

УРАЛ

А.А. Маловичко¹, Р.А. Дягилев², Д.А. Маловичко², Ф.Г. Верхованцев¹, И.В. Голубева¹

¹Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, *amal@gsras.ru*

²Горный институт УрО РАН, г. Пермь, *dr@mi-perm.ru*

Сеть сейсмических станций Урала на начало 2006 г. представлена 10 станциями (табл. 1), из которых две – «Арти», «Соликамск» – входят в телесеismicкую сеть федерального уровня. Региональная сеть обеспечивает регистрацию всех землетрясений и микроземлетрясений с $ML > 1.5$ в центральной части Пермского края (гг. Соликамск, Березники, Добрянка, Чусовой, Пермь и Кунгур), где расположено множество гражданских и промышленных объектов [1]. Для улучшения регистрации слабых сейсмических событий в районе Пермской градо-промышленной агломерации в 2006 г. в окрестностях г. Перми на правом берегу р. Кама была развернута площадная сейсмическая группа. Она состоит из семи пунктов наблюдения: центральный является трехкомпонентным, остальные – с одной вертикальной компонентой.

При выборе места размещения сейсмической группы, помимо интенсивности фона микросейсмических шумов, принимался во внимание целый ряд факторов, характеризующих инфраструктуру места: возможности обеспечения сохранности оборудования, наличие телефонной связи, возможность сооружения подземного бункера, удаленность от транспортных магистралей и др. По совокупности всех этих факторов была выбрана д. Екимята в Пермском районе. Соответственно, сейсмическая группа (СГ) получила название «Екимята».

Проведено проектирование оптимальной геометрии СГ. Одним из основных параметров сейсмической группы является коэффициент повышения отношения сигнал-помеха, который устанавливает относительную величину повышения качества G суммированных записей в зависимости от числа N приемников, представляющих группу. Из связующего эти величины выражения $G = \sqrt{N}$ следует, что используемая семиточечная группа обеспечивает повышение отношения амплитуды полезного сигнала к амплитуде волн-помех в 2.6 раза.

Поскольку любую сейсмическую группу можно рассматривать как устройство, обеспечивающее дискретизацию фронта бегущей волны в пространстве, то при обработке групповых записей очень важно учитывать передаточную функцию этого устройства во избежание влияния искажений волновых форм эффектом аляйсинга. Передаточная функция определяется геометрией группы и описывает ее фильтрующие свойства в области волнового числа K , которое имеет прямую связь с частотой волны f и ее кажущейся скоростью v_k . Согласно подходу, описанному в (New manual ..., 2002), для рассматриваемой группы рассчитана передаточная функция (рис. 1 б). Полученная характеристика обеспечивает почти равномерное азимутальное разрешение, что характерно для круговых групп, при этом достигается примерно пятикратное подавление сейсмических волн с длинами от 500 до 1500 м с волновым числом $K_x \sim K_y \sim 0.001 \text{ м}^{-1}$. Однако малая апертура обуславливает относительно большую ширину центрального максимума, такую, что невозможно четко разделять волны с небольшой разницей волновых чисел. Для длин волн порядка первых километров и более данная группа будет фактически действовать как один сейсмоприемник, т.е. не позволит определять азимут прихода волн и их скорость. При этом будет возможно только статистическое понижение уровня помех за счет суммирования показаний различных сейсмоприемников группы.

В качестве оборудования СГ использована изготовленная ООО «НПП Геотех+» (г. Обнинск) девятиканальная сейсмическая станция SDAS v.3.2, предназначенная для регистрации сейсмических сигналов в стационарных условиях, а также комплект из 9 сейсмоприемников СМ-3-КВ (2 горизонтальных и 7 вертикальных). Станция имеет 16-разрядный АЦП, частотный диапазон от 0 до 30 Гц и частоту квантования входного сигнала 100 Гц. Все датчики установлены в неболь-

ших бункерах глубиной до 1 м. Работы по обустройству (сооружение бункеров, постаментов, прокладка линий связи) и запуску группы в эксплуатацию закончены в октябре 2006 г.

