

ОДНА ИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН СИНХРОННЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ МИКРОСЕЙСМ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

© 2020 г. Д. В. Абрамов¹, А. С. Бебнев^{2, 6}, С. Г. Бычков³, С. В. Горожанцев⁴, В. И. Герман⁵,
М. Н. Дробышев¹, В. Н. Конешов^{1, *}, С. А. Красилов⁴, А. В. Овчаренко⁶, В. Д. Юшкин⁷

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

²Геофизическая обсерватория, г. Арти, Россия

³Горный институт Уральского Отделения РАН, г. Пермь, Россия

⁴Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба РАН, г. Обнинск, Россия

⁵Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья, г. Красноярск, Россия

⁶Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского Отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

⁷Центр геодезии, картографии и ИПД, г. Москва, Россия

*E-mail: slavakoneshov@hotmail.com

Поступила в редакцию 03.07.2019 г.

После доработки 21.01.2020 г.

Принята к публикации 27.01.2020 г.

Описано появление синхронного эпизодического возрастания гравиметрических шумов на станциях, удаленных на расстояния в тысячи километров. Сопоставление с микросейсмическими шумами позволяет говорить об инерциальной, а не о гравиметрической природе зарегистрированных аномалий. Продолжительность аномального повышения микровибраций составляет от нескольких часов до нескольких суток. Природа синхронных микровибраций значительных участков литосферы Земли до конца не выявлена, в статье обсуждаются возможные причины. Проведенный анализ показал, что одной из основных причин повышения микросейсмического фона в европейской части России является влияние прибрежных морей, в частности штормовые микросейсм. Учет этого явления необходим при планировании и выполнении высокоточных гравиметрических съемок и одновременных гравиметрических наблюдений.

Ключевые слова: гравиметр, среднеквадратичное отклонение, сейсмометр, микросейсмический шум, штормовые микросейсм.

DOI: 10.31857/S000233372004002X

ВВЕДЕНИЕ

По своей природе сейсмический шум является явлением многообразным, изучаемым длительное время многими учеными [Соболев и др., 2008; Любушин, 2014; Соболев, 2014]. Авторы данной статьи делают попытку углубиться в область анализа фоновых процессов в земной коре, влияющих на гравиметрические измерения, с целью поиска эффектов корреляции и когерентности таких процессов.

При проведении длительного высокоточного гравиметрического мониторинга наблюдаются аномальные возрастания амплитуды колебаний датчика гравиметра, они продолжают от нескольких часов до десяти и более суток [Собакарь, 1982]. Их дисперсия имеет плавный непериодический характер. Аномалии возрастания гравитационного и сейсмического шума не связаны с конструктивными особенностями различных

приборов, поскольку фиксируются гравиметрами и сейсмометрами, а также лазерными и кварцевыми тензометрами, удаленными друг от друга на значительное расстояние [Антонов, 2017].

Повышение шумовой активности гравиметрических и сейсмических измерений традиционно связывают с различными внешними факторами. Землетрясениями [Абрамов и др., 2018; Михайлов, 2005], метеоритными потоками или с процессами, происходящими на Солнце, с вариациями магнитотеллурического поля [Антонов, 2016], вариациями метеорологических факторов [Абрамов, и др., 2013; Адушкин и др., 2008; Малышева и др., 2018], в том числе с распространением циклонов над водной поверхностью океанов [Табулевич, 1986]. Распространенность шума по площади может объясняться собственными колебаниями Земли, вызванными как сильными землетрясениями, так и неравномерностью ее вращения или воздействием волн Релея, вызванными экзогенными

штормовыми микросейсами первого и второго рода, иначе говоря, морским и океаническим прибором [Монахов, 1977; Рыкунов, 1967]. Гипотез о процессах, приводящих к повышению шумов гравиметрических и сейсмических рядов, достаточно много. При этом непонятно, имеем ли мы дело действительно с возможными изменениями гравитационного поля или с инерциальной помехой, связанной с микроколебаниями поверхности Земли.

Кроме того, по результатам многолетних наблюдений была установлена сезонность повышения уровня аномалий микросейсмического шума и вероятность их возникновения: в зимний период аномалии возникают чаще и большей амплитуды, чем в летний [Бибнев 2017]. Также было замечено влияние строения земной коры северо-восточной части Восточно-Европейской платформы на интенсивность шума [Абрамов и др., 2018; 2013; Антонов 2017]. Учитывая это, а также тот факт, что повышенная дисперсия отсчетов является помехой при высокоточных гравиметрических съемках, в частности при мониторинговых гравиметрических работах [Бычков и др., 2017], то актуальность изучения данного явления несомненна.

Цель данной работы заключается в уточнении характера и, возможно, источника микросейсмических шумов, регистрируемых синхронно приборами, работающими на разных физических принципах, в различных пунктах на значительном расстоянии.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

По проведенным ранее исследованиям были сделаны выводы, что гравиметры, разнесенные между собой почти на 1500 км (Обнинск—Пермь) [Абрамов и др., 2018], а также на небольшое расстояние в 180 км (Арти—Екатеринбург), зарегистрировали один и тот же сигнал или процесс, при этом их отсчеты и СКО гравиметрических отсчетов изменялись практически синхронно. Для более детального изучения этого явления была расширена география исследований.

