

УДК 550.348

## Особенности идентификации карьерных взрывов в центральной части Восточно–Европейской платформы по данным малоапертурной группы «Михнево»

© 2022 г. И.А. Санина, Н.Л. Константиновская

ИДГ РАН, г. Москва, Россия

Поступила в редакцию 31.05.2022 г.

**Аннотация.** Рассмотрены особенности локации и идентификации массовых взрывов, производимых на карьерах в центральной части Восточно-Европейской платформы, связанных с изменением регламента проведения взрывных работ, по данным наблюдений на малоапертурной сейсмической группе «Михнево» ИДГ РАН. Приведены описания волновых форм от взрывов на крупнейших карьерах Белгородской и Курской областей. Дан анализ выявленных «аномальных» массовых взрывов на карьерах. Рассмотрены «нетипичные» волновые формы и время проведения взрывных работ. Указаны возможные негативные последствия для расположенных в непосредственной близости объектов народного хозяйства и особо ответственных зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** карьерные взрывы, локация и идентификация сейсмических событий, техногенное воздействие, волновые формы.

**Для цитирования:** Санина И.А., Константиновская Н.Л. Особенности идентификации карьерных взрывов в центральной части Восточно-Европейской платформы по данным малоапертурной группы «Михнево» // Российский сейсмологический журнал. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.2.02>. EDN: KRXTGL

### Введение

С момента установки Институтом динамики геосфер РАН (ИДГ РАН) в 2004 г. малоапертурной сейсмической группы (МСГ) «Михнево», расположенной в 80 км от Москвы, ведётся непрерывный мониторинг природной и техногенной сейсмической активности Восточно-Европейской платформы (ВЕП) [Авдеева и др., 2022], территория которой ранее считалась асейсмичной [Санина и др., 2021]. Основной задачей МСГ является регистрация слабых событий с  $M < 2$  [Санина и др., 2009]. За год регистрируется более 4000 событий различной природы. Помимо телесейсмических (с  $m_b > 5$ ) и региональных землетрясений (с  $m_b > 3.5$ ), основная масса регистрируемых и лоцируемых событий приходится на карьерные взрывы. Многолетние наблюдения позволили собрать уникальный банк записей волновых форм от взрывов, производимых на более чем шестидесяти карьерах, расположенных в центральной части ВЕП.

За год МСГ «Михнево» регистрирует примерно по 20 массовых взрывов на крупных карьерах (Лебединском, Стойленском и Михайловском) и более 500 – на других карьерах центральной части ВЕП [Санина и др., 2019]. Помимо «портретов» волновых форм этих взрывов, были зафиксированы дни и часы проведения массовых взрывов. Как правило, «время взрыва» соответствовало установленному регламенту на проведение буровзрывных работ (БВР) для каждого горнодобывающего предприятия. Это давало дополнительную информацию для локации сейсмического события, в том числе, и для идентификации природы события: карьерный взрыв или природно-тектоническое землетрясение. За несколько лет наблюдений были зарегистрированы единичные случаи, когда установленный регламент проведения массовых взрывов нарушался. Начиная с 2021 г., «нарушения» регламента стали встречаться значительно чаще, что стало создавать определённые сложности с идентификацией природы событий. Например, повторный взрыв, который может быть

проинтерпретирован как ложное инициированное событие или вступление последующих сейсмических фаз, даёт повод для рассмотрения этого события как ложного телесеismicического. В представленной работе приведён список и дан краткий анализ выявленных «аномальных» техногенных событий (массовых взрывов) по данным МСГ «Михнево».

### Данные

В качестве экспериментальных данных использованы наблюдения за техногенными сейсмическими событиями (массовыми взрывами), зарегистрированными на МСГ «Михнево» за 2018–2021 гг. Исследовались взрывы, произведённые на карьерах, расположенных в нескольких областях ВЕП, соответствующих различным месторождениям полезных ископаемых: в Тульской, Московской, Калужской, Владимирской и Рязанской областях – доломиты и известняки; группа карьеров Курской и Белгородской областей – разработка железистых кварцитов, принадлежащих бассейну Курской магнитной аномалии. На рис. 1 представлена фотография подрыва пяти блоков, расположенных на разных горизонтах карьера Лебединского ГОКа в Белгородской области.



**Рис. 1.** Массовый взрыв на карьере Лебединского ГОКа

Вкратце опишем технологию проведения массовых взрывов на карьерах. Массовый взрыв – это взрыв пяти–десяти блоков горного массива. Каждый блок – это часть горного массива, прилегающего к борту карьера. Блок может иметь ширину около 30 м и длину от 100 до 500 м. Блок разрушается скважинами с сеткой 6×6 м и глубиной 20 м. Диаметр скважин – 250 мм. Нижняя половина скважин заполняется взрывча-