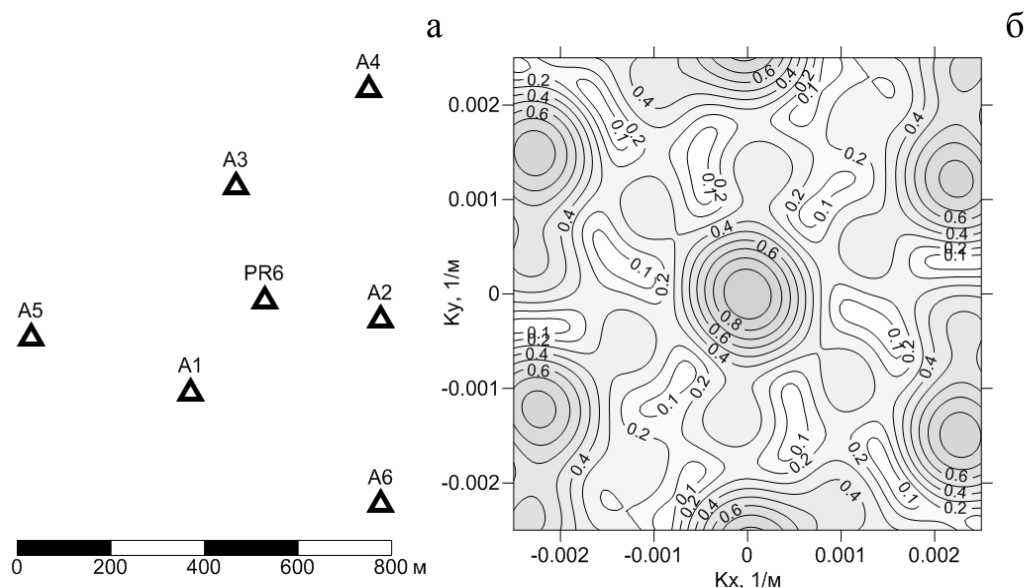


Рис. 1. Пространственная конфигурация сейсмической группы из 7 пунктов наблюдения (а) и ее передаточная функция (б)

Также в 2006 г. произошли незначительные изменения в конфигурации сети: станция «Пермь»–PR5 была закрыта из-за невозможности поддержки необходимого уровня инфраструктуры, а ее оборудование было установлено в другом месте в качестве новой станции «Власы»–PR4. Датчики станции размещены в подземном бункере на глубине 3 м. Общие сведения о действующих в 2006 г. станциях региона приведены в табл. 1. Обновленные сведения об аппаратуре станций региона приведены в табл. 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Уральской сейсмической сети в 2006 г.

| № | Станция | | Дата | | Координаты | | h_y , м | Тип грунтов в месте установки приборов |
|----|-------------------------|------|--------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------|--|
| | Название | Код | открытия | закрытия | φ° , N | λ° , E | | |
| 1 | Свердловск | SVE | 21.10.1906 | | 56.83 | 60.63 | 278 | Кристаллический массив, змеевик |
| 2 | Арты | ARU | 01.01.1976 | | 56.43 | 58.563 | 250 | Суглинок |
| 3 | Соликамск | SOKR | 05.12.1999 15.02.2003 | 25.10.2002 | 59.572 59.5955 | 56.792 56.7906 | -86.5 -120 | Соляной массив |
| 4 | Романово | PR1R | 18.08.2000 | | 59.18458 | 56.74457 | 144 | Глина |
| 5 | Добрянка | PR2 | 03.12.2001 | | 58.5482 | 56.1868 | 122 | Суглинок |
| 6 | Кунгур | PR3 | 03.04.2003 | | 57.4437 | 57.0059 | 116 | Гипсовый массив |
| 7 | Верхнечусовские городки | PR0 | 24.10.2003 | | 58.199 | 57.1407 | 120.5 | Глина |
| 8 | Пермь | PR5 | 16.03.2004 | 06.02.2006 | 58.1047 | 56.1265 | 110 | Суглинок |
| 9 | Оренбург | ORR | 26.10.2004 | | 51.6184 | 54.753 | 108.6 | Глина |
| 10 | Власы | PR4 | 07.02.2006 | | 57.9137 | 55.6777 | 152 | Суглинок |
| 11 | Екимята | PR6 | 08.11.2006 | | 58.1658 | 56.0925 | 163 | Суглинок |
| | | A01 | 08.11.2006 | | 58.16400 | 56.0899 | 167 | Суглинок |
| | | A02 | 08.11.2006 | | 58.1655 | 56.0967 | 170 | Суглинок |
| | | A03 | 08.11.2006 | | 58.1679 | 56.0914 | 154 | Суглинок |
| | | A04 | 08.11.2006 | | 58.1698 | 56.0962 | 155 | Суглинок |
| | | A05 | 08.11.2006 | | 58.1650 | 56.0840 | 163 | Суглинок |
| | | A06 | 08.11.2006 | | 58.1619 | 56.0968 | 165 | Суглинок |

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых сейсмических станций (ЦСС) Уральского региона