Сотрудниками Института Физики Земли РАН при содействии сотрудников Горного института ГИ УрО РАН (Пермь), Института геологии и минерального сырья КНИИГиМС (Красноярск), Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН (Обнинск), Института геофизики ИГФ УрО РАН (Екатеринбург) и ООО “НИИМоргеофизика-Сервис.ком” (Мурманск) в течение четырех месяцев (февраль—май 2018 г.) осуществлялась синхронная запись и анализ гравиметрических данных в пунктах, расположенных в северо-восточной части Евразийского континента, для улучшения пони-

мания природы возникновения зашумленности на гравиметрических рядах.

Гравиметрические измерения выполнялись широко распространенными относительными гравиметрами CG-5 Autograv Scintrex, разрешающая способность которых 1 мкГал [CG-5. Гравиметрический..., 2002]. Гравиметрические измерения проводились в Мурманске, Обнинске, Екатеринбурге, Арти и Красноярске (рис. 1).

В результате проведенного эксперимента зарегистрировано снижение амплитуды как гравиметрических отсчетов, так и их среднеквадратичного отклонения (СКО) при удалении от берегов Баренцева моря. При этом, если в гравиметрических отсчетах, зарегистрированных в Обнинской обсерватории, остались шумы только от наиболее сильных воздействий (18—19 марта и 24—25 марта), то в СКО, зарегистрированных в Екатеринбургской обсерватории, наблюдаются отклики и более слабых воздействий по всей продолжительности измерений.

Частоту зарегистрированного эффекта можно оценить, зная принцип работы регистрирующего устройства гравиметра. Гравиметр регистрирует измерения с частотой 6 Гц, после чего с периодом, установленным оператором, вычисляются гравиметрические отсчеты и их СКО [CG-5. Гравиметрический ..., 2002]. Гравиметрические отсчеты вычисляются средним арифметическим из выборки 6 Гц измерений, в результате чего высокочастотная информация отфильтровывается. СКО гравиметрических отсчетов напротив, характеризует зашумленность выборок 6 Гц измерений, используемых для получения отсчетов, то есть фиксирует шумы в частотном диапазоне от 6 Гц до периода накопления данных. В нашем эксперименте использовался период накопления данных, равный 1 мин, следовательно, гравиметрические отсчеты фиксируют низкочастотные эффекты до 1/60 Гц, а СКО фиксирует влияние высокочастотных явлений в частотном диапазоне 6—1/60 Гц, то есть в том числе и микросейсмическое воздействие.

Данные сейсмических измерений содержат информацию о высокочастотных шумах, на основании чего в эксперимент были включены данные с сейсмических станций международной организации Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS).

Возможность сопоставления гравиметрических и сейсмических данных объясняется тем, что как первые, так и вторые содержат информацию о реакции земной коры на внешние воздействия и имеют перекрывающийся диапазон частот измерений.

Исходя из этого для корректного сопоставления сейсмических и гравиметрических данных целесообразно было использовать СКО. Сейсмические ряды, используемые в эксперименте, диф-

