

УДК 550.34.06, 553.94

СЕЙСМИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ НА ШАХТЕ “КОМСОМОЛЬСКАЯ” 25 ЯНВАРЯ 2018 г.

Н. Н. Носкова¹, В. Э. Асминг², А. В. Федоров²

¹*Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра УрО РАН,
E-mail: noskova@geo.komisc.ru, ул. Первомайская, 54, 167982, Сыктывкар, Россия*

²*Кольский филиал ФИЦ “Единая геофизическая служба РАН”,
E-mail: asminve@mail.ru, andrey_v_fedorov@inbox.ru,
ул. Ферсмана, 14, 184209, г. Апатиты, Россия*

25 января 2018 г. в пределах городского округа “Воркута” региональными сейсмическими станциями зарегистрировано событие, которое классифицируется как горный удар. Обобщены и проанализированы записи 16 станций с эпицентрными расстояниями 260 – 1645 км. Эпицентр локализован в поле шахты “Комсомольская” Воркутского угольного месторождения. Выполнен расчет параметров гипоцентра данного события по записям комплекса шахтной сети сейсмического мониторинга GITS АО “Воркутауголь”, что позволило значительно увеличить достоверность определения гипоцентра по сравнению с обработкой региональных станций и получить референсную оценку локации. Горный удар 25 января еще раз подтвердил, что для контроля геодинамической обстановки и повышения безопасности отработки важного горнопромышленного региона Республики Коми необходима установка сейсмостанций вблизи шахтных полей Воркуты.

Горный удар, наведенная сейсмичность, геодинамическая опасность, угольная шахта, Воркутское месторождение

DOI: 10.15372/FTPRPI20180403

Цель данной работы — определение параметров сейсмического события 25 января 2018 г., выяснение его генезиса и возможных причин возникновения. Актуальность сейсмологических наблюдений обусловлена прежде всего тем, что Воркутинский административный район Республики Коми — один из важнейших горнопромышленных регионов России. Здесь ведется основная разработка Печорского угольного бассейна, который является вторым в России по ресурсам коксующегося и энергетического угля, уступая лишь Кузбассу, а в Европейской части России обладает самым высоким потенциалом. Добыча угля на шахтах Воркутинского угленосного района ведется на больших глубинах и в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях, что способствует возникновению интенсивных геодинамических явлений. Зачастую они имеют макросейсмические проявления. Так, утром 25 января 2018 г. в региональное Управление МЧС Воркуты поступили звонки с сообщениями о подземных толчках [1]. Явление, похожее на землетрясение, почувствовали жители г. Воркуты, а также поселков Комсомольского, Заполярного и Воргашор.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сейсмическое событие 25 января 2018 г. зафиксировало большинство сейсмических станций, расположенных на эпицентральных расстояниях до 1645 км. Для анализа и расчета параметров данного события сформирована база волновых форм 16 сейсмических станций, представленных в основном сетью Федерального исследовательского центра “Единая геофизическая службы РАН” (ФИЦ ЕГС РАН).

Определение параметров эпицентра происходило с помощью программных комплексов WSG [2] методом минимизации невязок и методом Generalized beam forming [3], в усовершенствованном виде реализованном в программе NAS, которая, в свою очередь, является подпрограммой автоматической системы сейсмического мониторинга NSDL [4]. Использовался годограф для Восточно-Европейского кратона [5], дополненный глубокими слоями модели АК-135. Для вычисления локальной магнитуды M_L (MWA) применялся реализованный в WSG способ расчета, основанный на осредненной по Северной Евразии калибровочной функции [6]. Для нахождения гипоцентра события 25 января по данным аппаратно-программного комплекса GeoInfoTransSistem (GITS) шахты “Комсомольская” разработана программа LocEvent. Локация проведена методом минимизации невязки оценки времени в очаге по временам первых приходов P -волны на датчики системы. Минимизация выполнена прямым перебором по трехмерной сетке с шагом 10 м, охватывающей датчики.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Событие зарегистрировано региональными станциями Архангельской, Кировской, Мурманской, Свердловской областей, Пермского края, Республики Коми, Ямало-Ненецкого автономного округа, а также станциями Республики Казахстан и Норвегии. Расчет эпицентра сейсмического события по данным региональных станций мониторинга проводился по вступлениям сейсмических фаз P - и S -волн следующих станций: “Харасавэй” (HRSV), “Териберка” (TER), сейсмическая группа “Апатиты” (АРА0), “Рыбачий” (РРҮВ) Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН; “Ловозеро” (LVZ), “Североуральск” (SVUR) ФИЦ ЕГС РАН; “Екимьята” (PR4R), “Власы” (PR4R), “Сараны” (PR7R) Горного Института УрО РАН, Пермь; “Амдерма” (AMDE) ФИЦКИА РАН, Архангельск; “ARCESS Array” (ARA0) Геоинформационного центра NORSAR (Норвегия).