| Название станции | Тип ЦСС и сейсмометра | Перечень каналов | Частотный диапазон, Гц | Частота опроса данных, Гц | Разрядность АЦП, бит | Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с) |
|----------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|---|
| Свердловск | SDAS+CM-3-OC | BH (N, E, Z) v | 0.02 – 7 | 20 | 16 | |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.02 – 7 | 20 | 16 | |
| Арти | IRIS/IDA+STS-1 V/VBB | BH (N, E, Z) v | 0.003 – 7 | 20 | 24 | $(1.69, 1.67, 1.69) \cdot 10^9$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.003 – 7 | 20 | 24 | $(1.53, 1.52, 1.54) \cdot 10^7$ |
| | | EH (N, E, Z) v | 0.003 – 10 | 200 | 24 | $(3.55, 3.56, 3.56) \cdot 10^9$ |
| | | SH (N, E, Z) v | 0.003 – 10 | 40 | 24 | $(5.80, 5.82, 5.82) \cdot 10^7$ |
| Соликамск | DAS/ARS+CM-3-OC DAS/ARS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.02 – 7 | 20 | 16 | $3.265 \cdot 10^7$ |
| | | EH (N, E, Z) v | 0.5 – 30 | 200 | 16 | $8.60 \cdot 10^7$ |
| Романово | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(3.29, 2.99, 2.89) \cdot 10^9$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.57, 3.12, 2.22) \cdot 10^7$ |
| | с 22.11.2001 | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(3.34, 2.80, 2.83) \cdot 10^9$ |
| | с 22.11.2001 | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.61, 2.18, 2.22) \cdot 10^7$ |
| | с 22.11.2001 | EH (N, E, Z) v | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $(3.34, 2.80, 2.83) \cdot 10^9$ |
| | с 22.11.2001 | EL (N, E, Z) v | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $(2.61, 2.18, 2.22) \cdot 10^7$ |
| Добрянка | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $2.44 \cdot 10^9$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $6.11 \cdot 10^8$ |
| | | EH (N, E, Z) v | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $2.44 \cdot 10^9$ |
| | | EL (N, E, Z) v | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $6.11 \cdot 10^8$ |
| Кунгур | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $3.49 \cdot 10^8$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $3.05 \cdot 10^7$ |
| | с 17.01.2008 | SH (N, E, Z) v | 0.5 – 14 | 40 | 16 | $3.49 \cdot 10^8$ |
| | | SL (N, E, Z) v | 0.5 – 14 | 40 | 16 | $3.05 \cdot 10^7$ |
| Верхнечусовские Городки | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.26, 1.89, 2.42) \cdot 10^8$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(7.06, 5.91, 7.56) \cdot 10^6$ |
| | с 31.01.2006 | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.34, 2.52, 2.37) \cdot 10^8$ |
| | с 31.01.2006 | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(7.31, 7.88, 7.41) \cdot 10^6$ |
| | с 31.01.2006 | EH (N, E, Z) v | 0.5 – 14 | 40 | 16 | $(2.34, 2.52, 2.37) \cdot 10^8$ |
| | | EL (N, E, Z) v | 0.5 – 14 | 40 | 16 | $(7.31, 7.88, 7.41) \cdot 10^6$ |
| Пермь | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(1.76, 1.42, 1.17) \cdot 10^9$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(1.10, 0.886, 0.733) \cdot 10^8$ |
| Оренбург | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.65, 2.60, 2.59) \cdot 10^8$ |
| | | SH (N, E, Z) v | 0.5 – 17 | 50 | 16 | $(2.65, 2.60, 2.59) \cdot 10^8$ |
| Власы | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(1.76, 1.42, 1.17) \cdot 10^9$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(1.10, 0.886, 0.733) \cdot 10^8$ |
| Екимята | SDAS+CM-3-KB | BH (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(8.80, 2.95, 4.44) \cdot 10^7$ |
| | | BL (N, E, Z) v | 0.5 – 7 | 20 | 16 | $(2.20, 0.74, 1.11) \cdot 10^7$ |
| | | A1(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $3.80 \cdot 10^7$ |
| | | A2(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $7.81 \cdot 10^7$ |
| | | A3(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $1.03 \cdot 10^8$ |
| | | A4(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $3.00 \cdot 10^7$ |
| | | A5(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $1.81 \cdot 10^8$ |
| | | A6(Z) | 0.5 – 30 | 100 | 16 | $1.20 \cdot 10^8$ |

Сейсмические данные со станций «Свердловск»–SVE, «Арти»–ARU, «Соликамск»–SOKR, «Романово»–PR1R, «Добрянка»–PR2, «Кунгур»–PR3, «Верхнечусовские городки»–PR0, «Пермь»–PR5, «Власы»–PR4 и «Екимята»–PR6 через сеть Интернет [2] в режиме, близком к реальному времени, передаются в региональный центр сбора и обработки данных, созданный на базе ГИ УрО РАН в г. Перми, при этом данные станций SVE, ARU, SOKR, PR1R находятся в прямом доступе из центра обработки в г. Обнинск. Доступ к данным станции «Оренбург»–ORR

осуществляется по запросу в отдел геоэкологии Оренбургского научного центра (ОНЦ) РАН (г. Оренбург), обслуживающим станцию.

Для всех станций региона выполнены замеры уровня микросейсмического шума. Среденные спектральные характеристики шумов, определенные по данным 2006 г., представлены на рис. 3. Каждая из действующих станций имеет различные условия приема сигналов (уровень шумов, грунты), что обуславливает их различную чувствительность к сейсмическим событиям разной магнитуды. Наиболее «тихими» были станции «Романово», «Оренбург», «Екимята» и «Добрянка». Самый высокий уровень шумов отмечен на станциях «Свердловск», «Арти» и «Кунгур».