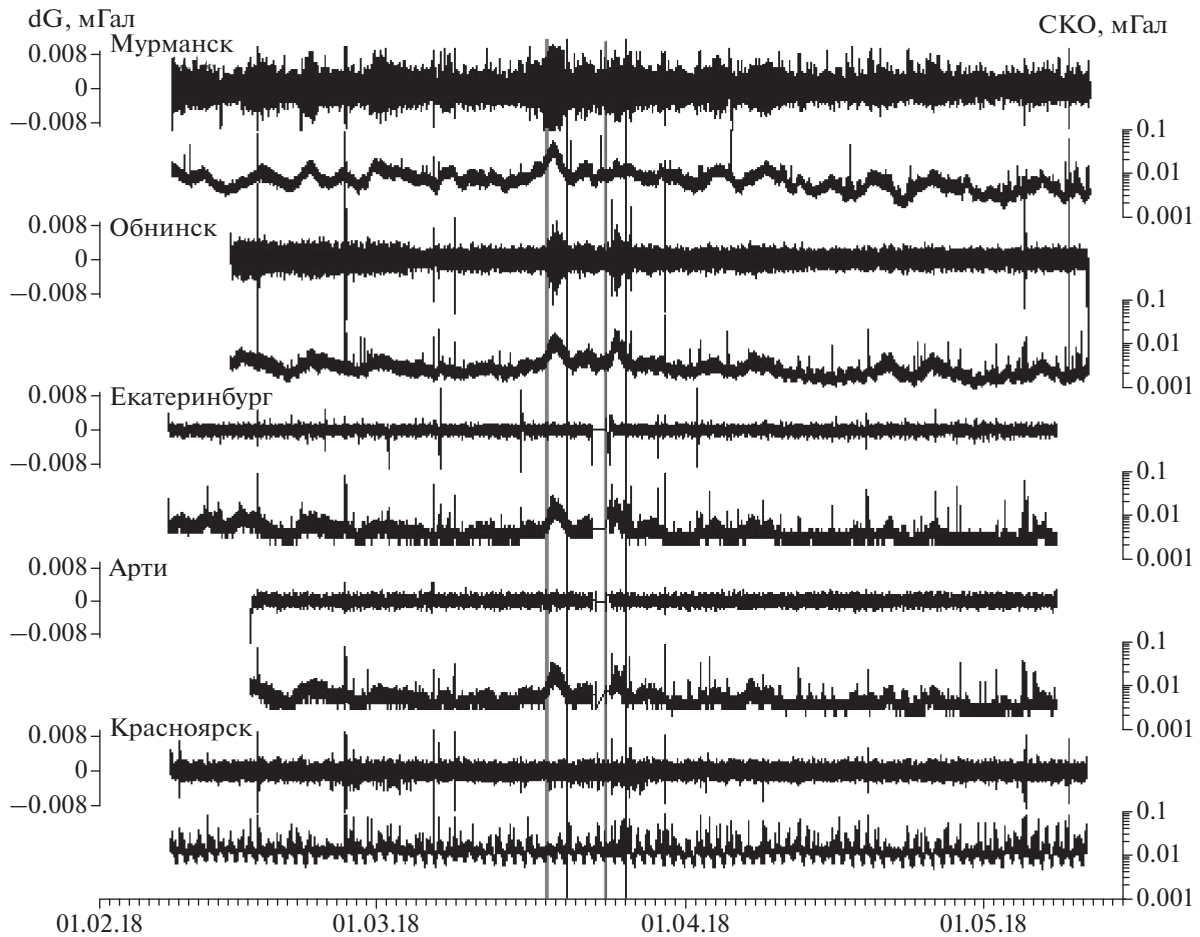


Рис. 1. Ряды гравиметрических отсчетов (dG) и СКО за 4 месяца по 5 станциям. Вертикальными линиями выделено значительное повышение зарегистрированного шума.

ференцировались и обрабатывались по алгоритму, аналогичному алгоритму гравиметра с единственной поправкой на разную частоту исходных данных [Дробышев и др., 2013; 2014].

За время наблюдений было зарегистрировано несколько сильных землетрясений с магнитудой выше 6.5: 16.02.2018 г., $M7.2$ в Мексике; 02.04.2018 г., $M6.8$ в Боливии; 04.05.2018 г., $M6.9$ на Гавайях. Несколько землетрясений в Папуа-Новой Гвинее: 25.02.2018 г., $M7.5$; 06.03.2018 г., $M6.7$; 08.03.2018 г., $M6.8$; 26.03.2018 г., $M6.7$; 29.03.2018 г., $M6.9$.

По зарегистрированным сильным землетрясениям, с учетом времени прихода, контролировалась синхронность записей на пунктах, после чего они, а также более слабые сейсмические события были отфильтрованы из рядов СКО, для проведения корреляционного анализа.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ряды СКО гравиметрических и сейсмических данных, полученные в результате четырех месяцев

измерений были обработаны скользящим 1-часовым фильтром, чтобы выделить возрастание амплитуды зашумленности в периоде от одного часа и ниже. Результаты измерений в пунктах, расположенных в северо-восточной части Евразийского континента, представлены на рис. 2.

По изображенным на рис. 2 графикам можно заметить явное сходство между шумами, зарегистрированными в европейских пунктах на всей продолжительности измерений, за исключением пункта Конгсберг (рис. 2, станции 1–6). На восток от Урала, в отдельные периоды, также наблюдается общее сходство для групп станций. Например, с 19 по 28 февраля и с 5 по 15 марта (рис. 2, станции 9–15). Во временном промежутке с 20 апреля по 5 мая северо-восточные пункты регистрируют повышение шума, не доходящее до южных и европейских районов (рис. 2, станции 12–15). С 21 по 30 марта в Обнинске зарегистрировано возмущение синхронное с Анкарой, Гарни и некоторыми другими южными пунктами (рис. 2, станции 4–9).