тым веществом (ВВ). Верхняя половина скважин заполняется песком или буровым шламом. Это забойка скважин, препятствующая выбросу продуктов детонации из скважины в атмосферу. Скважины коммутируют в группы (диагонали или ступени замедления). В каждой диагонали – от трёх до шести скважин. Скважины одной диагонали подрываются одновременно. Следующая диагональ скважин подрывается через 42–67 мс и т.д. Таких диагоналей в блоке может быть от 15 до 100. Это технология так называемого короткозамедленного взрывания, при котором существенно снижается сейсмическое действие взрыва (прежде всего амплитуда сейсмозвучивной волны), но при этом взрыв растягивается по времени (увеличивается длительность сейсмических колебаний). Как правило, одна скважина вмещает около 1 т ВВ, в диагонали – 3–6 т ВВ, в блоке – около 50–500 т ВВ [Взрывы ..., 2013]. Блоки подрываются с интервалом от 1 до 20 с. При этом блоки могут находиться на разных бортах карьера и различаться иным образом между собой. Например, один блок разрушает вскрышу, другой дробит вмещающую толщу. Разумеется, каждый блок реализуется по короткозамедленной схеме [Адушкин, Спивак, 2013]. В результате продолжительность массового взрыва может достигать 100 с, а сейсмическое действие определяется массой ВВ в одной диагонали (ступени замедления).

По итогам анализа данных по взрывам в различных областях центральной части ВЕП, была составлена сводная таблица, где приведены данные о «нетипичных» сейсмических событиях, идентифицированных как взрывы на карьерах.

Далее рассмотрим волновые формы нескольких событий из приведённых в таблице. Так, 29 декабря 2018 г. были зарегистрированы взрывы, произведённые на карьерах Михайловского ( $T_0=09:00:08.9$ ) и Стойленского ( $T_0=09:00:36.4$ ) ГОКов с разницей менее 30 с (рис. 2).

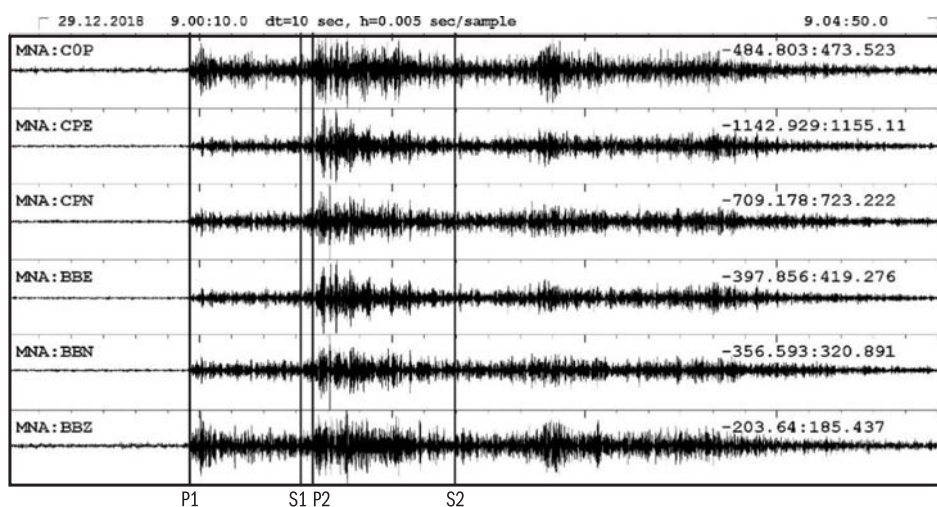
На рис. 2 хорошо видно, что сейсмические волны от первого взрыва «накладываются» на волны от второго, что создаёт трудности в локализации и интерпретации данных событий, которые без дополнительной информации о времени проведения работ от администрации карьеров практически невозможны. Магнитуды этих взрывов составили 3.1 для Михайловского и 3.2 – для Стойленского ГОКа.

25 марта 2020 г. были произведены взрывы на карьерах Михайловского ГОКа ( $T_0=09:00:07.0$ ) и Лебединского ГОКа ( $T_0=09:19:59.0$ ). Разница во времени составила около 20 минут (рис. 3).

**Таблица.** Промышленные взрывы, зарегистрированные МСГ «Михнево», произошедшие с минимальными задержками или в «не регламентированное» время