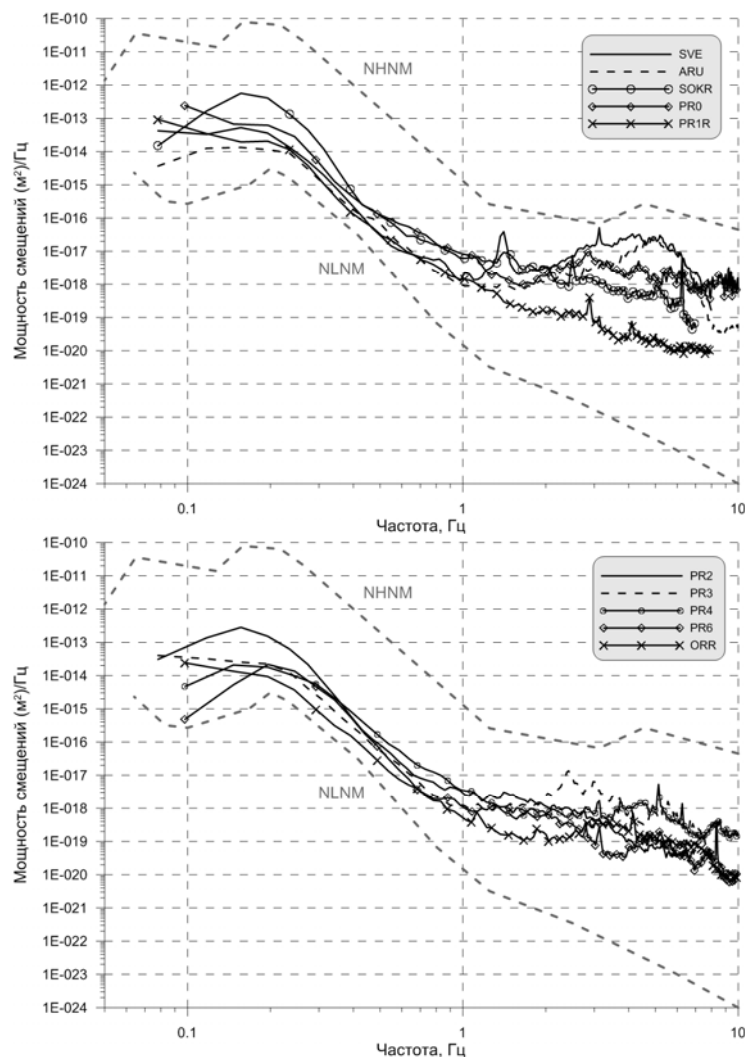


Рис. 3. Спектры мощности микросейсмических шумов на сейсмических станциях Урала в 2006 г.

Сведения об уровне фоновых микросейсмических шумов (симуляция сейсмографа Вуда-Андерсона), которые использовались при расчете карты энергетической представительности сейсмических событий ML_{min} , содержит табл. 3.

Таблица 3. Средний уровень амплитуд микросейсмических шумов в симуляции сейсмографа Вуда-Андерсона в диапазоне частот $f=1-10$ Гц

| Станция | $A_N, мм$ | Станция | $A_N, мм$ | Станция | $A_N, мм$ |
|------------|-----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|
| Свердловск | 0.025 | Добрянка | 0.010 | Оренбург | 0.004 |
| Арти | 0.030 | Кунгур | 0.007 | Власы | 0.010 |
| Соликамск | 0.007 | Верхнечусовские городки | 0.021 | Екимята | 0.005 |
| Романово | 0.005 | Перьмь | 0.005 | | |

Обновленная карта M_{\min} для новой конфигурации сети получена согласно подходу, описанному ранее в [3], и представлена на рис. 4. Как видим, конфигурация сети в 2006 г. позволяла уверенно регистрировать сейсмические события на большей части Пермского края, начиная с $M_L=2.2$, в Свердловской области – с $M_L=2.6$, в Челябинской, Оренбургской областях и в Башкортостане – с $M_L=3.0$.