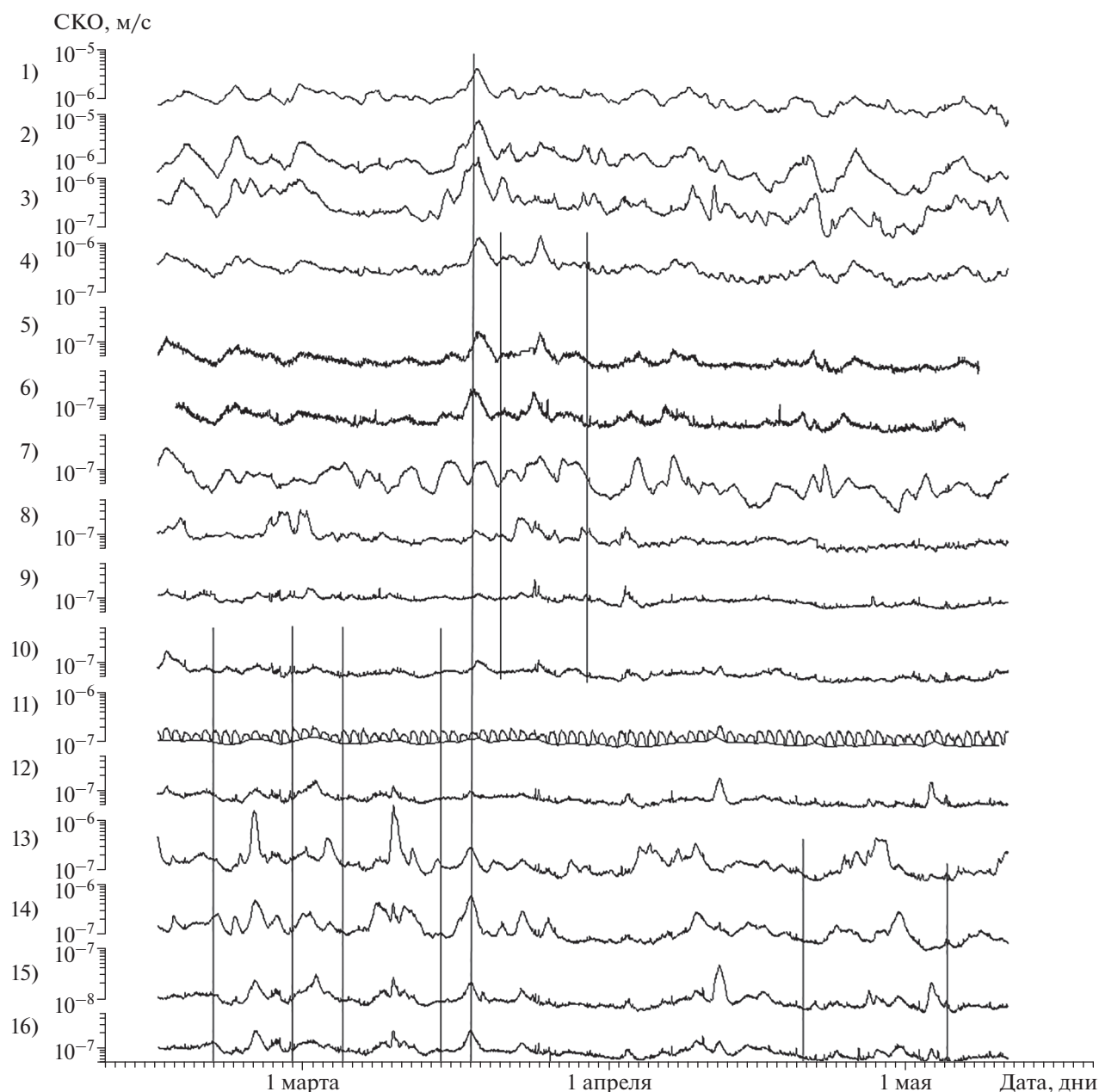


Рис. 2. SKO гравиметрических и сейсмических данных фильтрованные 1-часовым фильтром, полученных в пунктах, расположенных в северо-восточной части Евразийского континента: 1) – Мурманск; 2) – Утэйоки; 3) – Нью-Олесунн; 4) – Обнинск; 5) – Екатеринбург; 6) – Арти; 7) – Конгсберг; 8) – Анкара; 9) – Гарни; 10) – Маканчи; 11) – Красноярск; 12) – Улан-Батор; 13) – Магадан; 14) – Билибино; 15) – Якутск; 16) – Тикси. Вертикальными линиями обозначены временные промежутки, описанные ниже.

Из-за масштаба может сложиться впечатление, что в период с 17 по 20 марта происходило синхронное увеличение амплитуды на всех пунктах наблюдения, однако это ошибочно, северо-восточные пункты зарегистрировали пиковое значение амплитуды раньше остальных более чем на сутки.

Для объективной оценки синхронности изменения амплитуды использовался корреляцион-

ный анализ. При проведении анализа рассчитывался коэффициент парной корреляции между всеми пунктами по полному ряду рассчитанных SKO данных (рис. 2). Из-за значительного ежесуточного перепада уровня SKO в Красноярске, связанного с влиянием техногенных факторов, при сравнении использовалась нижняя граница зашумленности красноярских данных. Результаты корреляционного анализа представлены в ви-