Дополнительно удалось выделить вступления S -волн на нескольких станциях: “Пожег” (PZG) Института геологии Коми НЦ УрО РАН; “Пермогорье” (PRG), “Киров” (KIRV), “Арти” (ARU) ФИЦ ЕГС РАН; “Боровое” (BRVK) Сети наблюдений Национального ядерного центра Республики Казахстан. Эпицентральные расстояния до станций, задействованных в определении параметров события, составили от 260 (AMDE) до 1645 км (BRVK), азимутальный охват — 16.5–342.5°, максимальная азимутальная брешь — 148°. Доступ к зарубежным исходным данным осуществлялся через электронные ресурсы IRIS и NORSAR. На рис. 1 показано расположение используемых станций. На рис. 2 приводятся волновые формы события 25 января для некоторых станций.

С применением программного комплекса обработки волновых форм сейсмических событий WSG определены следующие параметры рассматриваемого события: время в очаге $t_0 = 03:30:38$, координаты $67.558N$, $63.673E$, глубина гипоцентра $h = 0$ км. Энергетический класс по Т. Г. Раутиан и локальная магнитуда составили $K_p = 9.5$, $M_L = 3.4$, магнитуда $M_s = 2.8/2$.

Параметры события 25 января также были переопределены в программе NAS по 27 сейсмическим фазам 16 станций, которые приводятся в сейсмическом бюллетене (таблица). В NAS получено близкое решение: $t_0 = 03:30:38.9$, координаты $67.564N$, $63.754E$, эллипс ошибок: $R_{\min} = 9.5$ км, $R_{\max} = 17.6$ км, $Az_{\max} = 80^\circ$.

АО “Воркутауголь ” предоставлены записи комплекса GITS шахты “Комсомольская”, предназначенного для регистрации и непрерывного контроля сейсмической активности на Воркутском угольном месторождении. Обработка данных шахтной сейсмической сети в программе LocEvent позволила существенно уточнить координаты события и глубину: 67.5208N, 63.8692E, наиболее вероятная глубина — 300 м (рис. 3).



Рис. 1. Сейсмическое событие 25 января 2018 г. и станции, задействованные в определении параметров гипоцентра. 1 – сейсмическая станция и ее код; 2 – эпицентр