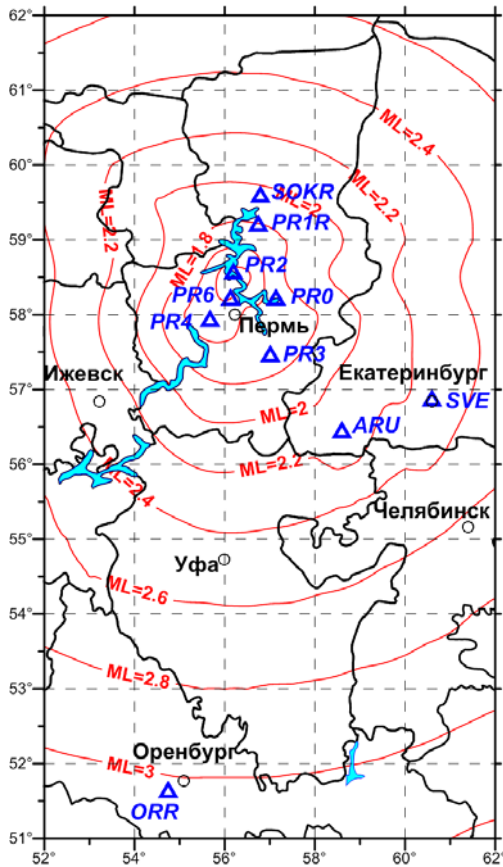


Рис. 4. Карта представительности M_{\min} на территории Урала в 2006 г.

Методика определения параметров сейсмических очагов не изменилась и изложена в [3]. При обработке сейсмических записей также ведется определение типа сейсмических событий (взрыв или землетрясение). Землетрясения делятся на телесеизмические и региональные. Последние могут быть как природными, так и связанными с ведением горных работ: горные (ГУ) и горно-тектонические удары (ГТУ). Распределение сейсмических событий по трем основным типам, начиная с 2000 г., представлено на рис. 5.

На этой же диаграмме можно видеть, что представительные данные о числе сейсмических событий региона имеются примерно с конца 2002 г. Доля местных событий держится на уровне ~22%, при этом большая их часть (>85%) представлена взрывами, производимыми горно-добывающими предприятиями. Окончательная идентификация взрывов проводится после сопоставления с соответствующими сведениями о взрывных работах. Сопоставление ведется для всех карьеров, шахт и рудников, расположенных на территории Пермского края. Аналогичные сведения с предприятий других регионов неполны, поэтому для них идентификация очагов проводится по ряду формальных признаков способом, описанным ранее [3], и по степени близости к известным горно-добывающим предприятиям.

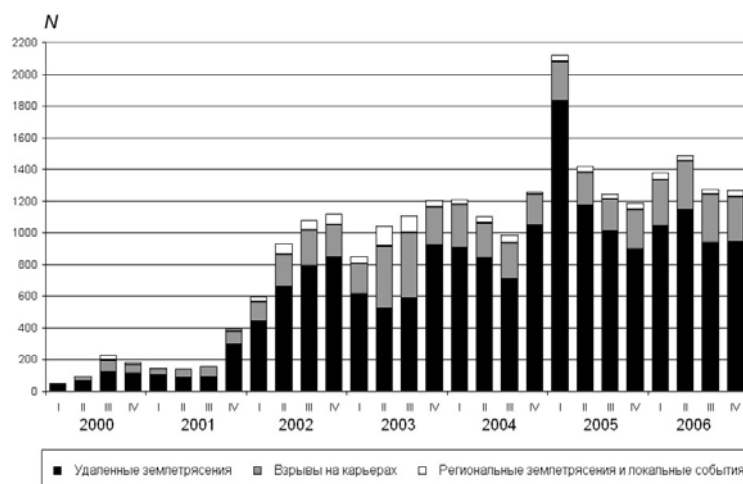


Рис. 5. Изменение числа сейсмических событий разных типов, зарегистрированных станциями Урала в 2000–2006 гг.

В результате инструментальных наблюдений в 2006 г. региональной сетью были локализованы 44 сейсмических события [4] (рис. 6), связанных с тектонической активностью недр. Кроме того, зарегистрировано 357 взрывов [5].