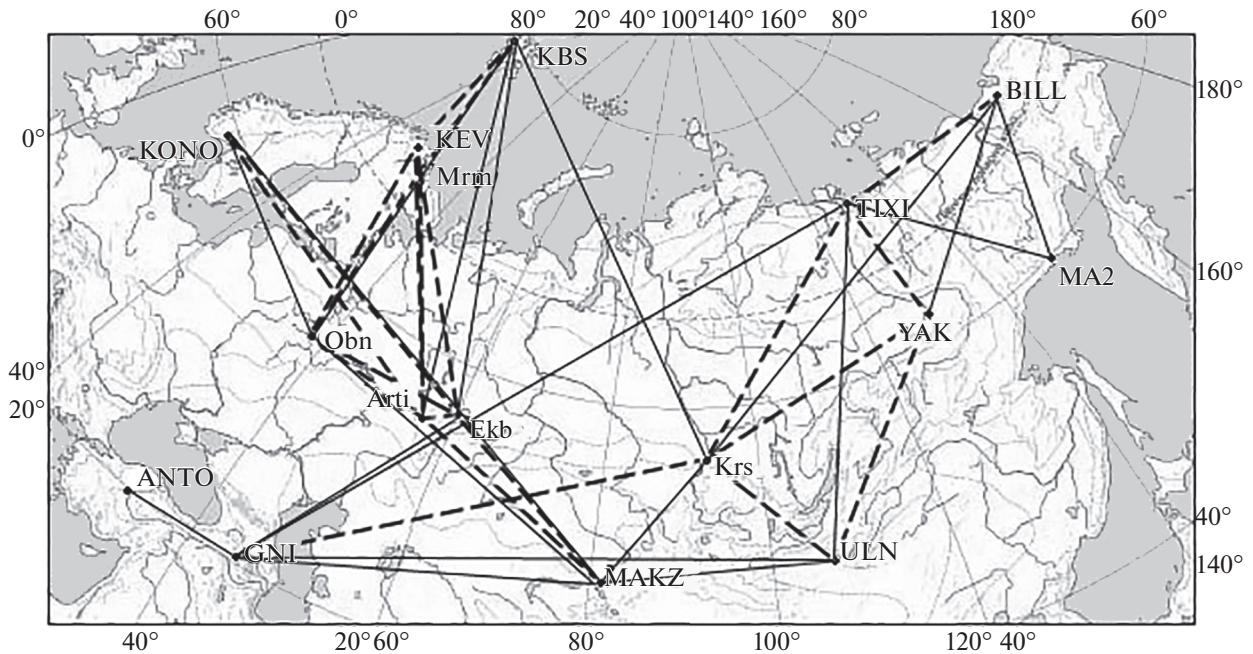


Рис. 3. Карта расположения пунктов и корреляционных связей. Коэффициенты корреляции выше 0.7 обозначены пунктирными линиями, а коэффициенты от 0.5 до 0.7 – тонкими линиями. Пункты гравиметрических измерений обозначены сокращениями: Мурманск (Mgm); Обнинск (Obn); Арти (Arti); Екатеринбург (Ekb); Красноярск (Krs). Пункты организации IRIS: Нью-Олесунн (KBS); Конгсберг (KONO); Утейоки (KEV); Анкара (ANTO); Гарни (GNI); Маканчи (MAKZ); Улан-Батор (ULN); Якутск (YAK); Магадан (MA2); Тикси (TIXI); Билибино (BILL).

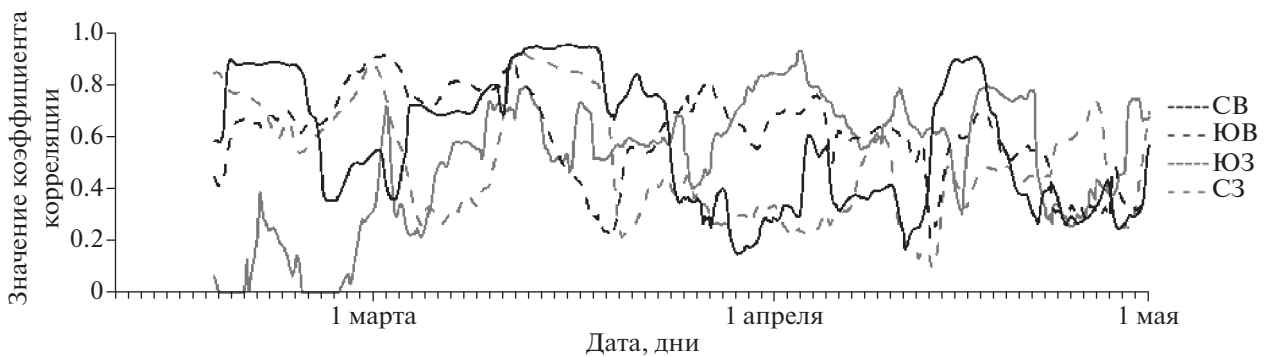


Рис. 4. Полученные средние значения попарных коэффициентов корреляции в скользящем временном окне для четырех групп пунктов.

де связей между пунктами на карте (рис. 3). Выделена сильная (коэффициент выше 0.7) и слабая корреляция (коэффициент от 0.5 до 0.7). Для сейсмических станций применены условные обозначения пунктов, принятые организацией IRIS, а для пунктов гравиметрических наблюдений использованы сокращенные названия городов (Mgm, Obn, Ekb, Arti, Krs).

Взяв за основу результаты “грубого” корреляционного анализа по полным рядам данных, пункты были условно разделены на четыре группы: Северо-Восточные (Тикси, Магадан, Билибино и Якутск), Юго-Восточные (Красноярск,

Маканчи и Улан-Батор), Юго-Западные (Гарни и Анкара) и Северо-Западные (Европейские пункты, включая Екатеринбург). Для всех пар пунктов внутри каждой группы был рассчитан коэффициент корреляции в скользящем временном окне длиной 7 дней, из которых были рассчитаны средние значения. Полученные средние значения попарных коэффициентов корреляции в скользящем временном окне для четырех групп представлены на рис. 4.

Результаты корреляционного анализа подтверждают различие между зашумленностью данных, зарегистрированных в различных частях

евразийского континента, что можно частично объяснить особенностями территории, на которой проводился эксперимент [Хаин, 2001].

Пункты Утсйоки, Мурманск и пункт Нью-Олесунн расположены по разные стороны разлома, однако имеют общий характер зашумленности. Исходя из этого можно предположить, что они имеют общий, близкий источник помех, предположительно Баренцево море, а большие водные преграды (моря, заливы и т.п.) не являются значимой преградой для распространения исследуемых шумов.

Пункт Конгсберг расположен в грабене Осло, что значительно снижает влияние Белого и Баренцева моря. Пункты Утсйоки, Мурманск и Обнинск, расположенные на Восточно-Европейской платформе, вместе с пунктом Нью-Олесунн демонстрируют постепенное затухание шумового эффекта.