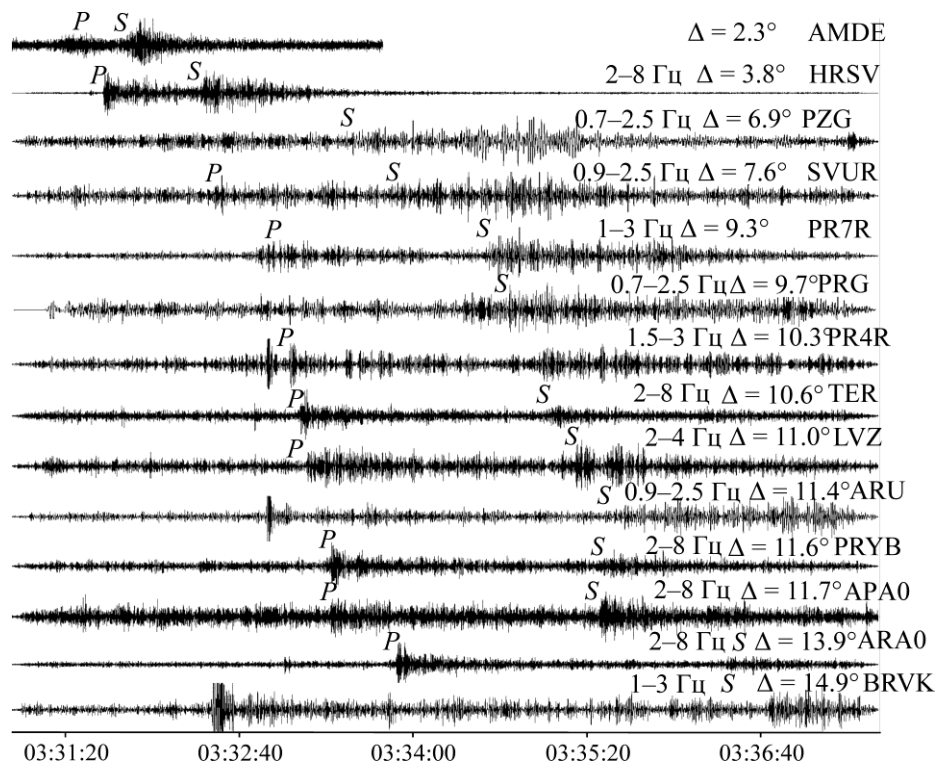


Рис. 2. Волновые формы z-компоненты сейсмического события 25 января 2018 г. на шахте “Комсомольская ”

Сейсмический бюллетень события 25 января 2018 г.

Код станции	Время вступления сейсмических фаз, ч:мин:с		$\Delta, ^\circ$	$AZM, ^\circ$	A, мкм	T, с	Магнитуда
	P	S					
AMDE	3:31:18.44	3:31:49.01	2.3	342.5	0.177	0.24	$ML=3.4$
HRSV	3:31:37.88	3:32:24.29	3.8	16.5			
PZG	—	3:33:34.98	6.9	219.8	0.071	5.2	$M_s=2.8$
SVUR	3:32:29.31	3:33:52.64	7.6	194.2			
PR7R	3:32:50.98	3:34:32.68	9.3	196.1	0.033	6.25	$M_s=2.7$
PRG	—	3:34:42.65	9.7	241.0			
PR6R	3:33:01.28	3:34:49.78	10.0	203.7	0.033	6.25	$M_s=2.7$
PR4R	3:33:03.48	3:34:55.94	10.3	204.4			
TER	3:33:08.85	3:35:01.84	10.6	292.0	0.033	6.25	$M_s=2.7$
LVZ	3:33:13.07	3:35:10.99	11.0	285.2			
KIRV	—	3:35:13.75	11.0	194.5	0.033	6.25	$M_s=2.7$
ARU	—	3:35:22.65	11.4	194.5			
PRYB	3:33:22.39	3:35:26.66	11.6	295.2	0.033	6.25	$M_s=2.7$
APA0	3:33:22.76	3:35:27.2	11.7	284.4			
ARA0	3:33:53.02	3:36:21.96	13.9	295.6	0.033	6.25	$M_s=2.7$
BRVK	—	3:36:44.06	14.9	164.3			

Примечание. Δ — угол погружения главных осей напряжений относительно горизонта; AZM — азимут главных осей; A — максимальная амплитуда

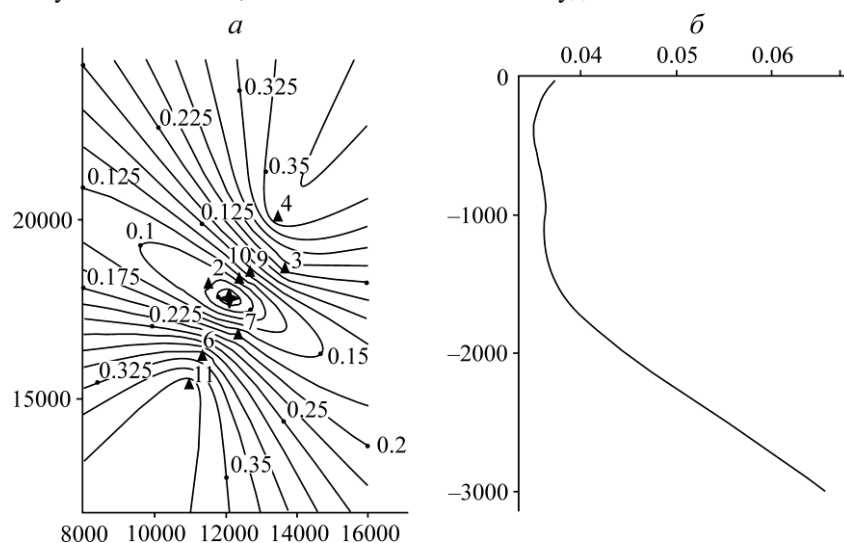


Рис. 3. Результаты обработки данных системы GITS: а — эпицентр события 25 января 2018 г. и шахтная сейсмическая сеть АО “Воркутауголь”, изолинии – невязки оценки времени в очаге (система координат рудничная, в метрах); б — график зависимости невязки от глубины