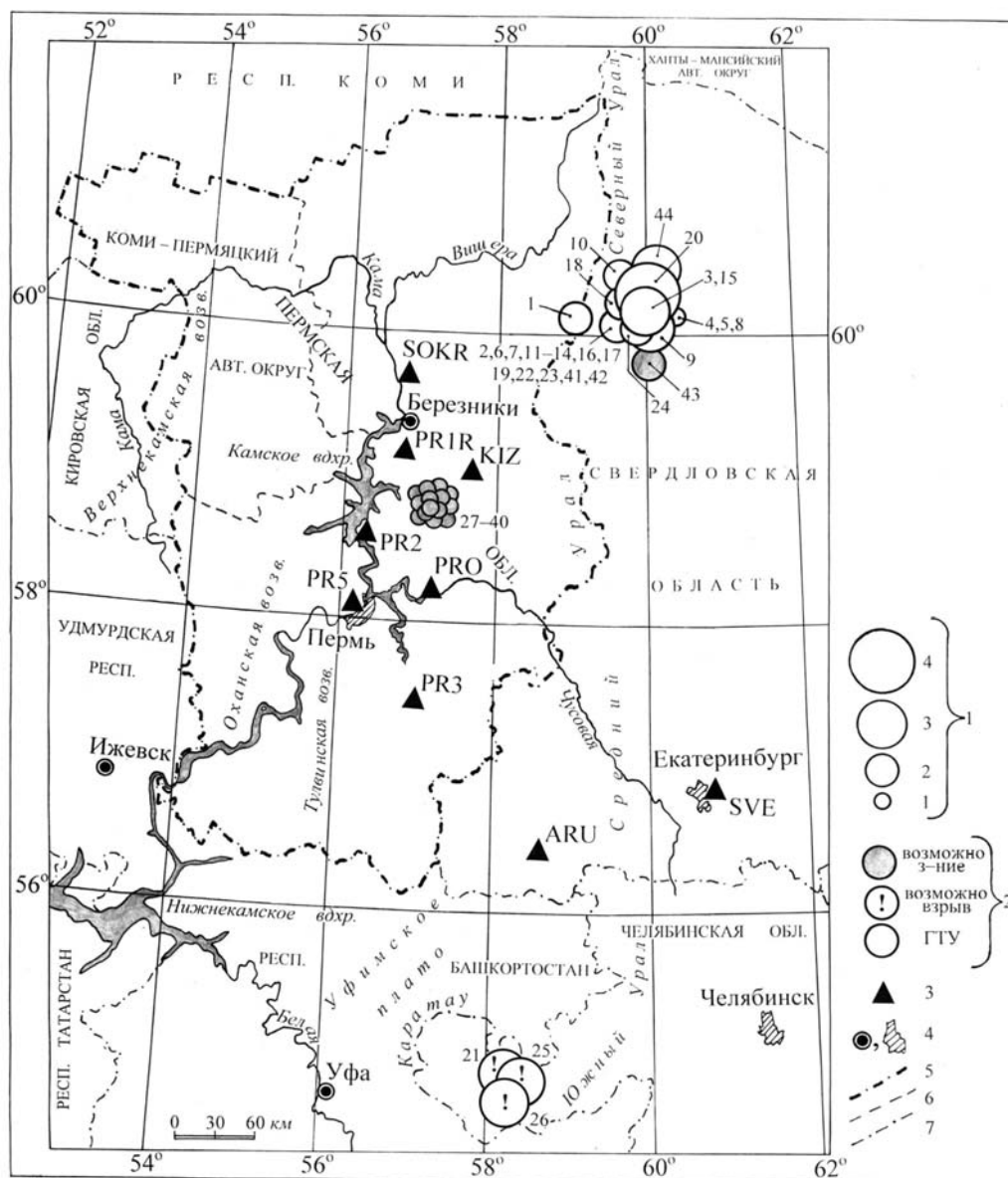


Рис. 6. Карта эпицентров сейсмических событий Урала за 2006 г.

1 – магнитуда M_L ; 2 – природа сейсмического события (ГУ и ГТУ – горный и горно-тектонический удар соответственно); 3 – сейсмическая станция; 4 – населенные пункты; 5–7 – границы субъектов Российской Федерации.

Подавляющее большинство ($N=26$) событий в 2006 г. являются горно-тектоническими ударами (ГТУ) на Североуральских бокситовых месторождениях (СУБР) в Свердловской области с $M_L=1.6-3.9$. Максимальной магнитудой $M_L=3.9$ характеризуется ГТУ, произошедший 2 июля в $04^h 18^m$ и записанный сейсмическими станциями «Соликамск», «Власы», «Добрянка», «Кунгур», «Арти», «Сыктывкар», а также сейсмическими сетями других агентств (табл. 4, рис.7). После события стало известно о наличии разрушений в горных выработках, однако сведений об интенсивности сотрясений на поверхности нет, т.к. сбор макросейсмических данных не проводился.

Таблица 4. Разные решения параметров горно-тектонического удара (ГТУ) 2 июля 2006 г.

| Агентство | t_0 , ч мин с | δt_0 , с | Гипоцентр | | | | | Магнитуда | Источник |
|-----------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | | | φ° , N | $\delta\varphi^\circ$ | λ° , E | $\delta\lambda^\circ$ | h , км | | |
| PERM | 04 18 01 | | 60.21 | 0.05 | 60.01 | 0.02 | 1 | $M_L=3.9$ | [4] |
| NNC | 04 18 01.31 | 3.52 | 59.66 | | 60.80 | | 27.6 | $m_b=3.8, m_{pv}=3.8$ | [6] |
| ISC | 04 18 53.46 | 0.45 | 60.19 | | 59.83 | | 35 f | $m_b=3.5/6$ | [6] |

| Агентство | t_0 , ч мин с | δt_0 , с | Гипоцентр | | | | | Магнитуда | Источник |
|-----------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | | | φ° , N | $\delta\varphi^\circ$ | λ° , E | $\delta\lambda^\circ$ | h , км | | |
| NEIC | 04 17 51.56 | 5.72 | 60.14 | | 59.92 | | 7.9 | $m_b=4.1/2$ | [6] |
| CSEM | 04 17 54.80 | 0.64 | 60.19 | | 60.10 | | 20 | $m_b=4.1/2$ | [6] |
| IDC | 04 17 50.63 | 0.9 | 60.28 | | 60.06 | | 0 f | $m_b=3.5/5, ML=3.7/4$ | [6] |
| MOS | 04 17 51.10 | 2.13 | 60.249 | | 59.924 | | 33 f | $m_b=4.5/1$ | [7] |

Примечание. PERM – ГИ УрО РАН, г. Пермь; NNC – Казахстанский национальный центр данных, г. Алматы, Казахстан; NEIC – National Earthquake Information Center; ISC – International Seismological Centre; CSEM – Centre Sismologique Euro-Mediterraneen; IDC – International Data Centre; MOS – ГС РАН, г.Обнинск.

