

ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ПОВЫШЕННОЙ ДИСПЕРСИИ ОТСЧЕТОВ ГРАВИМЕТРА

С.Г. БЫЧКОВ

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Для получения информации по периодическим повышениям интенсивности микросейсмического шума осуществлена синхронная регистрация гравиметрами CG-5 Autograv в Перми, Обнинске, Мурманске, Екатеринбургe и Красноярске. При проведении измерений были зарегистрировано синхронное повышение интенсивности микросейсмического шума. Анализ записей приборов позволил выявить некоторые свойства вариаций интенсивности микросейсмического шума, позволяющие отнести их к экзогенным штормовым микросейсам. Сделан вывод, что зарегистрированное воздействие имеет субконтинентальный характер. Для уточнения областей распространения и причин возникновения данного воздействия необходимы дальнейшие исследования.

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

Введение

Высокоточные гравиметрические съемки и прежде всего мониторинговые работы, проводимые на Верхнекамском месторождении калийных солей [5, 8], требуют тщательного учета различного рода помех при измерении гравитационного поля. Одной из таких помех является повышенная дисперсия отсчетов, а также резкие возрастания амплитуды колебаний датчика гравиметра. Эти помехи имеют непериодический характер и продолжаются от нескольких часов до нескольких суток [4]. Совместно с сотрудниками Института Физики Земли РАН и рядом других организаций нами проведены эксперименты по выяснению природы повышенной дисперсии отсчетов гравиметра [1].

Измерение поля силы тяжести гравиметром серии Autograv CG (Scintrex) производится путем постоянного усреднения замеров датчика, снимаемых с периодичностью 6 Гц. Выходной сигнал прибора помимо усредненного значения поля за определенный оператором период времени содержит дисперсию отсчета и ряд поправок (за лунно-солнечные притяжения, наклоны прибора, температуру и др.). Поскольку система Autograv может быть переведена в режим циклических измерений, то имеется возможность непрерывной записи вариаций гравитационного поля.

Многими исследователями [2, 3, 7, 9] выполнялись наблюдения вариаций гравитационного поля и отмечены незакономерные резкие возрастания амплитуды колебаний датчика гравиметра, названные Ю.В. Антоновым [2] пульсациями, имеющими знакопеременный характер, и всплесками преимущественно положительного знака силы тяжести. Пульсации фиксируются синхронно гравиметрами, удаленными друг от друга на тысячи километров, т.е. не связаны с конструктивными особенностями различных приборов, метеорологическими, гидрогеологическими или другими локальными факторами.

Экспериментальные исследования 2017 г.

В течение полутора месяцев (февраль-апрель) 2017 г. осуществлялась синхронная запись показаний гравиметров, установленных в Перми и в Обнинске [4]. Дискретность записи составляла 1 мин, фильтр сейсмических помех был выключен и включена запись лунно-солнечного притяжения. В Перми гравиметр был установлен в пригороде вдали от техногенных помех на бетонном полу в неотапливаемом помещении, в Обнинске – в обсерватории Единой геофизической службы РАН.

Обработка первичных данных заключалась в устранении линейного тренда записи, обусловленного смещением нуля-пункта прибора, путем осреднения скользящим окном 20 мин. Для анализа использовались локальная (остаточная) составляющая записи гравиметра, а также величина дисперсии отсчета (параметр SD).

По проведенным ранее исследованиям были сделаны выводы, что гравиметры, разнесенные между собой почти на 1500 км (Обнинск - Пермь), зарегистрировали один и тот же сигнал или процесс, при этом их отсчеты и дисперсия гравиметрических отсчетов изменялись синхронно (коэффициент корреляции между показаниями гравиметров 0.97) [4]. Нами проверены гипотезы связи данных вариаций с метеорологическими явлениями (хотя было ясно, что в Перми и Обнинске в данный момент времени различны атмосферное давление, влажность воздуха и пр.), с солнечной активностью по данным европейской обсерватории (<http://sidc.oma.be>) и с землетрясениями по каталогам Геофизической службы РАН (<http://www.ceme.gsras.ru>). Зависимости между повышенной дисперсией отсчетов и перечисленными явлениями не установлено. Вследствие чего было решено расширить географию проведения эксперимента.