По информации предприятия “Воркутауголь” сейсмическое событие 25 января ($E = 16652$ Дж) произошло в отработанном пространстве в месте остановленной (неработающей) лавы 312-ю пласта “Четвертый”. В южном блоке шахты пласт “Четвертый” отнесен к склонным к горным ударам с глубины 350–375 м. Однако оценке минимальной глубины противоречат многочисленные случаи сильных горных ударов [7].

Событие 25 января также автоматически слогировано норвежским сейсмологическим центром NORSAR. Согласно бюллетеню [8], оно произошло в Заполярном районе Ненецкого автономного округа и имело следующие параметры: $t_0 = 03:30:45.0$, $68.40N$, $63.17E$, $M = 2.92/4$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Определение местоположения эпицентра события 25 января 2018 г. происходило в два этапа. Сначала была выполнена обработка записей региональных сейсмостанций, затем расчет данных системы GITS шахты “Комсомольская”, что позволило значительно увеличить достоверность выявления гипоцентра (рис. 4). Ошибки локации в NAS составили 7 км, WSG — 9 км, NORSAR GBF — 102 км.

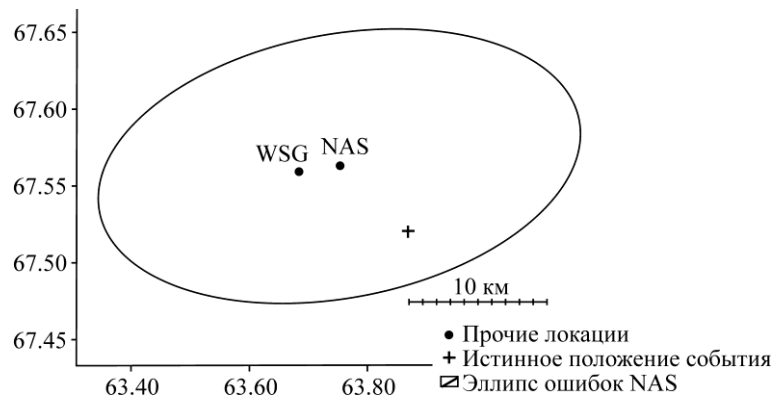


Рис. 4. Разные решения сейсмического события 25 января 2018 г.

Событие локализовано в поле шахты “Комсомольская” и классифицируется нами как горный удар. Пласт “Четвертый” (средняя мощность 1.4 м), в котором произошло событие, один из отрабатываемых пластов Воркутского месторождения, относится к угрожаемым, а на отдельных участках шахтных полей – к опасным по горным ударам. Стоит отметить, что техногенные сейсмические события на шахтах Печорского угольного бассейна не редкость [7–12], в том числе и на “Комсомольской”. Так, 5 и 8 июня 2015 г. была зафиксирована сейсмическая активность в южном блоке шахты на глубине 781 м на участке лавы 312-ю пласта “Тройного” [13].

Воркутское месторождение приурочено к Предуральскому краевому прогибу — Воркутской мульде и представляет собой асимметричную брахисинклинальную складку северо-восточного простирания. Мульда в целом простого строения: пологое залегание, выдержанная мощность основных рабочих пластов, но осложнена пликативными и дизъюнктивными нарушениями, расположенными в виде отдельных зон диагонального направления к простиранию пород пермской толщи. Угленосная толща сложена преимущественно песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Весьма редко встречаются линзы и маломощные прослои конгломератов [7].

Особенностью Воркутского месторождения является изменчивое строение разрабатываемой угленосной толщи. Для месторождения характерна бифуркация угольных пластов на самостоятельные пласты меньшей мощности [9]. Это обстоятельство определяет разнообразие условий проявления горных ударов на отдельных участках месторождения. С ростом глубины ведения горных работ и увеличением площади отработанных шахтных полей на Воркутском месторождении существенно изменились характер и интенсивность перераспределения напряжений в подработанном горном массиве. По мере приближения горных работ к оси мульды, расположенной на глубине 1100–1200 м, возникают интенсивные динамические разрушения породного массива.