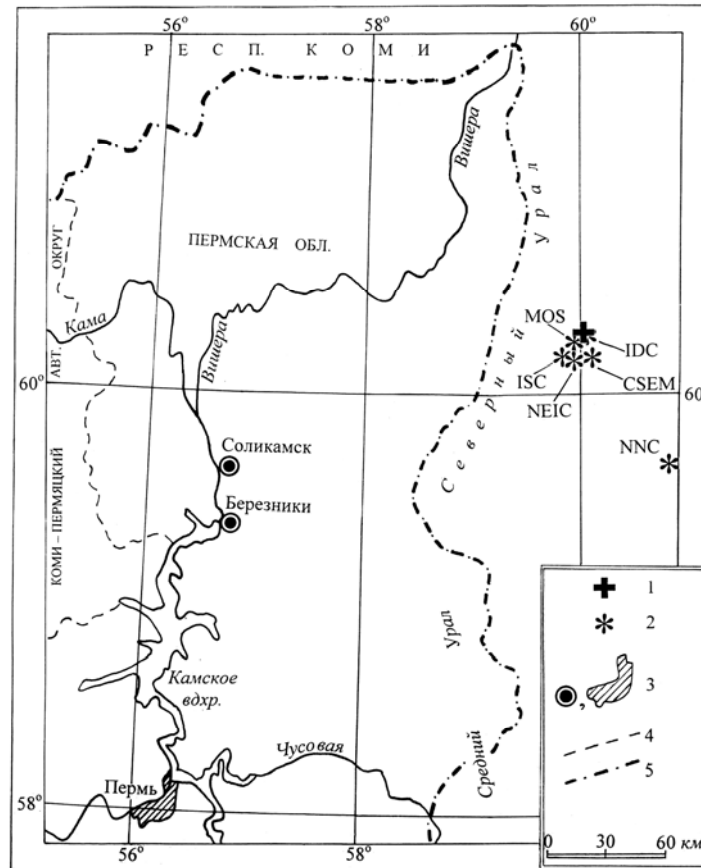


Рис. 7. Результаты локации очага ГТУ, произошедшего 2.07.2006, по данным различных агентств
1, 2 – эпицентры; 3 – населенные пункты; 4, 5 – границы субъектов Российской Федерации.

Природа одного из событий в данном районе с $ML=2.1$, произошедшего 22 ноября в 17^h54^m, однозначно не установлена. Его эпицентр находится намного в стороне от общего скопления ГТУ СУБРа, однако попадает в зону ответственности других горно-добывающих объектов в районе г. Волчанск. Не исключено, что данное событие могло иметь и чисто тектоническую природу.

Три относительно сильных ($ML=2.6-3.4$) сейсмических события (табл. 5) типа «возможно взрыв» [4] произошли в Челябинской области в районе г. Катав-Ивановск. Первое, зарегистрированное 4 июля в 20^h29^m станциями «Соликамск», «Власы», «Кунгур», «Добрянка» и «Арти», имело $ML=3.4$. Остальные произошли в один день – 2 октября с разницей в несколько минут (в 05^h37^m и 05^h45^m), имели магнитуды 3.3 и 2.6 и были зафиксированы тем же набором станций. Примечательно, что в этом районе в 2004 г. уже было отмечено два события, причем они реализовались также в один день с интервалом в несколько минут. Наличие нескольких похожих событий в этом районе наводит на предположение, что данные явления могут иметь техногенный характер. В какой-то мере это предположение подтверждается наличием вблизи их эпи-

центров двух карьеров ОАО «Катавцемент». Ошибка локации событий позволяет варьировать местоположением их расчетных эпицентров в радиусе до 30 км. В то же время нет подтверждений того, что данные события были взрывами. Выезд к месту эпицентра самого сильного из них в целях проведения опроса местного населения о макросейсмических проявлениях и о возможных техногенных источниках событий не дал никаких результатов (местные жители ничего не чувствовали, представители администрации г. Катав-Ивановск в связи с наличием в районе закрытых объектов никакой информации не предоставили).

Таблица 5. Сомнительные сейсмические события на территории Челябинской области в 2006 г.