Экспериментальные исследования 2018 г.

Сотрудниками Института Физики Земли РАН при содействии сотрудников Горного института УрО РАН, Института геологии и минерального сырья КНИИГиМС (Красноярск), Геофизической службы ГС 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 гравиметрических данных в пунктах, расположенных в северо-восточной части Евразийского континента [1]. В эксперимент так же были включены данные с сейсмических станций международной организации Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). Расположение пунктов наблюдений на фоне тектонической карты показано на рис. 1.

Сейсмические ряды, используемые в эксперименте, дифференцировались и обрабатывались по алгоритму, аналогичному алгоритму обработки гравиметрических данных с единственной поправкой на разную частоту исходных данных [6]. Ряды среднеквадратических отклонений гравиметрических и сейсмических данных, полученные в результате четырех месяцев измерений были профильтрованы 1-часовым фильтром. При проведении анализа рассчитывался коэффициент корреляции между всеми пунктами по полному ряду данных.

Результаты измерений в пунктах, расположенных в северо-восточной части Евразийского континента, представлены на рис. 1, где красными и синими линиями объединены пункты, в которых коэффициент корреляции между записями приборов составляет более 0.7. Как видно из рисунка, пункты с синхронной записью объединяются в два кластера: Европейский и Азиатский, разделенные Уральскими горами. Исключение составляют пункты в Казахстане и Армении. Записи в Магадане и Анкаре не согласуются с остальными.

Спектральный анализ записей, произведенный в ИФЗ РАН, показал, что частота зарегистрированного сигнала соответствует диапазону 0.1-0.5 Гц, что в сумме с явлением экранирования горными системами, в частности Уралом, а также сопоставление повышенной дисперсии с атмосферным давлением и штормами в Северном море, позволяет отнести его к экзогенным штормовым микросейсам. Сделано предположение, что одной из основных причин повышения микросейсмического фона в европейской части России является влияние прибрежных морей [1].

Источник помех на востоке определить сложнее, в силу недостаточного числа пунктов и более сложного геологического строения региона. Проведенные работы по сопоставлению дисперсии отсчетов гравиметра с количеством землетрясений $M > 3$ в сутки [4] косвенно подтверждают отнесение микросейсмических шумов к штормовым микросейсам. Нельзя исключать возможность объяснения явления повышения микросейсмического шума влиянием метеорологических факторов, поскольку они напрямую взаимосвязаны с возникновением штормов. При проведении дальнейших исследований необходимо использование рядов изменения атмосферного давления в пунктах наблюдения для оценки степени воздействия.