Кроме того, данные по отработке лав центрального блока шахты “Комсомольская” в сопоставлении с регистрируемой сейсмической активностью, свидетельствуют о том, что активизация динамической активности, повышение напряжений в их краевых частях и целиках происходит в результате наложения техногенных напряжений на уже существующие в массиве

тектонические напряжения. Эти напряжения вызваны зависанием консолей пород основной кровли, как за лавой, так и над монтажными камерами, с пригрузкой вышележащих целиков. Все последующие просадки пород основной кровли также сопровождаются перераспределением напряжений в массиве, что и провоцирует усиление сейсмической активности [14].

ВЫВОДЫ

Актуальной задачей является обеспечение сейсмологического мониторинга Воркутинского угленосного района Республики Коми. Результаты сейсмологических наблюдений позволяют дать уточненную оценку техногенной составляющей сейсмической активности изучаемой территории. Комплексование данных региональных сейсмостанций и шахтной сейсмической сети увеличивает надежность регистрации и достоверность локации. Сейсмические станции Института геологии Коми НЦ УрО РАН в настоящее время, за редким исключением, не регистрируют события Печорского угольного бассейна из-за их удаленности и высокого уровня техногенных помех в местах работы. Для контроля геодинамической обстановки важного горнопромышленного региона республики необходима установка сейсмостанций вблизи шахтных полей Воркуты.

Авторы признательны коллегам из ФИЦ ЕГС РАН г. Архангельска и Перми за предоставленные записи сейсмических событий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксперт прокомментировал сейсмоявление в Воркуте // Моя Воркута. 25.1.2018. №22 (265). <http://gazetamv.ru/ekspert-prokomentiroval-sejsmoyavlenie-v-vorkute.html> (дата обращения 27.01.2018).
2. Красилов С. А., Коломиец М. В., Акимов А. П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы Междунар. сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций “Пулково” и “Екатеринбург”. — Обнинск: ГС РАН, 2006. — С. 77–83.
3. Ringdal F., Kvaerna T. A multi-channel processing approach to real time network detection, phase association, and threshold monitoring, Bulletin of the Seismological Society of America, 1989, Vol. 79, No 6. — P. 927–1940.
4. Фёдоров А. В., Асминг В. Э., Евтюгина З. А., Прокудина А. В. Система автоматического мониторинга сейсмичности Европейской Арктики // Сейсмические приборы. — 2018. — Т. 54. — № 1. — С. 29–39.
5. Schueller W., Morozov I. B., and Smithson S. B. Crustal and uppermost mantle velocity structure of northern Eurasia along the profile Quartz, Bulletin of the Seismological Society of America, 1997, No. 87. — P. 414–426.
6. Габсатарова И. П. Внедрение в рутинную практику подразделений Геофизической службы РАН процедуры вычисления локальной магнитуды // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. — Обнинск: ГС РАН, 2006. — С. 49–53.
7. Логинов А. К. Современные технологические и технические решения отработки угольных пластов. — М.: Горная книга, 2012. — 392 с.
8. NORSAR GBF Bulletins. URL: <http://www.norsardata.no/NDC/bulletins/gbf/2018/GBF18025.html> (дата обращения 27.01.2018).
9. Вернигор В. М., Осипов А. Н. Обеспечение геодинамической безопасности при отработке Воркутского угольного месторождения // ГИАБ. — 2000. — № 7. — С. 122–123.

10. **Адушкин В. В.** Тектонические землетрясения техногенного происхождения // *Физика Земли*. — 2016. — № 2. — С. 22–44.
11. **Носкова Н. Н.** Уточнение локации некоторых сейсмических событий на Полярном Урале за 1997–2016 гг. // *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы XII Междунар. Сейсмолог. школы*. — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. — С. 250–254.
12. **Носкова Н. Н.** Сейсмические события в Печорском угольном бассейне в 2016 году // *Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием*. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. — С. 133–135.
13. **Носкова Н. Н.** Техногенное событие 8 июня 2015 г. на шахте “Комсомольская” // *Минерально-сырьевые ресурсы арктических территорий Республики Коми и Ненецкого автономного округа: материалы науч.-практ. совещ.* — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. — С. 55–56.
14. **Логинов А. К., Беляева Л. И., Мулев С. Н.** Результаты сейсмического контроля на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь» // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009. №6. С. 347–352.

Поступила в редакцию 15/V 2018