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Эпицентр | | h , км | ML | Район | Природа события |
|---|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | | φ° , N | λ° , E | | | | |
| 1 | 04.07.2006 | 20 29 40.8 | 57.773 | 58.208 | 0 | 3.4 | Челябинская обл., г. Катав-Ивановск | Сомнительное (возможно взрыв) |
| 2 | 02.10.2006 | 05 37 59 | 54.70 | 58.20 | 0 | 3.3 | – " – | – " – |
| 3 | 02.10.2006 | 05 45 55 | 54.70 | 58.20 | 0 | 2.6 | – " – | – " – |

Вероятно, природно-техногенную природу имеет также серия из 14 событий в табл. 6, произошедших в Добрянском районе Пермского края 3 и 4 октября 2006 г. Большинство из них зафиксированы лишь двумя ближайшими сейсмическими станциями – «Романово» и «Добрянка», самые сильные – тремя (дополнительно «Власы»). Все они имеют однотипные волновые формы, что говорит о схожем характере их источников. Эпицентры имеют одинаковые координаты ($\varphi=58.77^\circ\text{N}$, $\lambda=57.128^\circ\text{E}$) и ложатся в район между населенными пунктами Перемское, Вильва и Парма Добрянского района. Известно, что в данном районе ведется добыча нефти, но т.к. ошибка локации очагов получилась в пределах 3 км, эпицентры трудно привязать к какому-либо известному нефтяному месторождению. Тем не менее многие технологические процессы на нефтяных структурах (например гидроразрыв) вполне могли быть причиной данных событий. Также в качестве возможных источников в данной обстановке можно рассматривать деформационные процессы, сопровождающие интенсивную откачку нефти, однако фактических данных об оседаниях из этого района нет.

Таблица 6. Серия событий в Добрянском районе 3–4 октября 2006 г. типа «возможно землетрясение»

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Эпицентр | | h , км | ML | № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Эпицентр | | h , км | ML |
|---|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|------|----|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|------|
| | | | φ° , N | λ° , E | | | | | | φ° , N | λ° , E | | |
| 1 | 03.10 | 17 20 14 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 0.9 | 8 | 03.10 | 22 22 47 | 58.77 | 57.13 | 2f | 0.9 |
| 2 | 03.10 | 17 28 56.86 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 1.1 | 9 | 04.10 | 03 36 05 | 58.77 | 57.13 | 2f | 1.0 |
| 3 | 03.10 | 18 01 55 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 1.0 | 10 | 04.10 | 03 40 13 | 58.77 | 57.13 | 2f | 1.1 |
| 4 | 03.10 | 18 08 53 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 0.8 | 11 | 04.10 | 03 51 47 | 58.77 | 57.13 | 2f | 0.8 |
| 5 | 03.10 | 18 50 47 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 0.8 | 12 | 04.10 | 04 18 31 | 58.77 | 57.13 | 2f | 0.8 |
| 6 | 03.10 | 19 51 37 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 1.1 | 13 | 04.10 | 06 11 30 | 58.77 | 57.13 | 2f | 1.5 |
| 7 | 03.10 | 19 56 17 | 58.77 | 57.13 | 2 f | 0.8 | 14 | 04.10 | 07 45 13 | 58.77 | 57.13 | 2f | 1.0 |

Примечание. Символом f отмечена фиксированная глубина.

Итоговое распределение событий разных типов по магнитудам ML представлено в табл. 7.

Таблица 7. Число сейсмических событий разных типов в Уральском регионе за 2006 г.

| Тип события | ML | | | | N_{Σ} |
|--------------------------------|-------|---------|---------|---------|--------------|
| | 0–1.0 | 1.1–2.0 | 2.1–3.0 | 3.1–4.0 | |
| Сомнительное (возможно, взрыв) | | | 1 | 2 | 3 |
| Возможно землетрясение | 10 | 4 | 1 | | 15 |
| ГТУ | | 15 | 9 | 2 | 26 |
| Всего | 10 | 19 | 11 | 2 | 44 |

Л и т е р а т у р а

1. Сейсмологический мониторинг территории Западного Урала // <http://pts.mi-perm.ru/region/index.htm>
2. Мониторинг природной и техногенной сейсмичности в пределах градопромышленных агломераций и выделение тектонически активных зон для территории Западного Урала в целях повышения геодинамической безопасности эксплуатации ответственных объектов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2008. – 123 с.
3. Маловичко А.А., Маловичко Д.А., Дягилев Р.А., Верхоланцев Ф.Г., Голубева И.В., Верхоланцев А.В. Пермский край 2000–2005 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 269–289.
4. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н. Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Пермского края и прилегающих районов за 2006 г. (N=44). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.) Каталог землетрясений, горных, горно-тектонических ударов и взрывов (с перечнем станций) на территории Пермского края и прилегающих районов за 2000–2008 гг. – Обнинск: Фонды ГС РАН от 02.08.2011 г. – 17 с.
6. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.* – Berkshire: ISC, 2008.
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2006 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2007. – [Электронный ресурс]. – ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2006/