Дата	Карьер	$R$ , км	$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	$T_0$ (GMT)	$ML$	Магнитуды IDC из [International ..., 2022]
29.12.2018	Михайловский ГОК	329	52.32	35.45	09:00:08.9	3.1	
	Стойленский ГОК	412	51.25	37.76	09:00:36.4	3.2	
25.03.2020	Михайловский ГОК	331	52.31	35.45	09:00:07.0	3.2	
	Лебединский ГОК	412	51.25	37.66	09:19:59.0	3.4	
26.04.2021	Ковровское РУ	266	56.26	41.33	10:18:46.9	2.4	
	Ковровское РУ	264	56.24	41.31	10:29:27.6	2.2	
29.06.2021	Михайловский ГОК	331	52.30	35.46	09:00:27.5	3.3	$m_b=3.4$ $ML=2.6$
	Михайловский ГОК	331	52.30	35.46	10:00:38.1	3.3	
30.07.2021	Михайловский ГОК	336	52.26	35.44	09:00:20.8	3.2	$m_b=3.4$ $ML=2.6$
	Михайловский ГОК	333	52.32	35.34	10:00:24.3	3.0	
26.11.2021	Михайловский ГОК	332	52.31	35.42	09:00:08.5	3.0	
	Михайловский ГОК	329	52.32	35.47	10:00:22.1	3.1	
29.12.2021	Данковский	203	53.31	39.12	08:05:31.7	2.1	
	Данковский	203	53.31	39.12	08:06:16.1	2.0	
	Михайловский ГОК	328	52.33	35.46	09:00:13.4	3.1	$m_b=3.8$ $ML=2.7$
20.01.2022	Михайловский ГОК	337	52.27	35.40	10:00:10.0	3.2	$m_b=3.8$ $ML=3.1$
	Стойленский ГОК	421	51.16	37.63	10:00:10.6	3.1	$m_b=3.9$ $ML=2.8$
	Михайловский ГОК	332	52.30	35.42	09:00:03.7	3.5	$m_b=3.8$ $ML=2.8$
30.03.2022	Михайловский ГОК	331	52.31	35.44	10:00:09.3	3.3	$m_b=3.6$ $ML=2.8$
	Лебединский ГОК	412	51.25	37.72	10:01:32.9	3.2	

Примечание: IDC – International Data Centre, СТВТО, Austria



**Рис. 2.** Волновые формы от взрывов на карьерах Михайловского (1) и Стойленского (2) ГОКов, зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$  соответственно

На рис. 3 видны чёткие вступления волн  $P$  и  $S$  для каждого взрыва. Магнитуды составили 3.2 для взрыва на карьере Михайловского ГОКа и 3.4 – для Лебединского ГОКа. Волновые формы от этих взрывов достаточно типичны, трудностей с локацией и интерпретацией событий не возникло.

С 2021 г. группой «Михнево» стали всё чаще регистрироваться подобные «нетипичные» события (таблица). Рассмотрим в качестве примера взрывы на карьерах Ковровского комбината по добыче известняка, расположенного во Владимирской области (рис. 4).

Данные взрывы были зарегистрированы 26 апреля 2021 г. с разницей во времени поряд-

ка 10 мин, чего ранее не отмечалось. Магнитуды составили соответственно 2.4 и 2.2. Форма записей («портрет») является достаточно типичной для взрывов на этих карьерах. Это может говорить о том, что технология проведения работ не менялась, за исключением времени проведения подрыва.

В декабре 2021 г. были зарегистрированы два взрыва на карьере «Данковский» по добыче доломитов в Липецкой области (рис. 5). Время в очаге первого взрыва  $T_0=08:05:31.7$ , второго –  $T_0=08:06:16.1$ . Разница во времени составляет около 40 с. Магнитуды – 2.1 и 2.0.

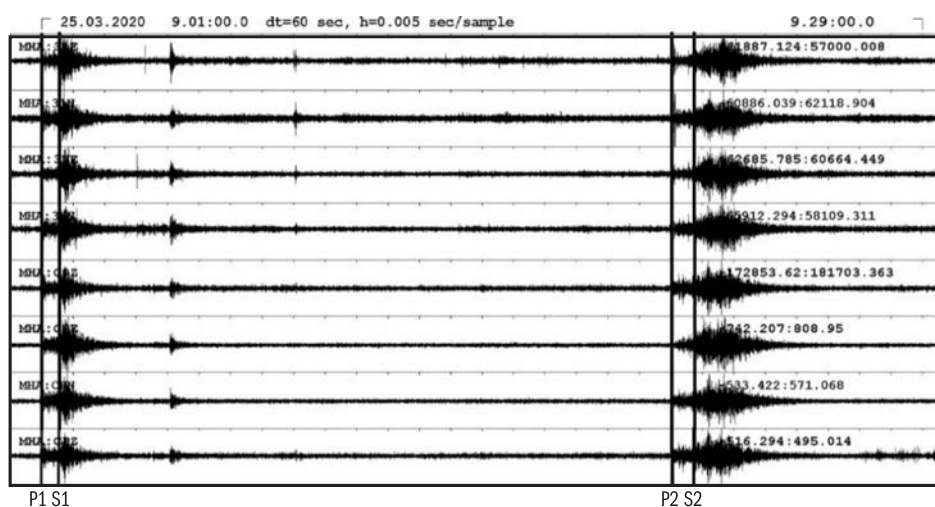


Рис. 3. Волновые формы от взрывов на карьерах Михайловского (1) и Лебединского (2) ГОКов, зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$  соответственно