Екатеринбургские данные, несмотря на расположение пункта на Уральском хребте, имеют лучшую корреляцию с европейскими пунктами, по причине особенностей строения хребта в этом районе (значительного понижение высоты гор). Примечательно также, что через Екатеринбург проходят три слабых корреляции между очень удаленными станциями Конгсберг–Маканчи, Обнинск–Маканчи и Гарни–Тикси.

Данные с пунктов, расположенных к востоку от Уральского хребта, в основном, имеют высокую корреляцию между собой, за исключением пункта в Маканчи, который имеет лучшую корреляцию с европейскими данными. Корреляцию данных из Гарни и Красноярска можно объяснить расположением пунктов вдоль Альпийского складчатого пояса.

Магадан, расположенный на Охотско-Чукотском палиовулканическом поясе Верхояно-Чукотской складчатой области, отделен от остальных пунктов горными хребтами, но тем не менее коррелирует с Тикси и Билибино.

Пункты Анкара и Гарни, расположенные в складчатой области, частично отделены хребтами Кавказа от пунктов на Восточно-Европейской платформе.

Проведенные корреляционные связи говорят о снижении интенсивности шумов горными массивами.

Пункты Тикси и Билибино расположены на одном горном массиве, но при этом имеют высокую корреляцию данных. В этом случае горный массив не является значимым препятствием — видимо важно отсутствие резких изменений рельефа.

Учитывая результаты проведенного корреляционного анализа было сделано предположение, что одной из основных причин повышения мик-

росейсмического фона в европейской части России является влияние прибрежных морей. Источник помех на Дальнем Востоке определить сложнее, в силу недостаточного числа пунктов и более сложного геологического строения региона.

Для полноты оценки аномалий СКО был выполнен спектральный анализ в период высокого значения амплитуды воздействия (рис. 5). Приведены результаты с пунктов, находящихся на разном удалении от Белого моря.

Наблюдается значительное снижение зашумленности при удалении от моря. Частота зарегистрированного микросейсмического шума соответствует диапазону 0.1–0.5 Гц, что в сумме с явлением экранирования горными системами, в частности, Уралом, с затуханием сигнала по станциям от севера к югу, позволяет предположительно отнести его к экзогенным штормовым микросейсам.

Сопоставление аномалий дисперсии гравиметрических рядов с количеством землетрясений ($M > 3$) в сутки [Абрамов и др., 2018] и отсутствие корреляции, косвенно подтверждают возможность связи микросейсмических шумов и штормовых микросейсм [Науменко, 1979].

Нельзя исключать возможность объяснения аномалий микросейсмического шума влиянием других разнообразных факторов, например, метеорологических, поскольку они напрямую взаимосвязаны с возникновением штормов. При проведении дальнейших исследований планируется использование рядов изменения атмосферного давления [Адушкин и др., 2008] как в самих пунктах наблюдения, так и близлежащих населенных пунктах, для оценки степени его воздействия.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные временные ряды и проведенный для них корреляционный анализ, показывают, что процесс увеличения или ослабления микросейсмического шума развивается синхронно на больших территориях. Количественные оценки инерциальных эффектов сейсмоприемников и гравиметров указывают, с очень большой вероятностью, на микровибрации Земли как основной источник аномалий СКО. Тем не менее этот источник может оказаться вторичным, т.е. быть реакцией земной коры на первичное возбуждение неизвестной природы.

Установить более точные границы корреляции или синхронности шумовых вариаций можно будет при значительном увеличении числа станций мониторинга, при одновременном совершенствовании методов пространственно-временного анализа подобных явлений. Нами сделана лишь попытка определить первые, относительно грубые, размеры таких территорий в пределах Северной Евразии.