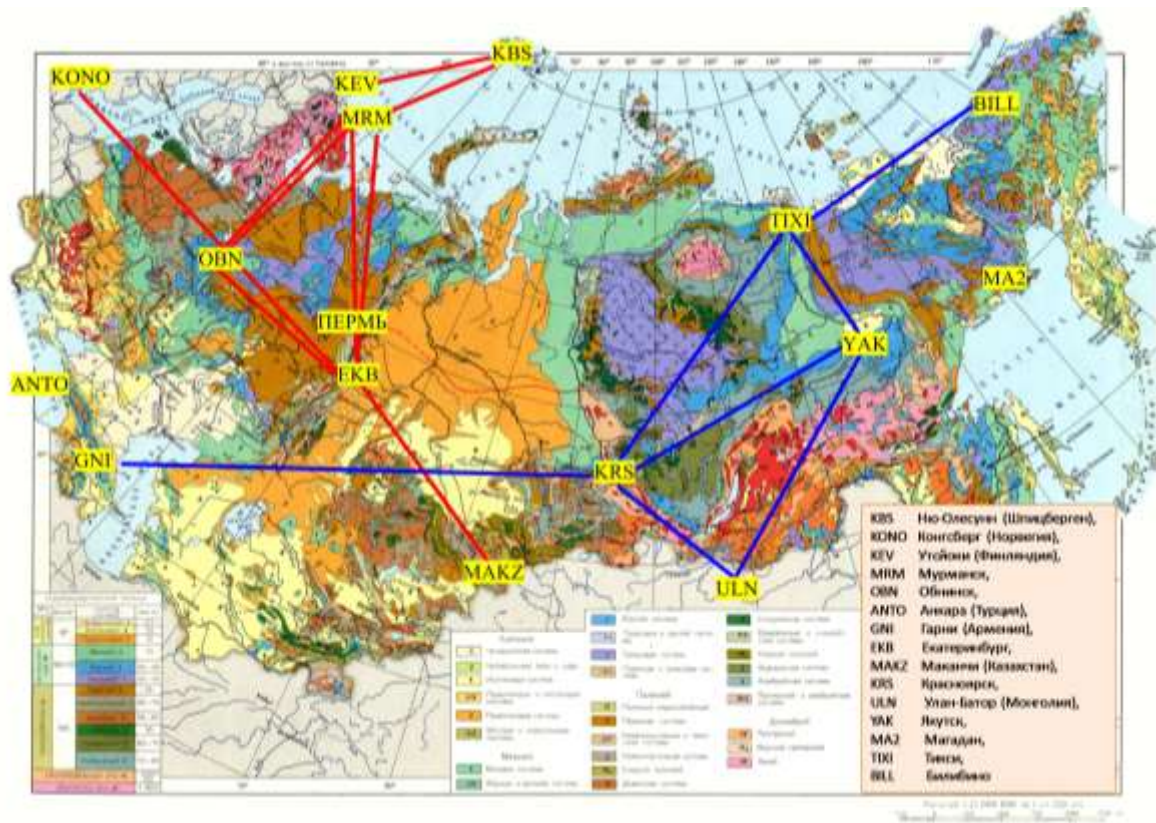


Рис. 1. Карта расположения пунктов регистрации на тектонической карте

Заключение

В результате проделанной работы получены следующие, основные выводы:

- наблюдаемый неперIODический сейсмический шум, увеличивающий дисперсию отсчетов гравиметра, в европейской части России является результатом воздействия, возникающего в северных морях;
- невозможность преодоления горных массивов, местоположение источника в северных морях и результаты частотного анализа позволяют сделать вывод о поверхностном типе сейсмических волн, вызванных штормовыми микросейсмами;
- при определении продолжительности гравиметрических измерений необходимо учитывать метеорологическую обстановку в прилегающих к месту измерений морях и степень удаленности от них;
- проведение данного эксперимента показало практическую возможность и перспективность совместного анализа микросейсмического шума приборами, работающими на разных физических принципах;
- учитывая сезонность повышения микросейсмического шума, высокоточные гравиметрические исследования на ВКМКС рекомендуется проводить в летний период.