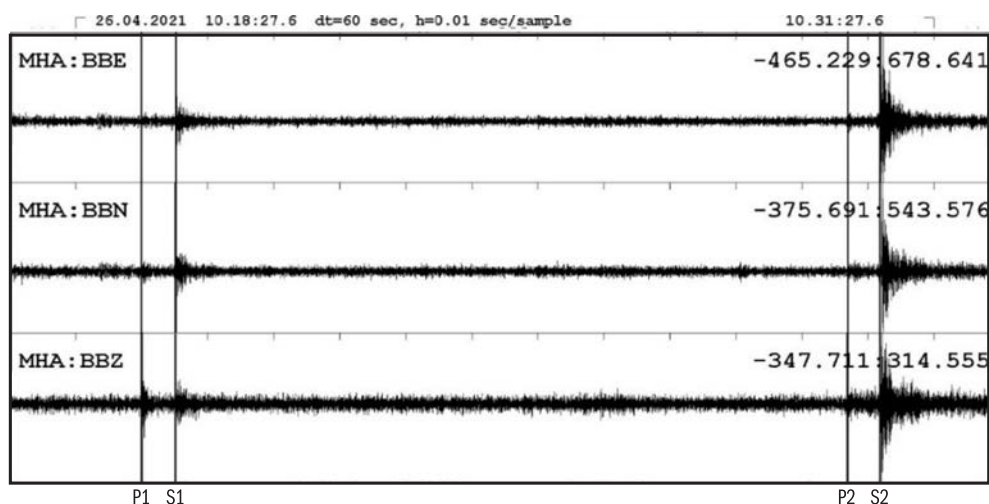


Рис. 4. Волновые формы от двух взрывов на карьерах Ковровского комбината, зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$  соответственно

Сложность в интерпретации этих событий состояла в том, что ранее не отмечалось двойных взрывов на этом карьере, а также «нетипичное» время проведения подрывов, которое ранее было около 12 часов по GMT.

В течение 2021 г. регистрировались как одиночные взрывы на Михайловском ГОКе, так и с разницей в один час (29.06.2021 г., 30.07.2021 г., 26.11.2021 г., 29.12.2021 г.) в 9 и 10 часов по GMT, чего ранее также не наблюдалось. Выросли и магнитуды – до 3.3, причём Международный каталог International Seismological Centre (ISC) даёт даже большие значения – 3.8 [International ..., 2022]. При этом часть записей имела типичную волновую форму. В качестве примера рассмотрим два взрыва, произведённые на карьере Михайловского ГОКа 26.11.2021 г. (рис. 6).

Время в эпицентре первого взрыва  $T_0=09:00:08.0$ , второго –  $T_0=10:00:22.0$ .

На рис. 6 волновые формы выровнены по времени первого вступления  $P$ . Отчётливо видно, что записи идентичны, они соответствуют «портретам» в базе данных, накопленным за годы наблюдений. Сложность в интерпретации второго взрыва была обусловлена «нетипичным» временем в очаге.

29.12.2021 г. были зарегистрированы два взрыва на карьере Михайловского ГОКа с разницей во времени в 1 час. Время в эпицентре первого взрыва  $T_0=09:00:13.4$ , второго –  $T_0=10:00:10.0$ . Магнитуды составили по нашим оценкам 3.1 и 3.2 соответственно, при этом каталог ISC даёт 3.8 по каждому взрыву (таблица). На рис. 7 показан первый взрыв.

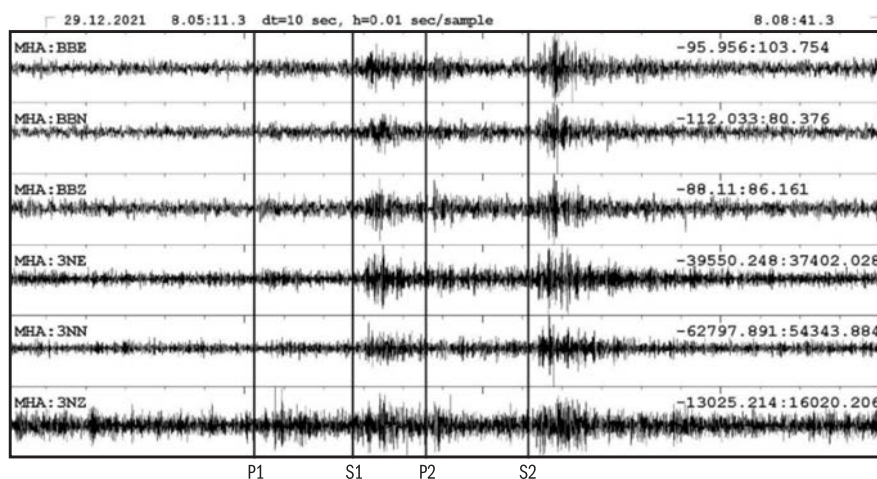


Рис. 5. Волновые формы от двух взрывов на карьере «Данковский» 29.12.2021 г., зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$  соответственно для каждого взрыва