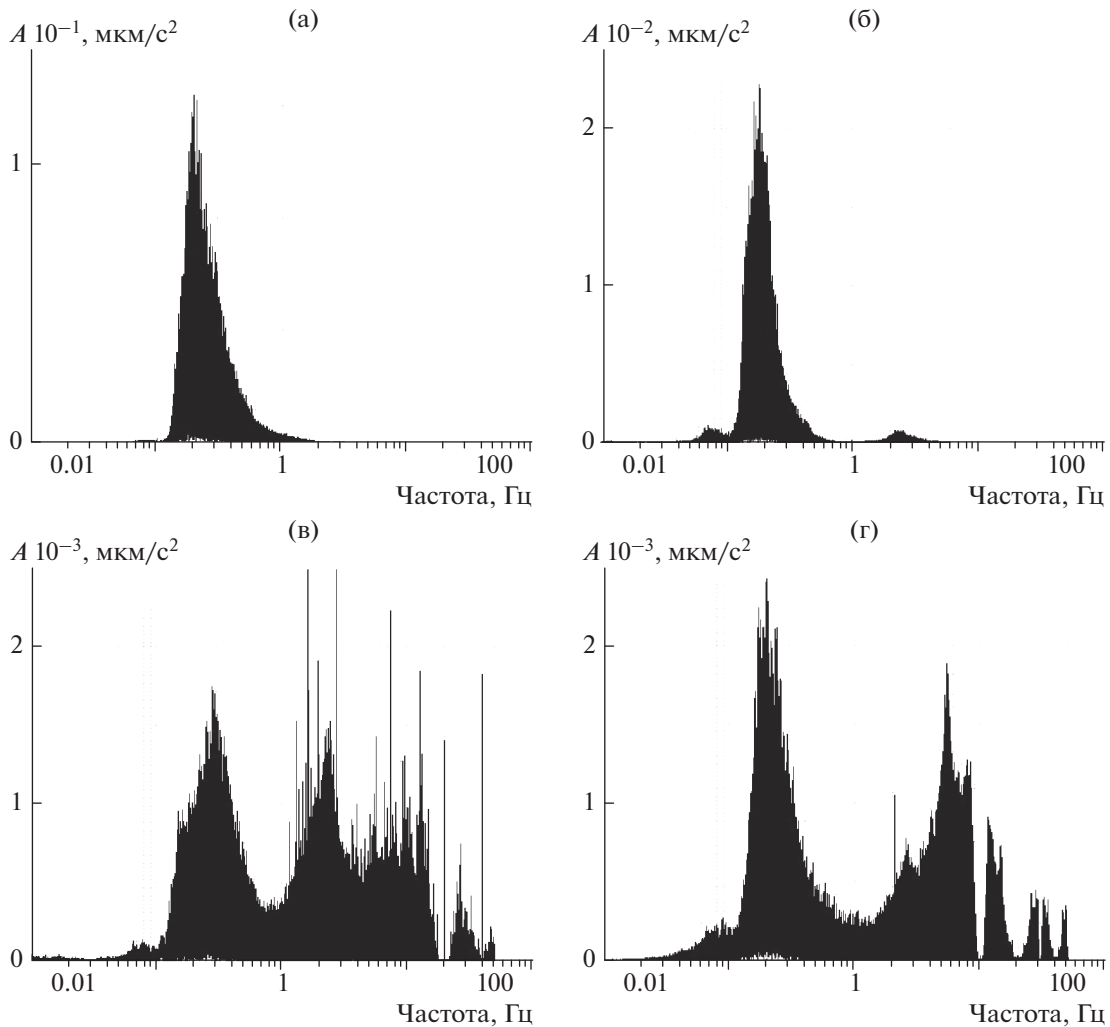


Рис. 5. Спектры мощности шума за период 18–20 марта в пунктах: (а) Утсуйоки; (б) Обнинск; (в) Анкара; (г) Улан-Батор.

В данной работе не удалось выявить надежную и достоверную причину эпизодических микровибраций Земли. Полученные временные ряды аномалий СКО, на наш взгляд, представляют информационную основу для поиска этой причины путем сравнения с данными других видов геодинимического, космического и дистанционного мониторинга Земли на частотах до 6 Гц.

Повышение шумовой гравитационной и сейсмической активности традиционно связывают с различными внешними и внутренними для Земли факторами. Все эти факторы целесообразно систематизировать и оценить возможность создания ими регистрируемых шумов.

К таким факторам относят: *штормы, циклоны, внутренние гравитационные волны в атмосфере, сильные и местные землетрясения, движения мантии, вариации параметров солнечной активности, метеорные потоки, выбросы плазмы из солнца и многое другое.* Список далеко не полон, однако он показывает, какой объем работы нужно выпол-

нить для установления и доказательства причины синхронной микровибрации больших участков Земли. Может также оказаться, что эта причина является комплексной, т.е. вызвана совокупностью нескольких процессов. Влияние возможных факторов будет рассмотрено в последующих работах.

Учитывая, что повышенная дисперсия отсчетов является помехой при высокоточной гравиметрической съемке и долговременных гравиметрических наблюдениях, не следует забывать также о прикладной роли исследований данного явления. Работы по методам учета и исключения микросейсмических помех, независимо от их природы, следует продолжать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение эффекта эпизодической синхронной вибрации литосферы Земли на больших территориях требует широкой международной ко-

операции усилий различных организаций и исследователей.

В результате проделанной работы получены следующие, основные выводы:

– при определении продолжительности высокоточной гравиметрической съемки и долговременных гравиметрических наблюдений необходимо учитывать уровень микросейсмического шума;

– наблюдаемый непериодический сейсмический шум в европейской части России, вероятно, является результатом воздействия, источник которого расположен в районе северных морей;

– снижение корреляционных связей горными массивами, и результаты частотного анализа позволяют сделать вывод о возможном поверхностном типе сейсмических волн;

