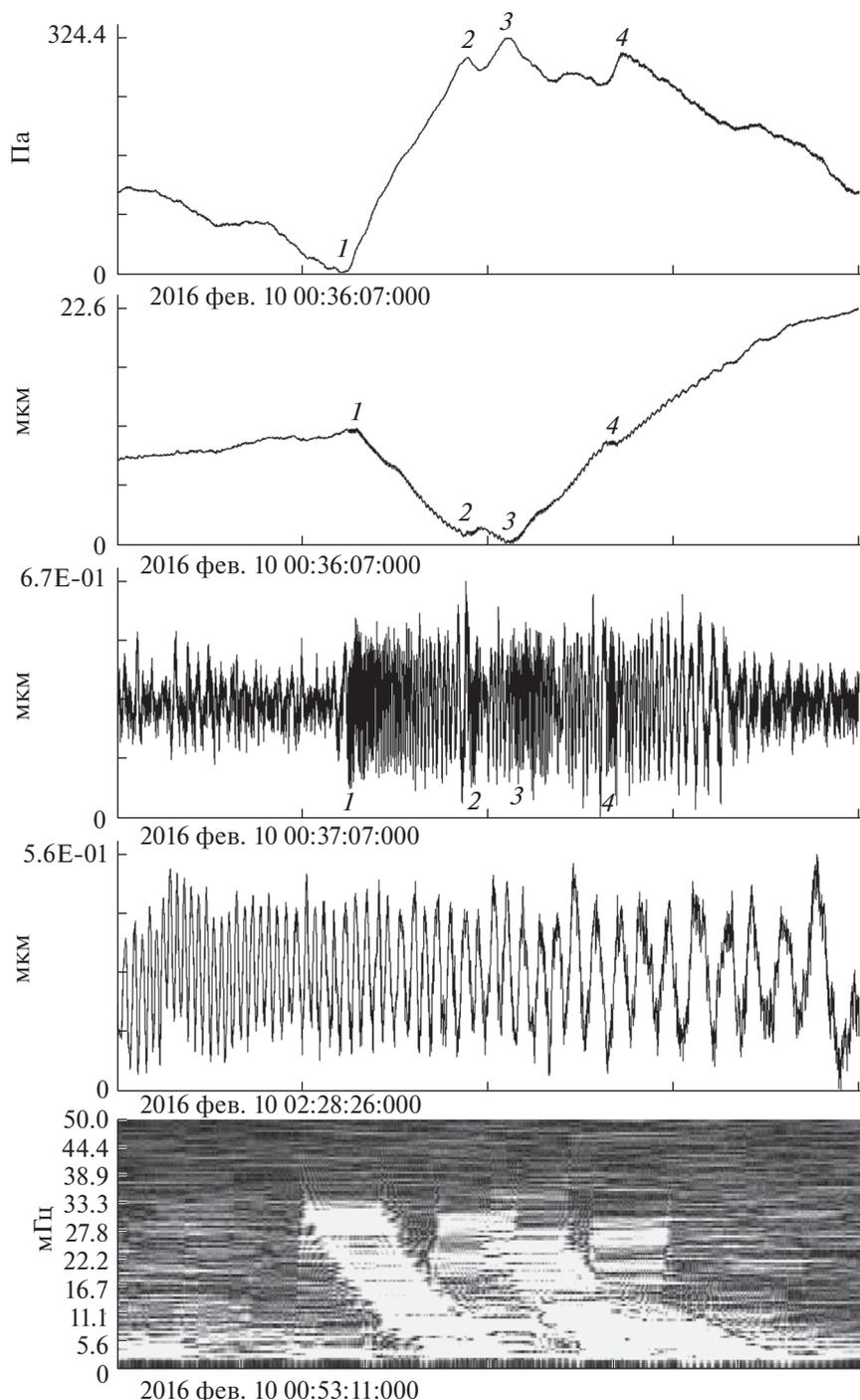


Рис. 1. Запись лазерного нанобарографа (первый сверху), запись лазерного деформографа (второй сверху), отфильтрованная запись лазерного деформографа в полосе 0.002–1 Гц (третий сверху график), участок отфильтрованной записи лазерного деформографа (четвертый сверху график), динамическая спектрограмма записи лазерного деформографа (нижний график).

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (18–05–80011, опасные явления) и программы Президиума ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В.* Введение в нелинейную сейсмологию / Palmarium Academic Publishing, 2013. 393 с.

2. Долгих Г.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В. // Физика Земли. 1998. № 11. С. 76–81.
3. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82–90.
4. Давыдов А.В., Долгих Г.И. // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6. № 7. С. 844–857.
5. Долгих Г.И., Батюшин Г.Н., Валентин Д.И., Долгих С.Г., Ковалёв С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Яковенко С.В. // Приборы и техника эксперимента. 2002. № 3. С. 120–122.
6. Долгих Г.И. // Письма в ЖТФ. 2011. Т. 37. Вып. 5. С. 24–30.
7. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Чупин В.А., Юй-Хунг Хсяо // ДАН. 2016. Т. 471. № 4. С. 470–474.
8. Долгих Г.И., Копвиллем У.Х., Павлов А.Н. // Известия АН СССР. Физика Земли. 1983. № 2. С. 15–20.

AUTOGENERATIC PROCESSES IN SYSTEM “THE ATMOSPHERE–EARTH’S CRUST”

Academician of the RAS G. I. Dolgikh^{a, #}, S. S. Budrin^a, and S. V. Yakovenko^a

^a Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation
[#]E-mail: dolgikh@poi.dvo.ru

When processing synchronous experimental data on atmospheric pressure variations and changes in the level of deformations of the earth's crust, it was found that sharp changes in atmospheric pressure observed during periods close to catastrophic changes in atmospheric pressure lead to the formation of self-generating oscillations of the earth's crust in the infrasonic range and its periods increase rapidly over time.

Keywords: autogeneration, atmospheric pressure, barometric gradient, oscillation of Earth's crust