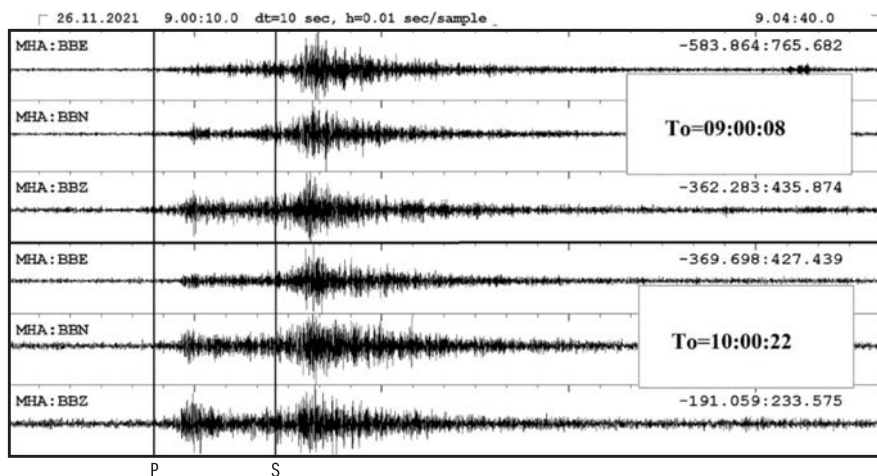


Рис. 6. Волновые формы от двух взрывов на карьерах Михайловского ГОКа, зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$

Отчётливо видно (рис. 7), что взрыв состоял из серии последовательных подрывов. Ранее такая волновая форма являлась характерной не для Михайловского ГОКа, а, скорее, для взрывов на Лебединском ГОКе. За время наблюдений на группе «Михнево» подобных записей отмечено не было. Возможно, это связано с изменениями в проведении БВР. Волновые формы второго взрыва, произведённого через час, соответствуют «портретам», накопленным в нашей базе волновых форм.

Стоит также отметить и взрыв на карьере Стойленского ГОКа, зарегистрированный 20.01.2022 г. (рис. 8). Время в эпицентре  $T_0=10:00:10.6$ . Магнитуда составила 3.1, а по оценкам ISC – 3.9. Волновые формы данного взрыва отличаются от имеющихся в базе «портретов».

В марте 2022 г. группой «Михнево» было зарегистрировано два мощных события, произошедшие на карьерах Михайловского ГОКа (таблица). Время в очаге первого взрыва  $T_0=09:00:03.7$ , магнитуда по нашим оценкам составила 3.5, при том, что средние магнитуды на карьерах Курско-Белгородского региона составляют 3.0–3.2. Каталог ISC даёт 3.8. Волновые формы соответствуют «портретам» из нашей базы данных. Второй взрыв, произведённый через час после первого, ненамного слабее. Магнитуда его составила 3.3, ISC даёт значение магнитуды 3.6, время в очаге  $T_0=10:00:09.3$ . На рис. 9 показаны волновые формы второго взрыва, а менее, чем через две минуты после него, произведён взрыв на карьере Лебединского ГОКа.

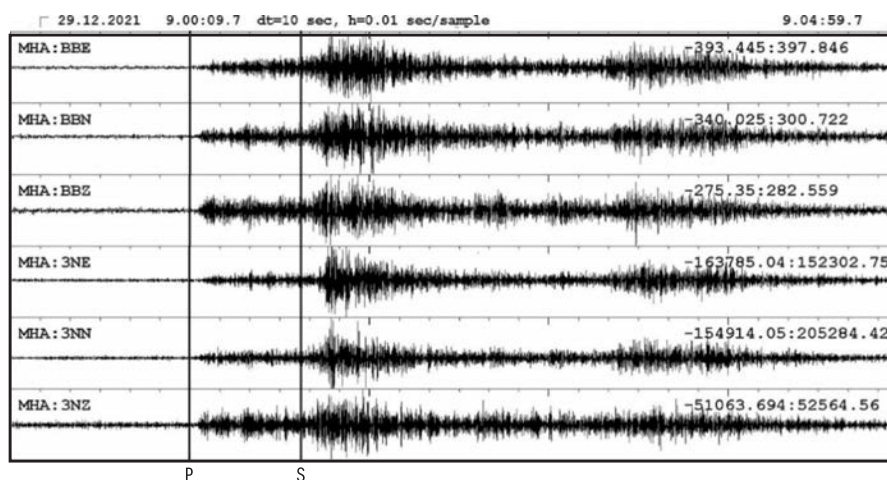


Рис. 7. Волновые формы первого взрыва на карьере Михайловского ГОКа 29.12.2021 г., зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$

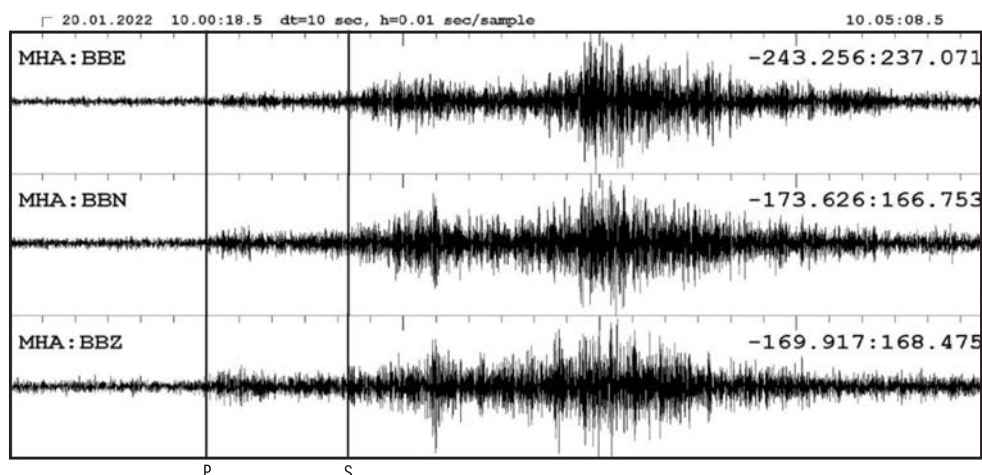


Рис. 8. Волновые формы взрыва на карьере Стойленского ГОКа 20.01.2022 г., зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$