– полученные результаты указывают на штормовое происхождение микросейсмического шума, но требуется проделать еще значительный объем работы, что бы с уверенностью определить источник.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа выполнена в рамках гос. задания ИФЗ РАН и планов НИР других организаций участников.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят технических специалистов гравиметрических станций за помощь в проведении эксперимента. Также авторы выражают благодарность сотрудникам, работающим в рамках проекта IRIS, за создание общедоступной и удобной сейсмометрической базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Д.В., Бебнев А.С., Бычков С.Г., Горожанцев С.В., Дробышев М.Н., Овчаренко А.В., Храпенко О.А.* Проведение синхронных экспериментальных гравиметрических наблюдений в 2017–2018 годах в точках, разнесенных на большие расстояния. Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Сборник научных трудов. Вып. 1(46). Пермь: ГИ УрО РАН, ПГНИУ. 2019. С. 8–11.
- Абрамов Д.В., Бычков С.Г.* Возможная природа пульсаций гравитационного поля. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. Казань: Казанский университет. 2018. С. 16–18.
- Абрамов Д.В., Дробышев М.Н., Конешов В.Н.* Оценка влияния сейсмических и метеорологических факторов на точность измерений относительным гравиметром // Физика Земли. 2013. № 4. С. 105–110.
- Адушкин В.В., Локтев Д.Н., Спивак А.А.* Влияние барических возмущений атмосферы на микросейсмические процессы в земной коре // Физика Земли. 2008. № 6. С. 77–85.
- Антонов Ю.В.* Всплески неприливных вариаций силы тяжести // Геофизика. 2017. № 1. С. 28–34.
- Антонов Ю.В.* Пульсации гравитационного поля. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. Воронеж: ВГУ. 2016. С. 17–19.
- Бебнев А.С.* Сезонная составляющая по результатам мониторинговых наблюдений гравитационного поля на обсерватории “Арти”. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: Девятое научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Екатеринбург, ИГфУрО РАН. 2017. С. 51–54.
- Бычков С.Г., Мичурин А.В., Симанов А.А.* Гравиметрический мониторинг аварийных участков рудников Верхнекамского месторождения калийных солей. Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь. ПГНИУ. 2017. С. 132–137.
- Дробышев М.Н., Конешов В.Н.* Оценка предельной точности гравиметра CG-5 Autograv // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49. № 2. С. 39–43.
- Дробышев М.Н., Конешов В.Н.* Учет сейсмического воздействия на высокоточные измерения гравиметром CG-5 Autograv // Физика Земли. 2014. № 4. С. 131–134.
- Любушин А.А.* Анализ когерентности глобального сейсмического шума, 1997–2012 // Физика Земли. 2014. № 3. С. 18–27.
- Мальшева Д.А., Абрамов Д.В., Дробышев М.Н., Конешов В.Н.* Влияние метеофакторов на уровень микросейсмического фона при долговременных гравиметрических наблюдениях с погрешностью порядка первых микрогал // Сейсмические приборы. 2018. Т. 54. № 1. С. 19–28.
- Михайлов И.Н.* Новые результаты по регистрации краткосрочных предвестников катастрофических событий (землетрясений). Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Пермь: ГИ УрО РАН. 2005. С. 193–194.
- Монахов Ф.И.* Низкочастотный сейсмический шум Земли. М.: Наука. 1977. 94 с.
- Науменко Б.Н.* Явление частичной ликвидации тектонических напряжений штормовыми микросейсмами // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1979. № 8. С. 72–75.
- Рыкунов Л.Н.* Микросейсмы. Экспериментальные характеристики естественных микровибраций грунта в диапазоне периодов 0.07–8 с. М.: Наука. 1967. 86 с. (Результаты МГП, № 7).
- Собакарь Г.Т.* Неприливные изменения силы тяжести. Киев: Наукова думка. 1982. 136 с.
- Соболев Г.А., Любушин А.А., Закржевская Н.А.* Асимметричные импульсы, периодичности и синхронизация низкочастотных микросейсм // Вулканология и сейсмология. 2008. № 2. С. 135–152.
- Соболев Г.А.* Сейсмический шум. М.: ООО “Наука и образование”. 2014. 272 с.
- Табулевич В.Н.* Комплексные исследования микросейсмических колебаний. Новосибирск: Наука. 1986. 151 с.
- Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир. 2001. 606 с.
- CG-5. Гравиметрический комплекс Autograv компании Scintrex. Руководство по эксплуатации: пер. с англ. AGT Systems. М. 2002. 248 с.

One Probable Cause of Synchronous Continental Microseisms in Northern Eurasia

**D. V. Abramov^a, A. S. Bebnev^{b,f}, S. G. Bychkov^c, S. V. Gorozhantsev^d, V. I. German^e,
M. N. Drobyshev^a, V. N. Koneshov^{a,*}, S. A. Krasilov^d, A. V. Ovcharenko^f, V. D. Yushkin^g**

^a*Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, 123242 Russia*

^b*Geophysical Observatory "Arti," Arti, Sverdlovsk oblast, 623341 Russia*

^c*Mining Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm, 614007 Russia*

^d*Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, Obninsk, 249035 Russia*

^e*Krasnoyarsk Research Institute of Geology and Mineral Resources, Krasnoyarsk, 660049 Russia*

^f*Institute of Geophysics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 620016 Russia*

^g*Center for Geodesy, Cartography and IPD, Moscow, Russia*

**e-mail: slavakoneshov@hotmail.com*

The phenomenon of synchronous episodic increase in gravimetric noise at the stations distant by thousands of kilometers from each other is described. The comparison with microseismic noise suggests inertial rather than gravimetric origin of the recorded anomalies. The duration of anomalous enhancement in microvibrations ranges from a few hours to a few days. The nature of synchronous microvibrations involving significant segments of the Earth's lithosphere is unclear; the probable causes are discussed. The conducted analysis has shown that among the key factors responsible for the increase in the microseismic noise in the European part of Russia is the influence of marginal seas, in particular, the storm-generated microseisms. The allowance for this phenomenon is necessary in planning and conducting high-precision gravity surveys and long-term gravity observations.

Keywords: gravimeter, root mean square deviation, seismometer, microseismic noise, storm-induced microseisms