В исследовании описанного процесса принимали участие сотрудники Института физики Земли РАН (Москва) Д.В. Абрамов, М.Н. Дробышев и В.Н. Конешов; Геофизической службы РАН (Обнинск) С.В. Горожанцев и С.А. Красилов; Института геофизики УрО РАН (Екатеринбург и Арти) А.С. Бебнев и А.В. Овчаренко; Д.А. Демкин (КНИИ-ГиМС, Красноярск), О.А. Храпенко (ООО "НИИМоргеофизика-Сервис.ком", Мурманск), Е.Ю. Ермолин (GM Service, С.-Петербург), А.А. Симанов и В.В. Хохлова (ГИ УрО РАН, Пермь). Надеюсь, совместными усилиями можно будет установить природу аномальных записей гравиметра.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №19-45-590011).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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: сб. науч. тр. Вып. 1 (46) / ГИ УрО РАН [и др.]. – Пермь, 2019. – С. 8-11.
2. Антонов Ю.В. Всплески непривливаемых вариаций силы тяжести // Геофизика. – 2017. – №1. – С. 28-34.
3. Бебнев А.С. Сезонная составляющая по результатам мониторинговых наблюдений гравитационного поля на обсерватории «Арти» // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: материалы конф. / Ин-т геофизики УрО РАН [и др.]. – Екатеринбург, 2017. – С. 51-54. – (Девятые науч. чтения памяти Ю.П. Булашевича).
4. Бычков С.Г. Аномальные временные ряды записи гравиметров // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 16 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2018. – С. 140-142. DOI: 10.7242/gdsp.2018.16.36.
5. Бычков С.Г., Мичурин А.В., Симанов А.А. Гравиметрический мониторинг рудников Верхнекамского месторождения калийных солей // Геофизика. – 2017. – № 5. – С. 10-16.
6. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Учет сейсмического воздействия на высокоточные измерения гравиметром CG_5 Autograv // Физика Земли. – 2014. – № 4. – С. 131-134. DOI: 10.7868/S0002333714040024.
7. Михайлов И.Н. Новые результаты по регистрации краткосрочных предвестников катастрофических событий (землетрясений) // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: материалы 32-й сес. Междунар. науч. семинара им. Д.Г. Успенского / ГИ УрО РАН [и др.]. – Пермь, 2005. – С. 193-194.
8. Симанов А.А. Гравиметрический мониторинг карстово-суффозионных процессов в районах интенсивного освоения недр // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 16 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2018. – С. 161-163. DOI: 10.7242/gdsp.2018.16.42.
9. Ovcharenko A.V. Processing and interpretation of time series high precision gravimetric monitoring // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы 45-й сес. Междунар. семинара им. Д.Г. Успенского / Казан. фед. ун-т. – Казань, 2018. – С. 143.

УДК 550.34.01+550.34.013.2

DOI: 10.7242/echo.2019.2.15

**ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ****Ю.В. БАРАНОВ***Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

Аннотация: Исследование сейсмичности необходимо для познания строения и развития Земли, для обеспечения безопасности человеческой жизнедеятельности, развития городских агломераций и транспортных путей. Землетрясение, произошедшее 4 сентября 2018 г. В районе г. Катав-Ивановск является одним из крупнейших инструментально зарегистрированных землетрясений Урала, оно позволяет по-новому оценить региональную сейсмичность и выделить зоны возможных очагов землетрясений Урала.

В тектоническом отношении в исследуемом регионе выделяются крупные структуры – восточная окраина Восточно-Европейской платформы, Пердуральский краевой прогиб и структуры Урала, обладающие разным сейсмическим потенциалом, что требует особого подхода к выделению зон возможных очагов землетрясений.

Для выделения зон возможных очагов землетрясений Челябинской области и прилегающих территорий использовался ранее уже примененный подход к исследованию сейсмичности сейсмически слабоактивной территории Западного Приуралья. Суть такого подхода заключается в формировании базы данных о геологическом строении и геофизических полях региона, современных вертикальных движениях земной коры и другой информации и сопоставлении такой информации с сейсмической активностью региона. Предполагается, что сейсмическая активность связана с некоторыми геологическими параметрами – мощностью слоев земной коры, глубиной залегания поверхности Мохоровичича, зонами изменения знака аномальных геофизических полей. С помощью специальной сетевой геоинформационной системы (ГИС) исследователь выбирает параметры, по его оценке связанные с сейсмической активностью. Сетевая ГИС, разделив регион на ячейки, выделяет те из них, которые имеют схожие геолого-геофизические параметры, и, оконтурив такие ячейки, выделяет зоны возможных очагов землетрясений.

Выделенные зоны возможных очагов землетрясений Челябинской области и прилегающих территорий определяются расположением крупнейших тектонических нарушений и расположением аномальных геофизических полей. Их выделение позволяет получить новое представление о сейсмическом потенциале региона.

Ключевые слова: выделение зон возможных очагов землетрясений, сейсмическое районирование.