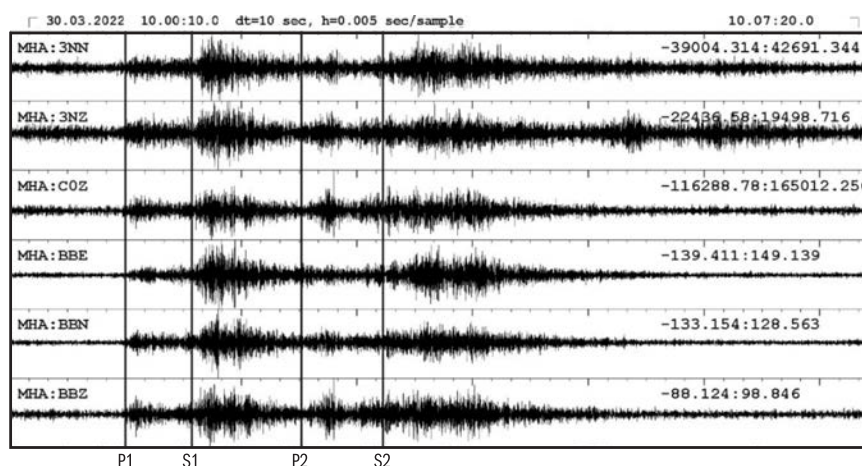


Рис. 9. Волновые формы взрывов на карьерах Михайловского ГОКа (1) и Лебединского ГОКа (2) 30.03.2022 г., зарегистрированные группой «Михнево».

Показаны вступления волн  $P$  и  $S$  соответственно

### Обсуждение результатов

Приведены результаты регистрации взрывов на карьерах в центральной части ВЕП, отличающиеся «нестандартным» временем проведения массовых взрывов и волновых форм. За стандарт приняты многолетние записи сейсмических событий, полученные на МСГ «Михнево», характеризующиеся тремя параметрами: волновая форма или волновой «портрет», время проведения и день недели. Так, например, из 56 зарегистрированных взрывов из Курско-Белгородского региона, происходящих в обычное время (в 9 или 10 часов GMT) один раз в сутки (по рабочим дням), только два были отмечены как «нестандартные» 29.12.2018 г., когда подрыв производился с разницей менее 30 с. Как отмечалось выше, взрывы, проводимые на карьере «Данковский» Липецкой области, регистрировались группой «Михнево» в среднем по 15–20 за год и в «обычное» время (порядка 12 часов GMT), тогда как рассматриваемые в статье события произошли в 8 часов GMT, да ещё и с разницей во времени порядка 40 с. Увеличение количества подобных событий наблюдается с 2021 г., что отражено в таблице. Основным отличием рассматриваемых событий является «нестандартное» время проведения и временной интервал между взрывами.

Наиболее часто встречаются события-«двойники» на одном карьере, но встречаются и тройные, когда в интервале одного часа происходят два взрыва на одном карьере и один на другом, расположенном на достаточно близком расстоянии от первого. Вторым важным отличием является отклонение от средней магнитуды

в сторону её увеличения на 0.3–0.4 магнитудной шкалы.

Наложение сейсмических колебаний от массовых взрывов, производимых на небольшом удалении друг от друга в течение малого промежутка времени, создаёт значительные сложности при интерпретации событий. Возникающая в результате волновая картина не соответствует известным: ни волновым портретам от карьерных взрывов на известных карьерах, ни сейсмическим записям от редких, но всё-таки происходящих время от времени региональных землетрясений. Этот факт приводит к необходимости привлечения дополнительных методов интерпретации, а зачастую прямого контакта с администрацией карьеров, что не всегда возможно.

Как отмечалось в работе [Nesterkina et al., 2019], суммарная выделяющаяся энергия при взрывах варьируется год от года, однако в целом воздействие на центральную часть ВЕП сохранялось и составляло порядка  $(8.2–8.5) \cdot 10^{11}$  Дж/год. Начиная с 2019 г., за счёт возрастающего количества «нестандартных» событий эта величина увеличивается. Особенно значимым этот эффект может оказаться на участках, где расположены особо ответственные технические объекты, к которым относятся, например, гидротехнические сооружения, линии электропередач, объекты использования атомной энергии, объекты инфраструктуры воздушного транспорта и другие. Известно, что на карьерах Лебединского, Стойленского и Михайловского ГОКов при массовых взрывах используется от 1000 до 3000 т ВВ [Взрывы ..., 2013]. Проведение нескольких последовательных столь мощных подрывов за короткие промежутки времени, когда среда ещё

не «успокоилась», может повлечь за собой развитие относительных смещений по межблоковым контактам, а также вызвать разрушения бортов карьеров; как следствие – образование трещин в жилых зданиях и сооружениях, находящихся в непосредственной близости.

Помимо описанных негативных последствий, БВР в карьерах вызывают также весьма высокое загрязнение близлежащей территории и окружающей среды пылегазовыми выбросами и создают ощутимые отрицательные эффекты в связи с осаждением пассивной пыли в жилых районах и на сельскохозяйственных угодьях даже на расстояниях около 2 км от эпицентра при объёме массового взрыва в 1000 т ВВ [Adushkin et al., 2020].

Как было показано в [Взрывы ..., 2013], на территории центральной части ВЕП сейсмическая энергия взрывных работ на 2-3 порядка превосходит энергию землетрясений. Как следствие, сейсмические колебания от техногенных источников могут играть заметную роль в эволюции деформационных процессов на ВЕП.

### Выводы

Наши наблюдения показали, что в настоящее время в регламент проведения БВР на карьерах ВЕП внесены некоторые изменения. В первую очередь, это касается дня недели и времени между проведением массовых взрывов. Взрывы на карьерах проводятся, скорее всего, по мере возникновения производственной необходимости.

Показано, что при регистрации на региональных расстояниях событий с временным интервалом между взрывами в несколько секунд является критическим для их достоверной идентификации. При разнице времён подрыва более 5 мин события могут быть идентифицированы достаточно надёжно, особенно с привлечением методов кросс-корреляции волновых форм на основе имеющихся в нашем распоряжении баз данных о типичных волновых формах («портретах») по наблюдениям МСГ «Михнево» [Adushkin et al., 2015].

Авторы выражают глубокую благодарность ведущему научному сотруднику ИДГ РАН, кандидату физ.-мат. наук В.И. Куликову за оказанную консультацию и ценные замечания, сделанные в ходе написания данной статьи.

**Работа выполнена по теме государственного задания № 122040400015-5.**

### Литература

- Авдеева Л.И., Александрова Л.И., Алёшина Е.И., Андреева С.А., Асминг В.Э., Бакунович Л.И., Баранов С.В., Белевская М.А., Бугаева А.П., Верхованцев Ф.Г., Волосов С.Г. и др. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах // Землетрясения России в 2020 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2022. – С. 172–183. – EDN: HVALGW
- Адушкин В.В., Спивак А.А. Влияние трассы на затухание сейсмического сигнала от короткозамедленных карьерных взрывов // Динамические процессы в геосферах. Выпуск 4: сборник научных трудов ИДГ РАН. – М.: ГЕОС, 2013. – С. 118–126.
- Взрывы и землетрясения на территории Европейской части России / Под ред. В.В. Адушкина и А.А. Маловичко. – М.: ГЕОС, 2013. – 384 с. – EDN: SHAMBV
- Санина И.А., Волосов С.Г., Данилова Т.В., Тарасов С.А., Константиновская Н.Л. Каталог промышленных взрывов, зарегистрированных геофизической обсерваторией ИДГ РАН «Михнево» в 2019 году / Свидетельство о регистрации базы данных № 2021622664 от 26.11.2021. – EDN: GTQUNE
- Санина И.А., Волосов С.Г., Черных О.А., Ризниченко О.Ю. Малоапертурная сейсмическая антенна «Михнево»: новые возможности изучения сейсмичности Восточно-Европейской платформы // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 428, № 4. – С. 536–541. – EDN: KWYUUF
- Санина И.А., Ризниченко О.Ю., Волосов С.Г., Нестеркина М.А., Константиновская Н.Л. Уникальной научной установке «Михнево» ИДГ РАН – 15 // Динамические процессы в геосферах. Выпуск 11: сборник научных трудов ИДГ РАН. – М.: Графитекс, 2019. – С. 48–56. doi:10.26006/IDG.2019.11.38623
- Adushkin V.V., Kitov I.O., Konstantinovskaya N.L., Nepeina K.S., Nesterkina M.A., Sanina I.A. Detection of ultraweak signals on the Mikhnevo small-aperture seismic array by using cross-correlation of waveforms // Doklady Earth Sciences. – 2015. – V. 460, N 2. – P. 189–191. – doi:10.1134/S1028334X15020142
- Adushkin V.V., Solov'ev S.P., Spivak A.A., Khazins V.M. Open pit mining with blasting: Geoecological aftermath // Journal of Mining Science. – 2020. – V. 56, N 2. – P. 309–321. – doi:10.1134/S1062739120026794
- International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. – United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2022. – doi:10.31905/D808B830
- Nesterkina M.A., Kulikov V.I., Konstantinovskaya N.L., et al. Assessment of the Seismic Impact of Industrial Explosions in the Central Part of the East European Platform // Seismic Instruments. – 2019. – V. 55, Is. 2. – P. 148–159. – doi:10.3103/S0747923919020105



## Сведения об авторах

**Санина Ирина Альфатовна**, д-р физ.-мат. наук, гл. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук (ИДГ РАН), г. Москва, Россия. E-mail: iasanina51@gmail.com

**Константиновская Наталия Львовна**, науч. сотр. ИДГ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: konstnat@list.ru

## Features identification of quarry explosions in the central part of the East European Platform according to the data of the small-aperture group “Mikhnevo”

© 2022 I.A. Sanina, N.L. Konstantinovskaya

IDG RAS, Moscow, Russia

Received May 31, 2022

**Abstract** The features of the location and identification of mass explosions produced at quarries in the central part of the East European Platform associated with changes in the regulations for blasting operations, according to observations at the small-aperture seismic group “Mikhnevo” IDG RAS, are considered. Descriptions of wave forms from explosions at the largest quarries of the Belgorod and Kursk regions are given. The analysis of the identified “anomalous” mass explosions at quarries is given. The “atypical” wave forms and the time of blasting operations are considered. The possible negative consequences for the objects of the national economy and especially responsible buildings and structures located in the immediate vicinity are indicated.

**Keywords** Quarry explosions, location and identification of seismic events, technogenic impact, waveforms.

**For citation** Sanina, I.A., & Konstantinovskaya, N.L. (2022). [Features identification of quarry explosions in the central part of the East European Platform according to the data of the small-aperture group “Mikhnevo”]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 4(2), 23-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2022.2.02>. EDN: KRXTGL

### References

Adushkin, V.V., & Malovichko, A.A. (Eds.). (2013). *Vzryvy i zemletriaseniia na territorii Evropeiskoi chasti Rossii* [Explosions and earthquakes on the territory of the European part of Russia]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 384 p. (In Russ.). EDN: SHAMBV

Adushkin, V.V., Kitov, I.O., Konstantinovskaya, N.L., Nepeina, K.S., Nesterkina, M.A., & Sanina, I.A. (2015). Detection of ultraweak signals on the Mikhnevo small-aperture seismic array by using cross-correlation

of waveforms. *Doklady Earth Sciences*, 460(2), 189-191. doi:10.1134/S1028334X15020142

Adushkin, V.V., Solov'ev, S.P., Spivak, A.A., & Khazins, V.M. (2020). Open pit mining with blasting: Geoeological aftermath. *Journal of Mining Science*, 56(2), 309-321. doi:10.1134/S1062739120026794

Adushkin, V.V., & Spivak, A.A. (2013). [Influence of the path on the attenuation of the seismic signal from shortdelayed quarry explosions]. *Dinamicheskie protsessy v geosferakh. Vypusk 4: sbornik nauchnykh trudov IDG RAN* [Dynamic processes in geospheres. Issue 4:

- collection of scientific papers of the IDG RAS] (pp. 118-126). Moscow, Russia: GEOS Publ. (In Russ.).
- Avdeeva, L.I., Alexandrova, L.I., Alyoshina, E.I., Andreeva, S.A., Asming, V.E., Bakunovich, L.I., Baranov, S.V., Belevskaya, M.A., Bugaeva, A.P., Verkholtantsev, F.G., Volosov, S.G., et al. (2022). [Information about the largest industrial explosions]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2020 godu* [Earthquakes of Russia in 2020] (pp. 172-183). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: HVALGW
- International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. doi:10.31905/D808B830
- Nesterkina, M.A., Kulikov, V.I., Konstantinovskaya, N.L., et al. (2019). Assessment of the Seismic Impact of Industrial Explosions in the Central Part of the East European Platform. *Seismic Instruments*, 55(2), 148-159. doi:10.3103/S0747923919020105
- Sanina, I.A., Riznichenko, O.Yu., Volosov, S.G., Nesterkina, M.A., & Konstantinovskaya, N.L. (2019). [Unique scientific installation “Mikhnevo” IDG RAS – 15]. *Dinamicheskie protsessy v geosferakh. Vypusk 11: sbornik nauchnykh trudov IDG RAN* [Dynamic processes in geospheres. Issue 11: collection of scientific papers of the IDG RAS] (pp. 48-56). Moscow, Russia: Grafiteks Publ. (In Russ.). doi: 10.26006/IDG.2019.11.38623
- Sanina, I.A., Volosov, S.G., Chernykh, O.A., & Riznichenko, O.Yu. (2009). [Small-aperture seismic antenna “Mikhnevo”: new opportunities for studying the seismicity of the East European Platform]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], 428(4), 536-541. (In Russ.). EDN: KWIYUF
- Sanina, I.A., Volosov, S.G., Danilova, T.V., Tarasov, S.A., & Konstantinovskaya, N.L. (2021). [Catalog of industrial explosions registered by the geophysical observatory of the IDG RAS “Mikhnevo” in 2019]. Patent RF, no. 2021622664. (In Russ.). EDN: GTQUHE

#### Information about authors

- Sanina Irina Alfatovna**, Dr., Chief Researcher of the Institute of Geospheres Dynamics of the Russian Academy of Sciences (IDG RAS), Moscow, Russia. E-mail: iasanina51@gmail.com
- Konstantinovskaya Natalia L'vovna**, Researcher of the IDG RAS, Moscow, Russia. E-mail: konstnat@list.ru