

## **ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА В УСЛОВИЯХ ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Владимир Николаевич Филиппов*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории физико-технических геотехнологий, e-mail: filippov144@mail.ru

*Андрей Андреевич Еременко*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, доктор технических наук, зав. лабораторией физико-технических геотехнологий, e-mail: eremenko@ngs.ru

*Игорь Николаевич Мокроусов*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, инженер лаборатории физико-технических геотехнологий, e-mail: igor-1970@yandex.ru

Проведен анализ взрывных работ при отработке запасов охранного целика этажно-камерной системой разработки и системой разработки подэтажного обращения с применением самоходной техники. Установлено, что взрывы большой мощности проводимые в границах охранного целика оказывают длительное воздействие на массив горных пород (до двух суток и более). Каждый взрыв формирует сейсмически активную зону, в которой происходят толчки на расстоянии до 400м и более. Переход на технологию подэтажного обрушения с применением самоходной техники исключил проведение взрывов с большой массой ВВ (10 т и более). За месяц проводится 20 – 30 взрывов массой ВВ от 800-900 кг до 3000-3500 кг. Увеличение количества взрывов приводит к тому, что сами взрывы создают сейсмоактивную зону и оказывают влияние на состояние массива и прилегающих выработок, но уменьшение массы ВВ привело к тому, что в основном стали происходить низкочастотные события. Преимущественно стали происходить сейсмособытия 1 и 2 класса.

**Ключевые слова:** взрывные работы, самоходная техника, подэтажное обрушение, нарушенность, целик, сейсмособытия, устойчивость, предохранительный целик, система разработки, массовый взрыв.

## **GEOTECHNOLOGY IMPACT ON SEISMIC ACTIVITY OF THE AREA DURING MINING PROTECTIVE PILLAR IN CONDITIONS OF SHEREGESH DEPOSIT**

*Vladimir N. Filippov*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, Laboratory of Physical and Technical Geo-technologies, e-mail: filippov144@mail.ru

*Andrey A. Eremenko*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, D. Sc., Professor, Head of Laboratory of Physical and Technical Geo-technologies, e-mail: eremenko@ngs.ru

**Igor N. Mokrousov**

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Engineer, Laboratory of Physical and Technical Geo-technologies, e-mail: igor-1970@yandex.ru

Analysis of blasting works during reserves mining of protective pillar of level-and-room mining and sublevel mining with application of mobile machinery is carried out. It is established that high power explosions, carried out within border of protective pillar, longtime impact on rock solid (up to 2 days and more). Each explosion forms seismic active zone in which shocks occur on the distance up to 400v and more. Converse to technology of sublevel caving with application of mobile machinery has excepted carrying out explosions with large mass of explosive materials (10t and more). Through a month, 20-30 explosions are carried out with mass of explosive material from 800-900kg up to 3000-3500 kg. Increasing of explosion number causes to the explosions produce seismic active zone and Impact to solid condition and near workings. But reduction of mass of explosive materials has caused to low frequent event. Mainly seismic events of 1 and 2 class happen.

**Key words:** blasting works, mobile machinery, sublevel caving, broken condition, pillar, seismic events, stability, safety pillar, development system, massive explosion.

Шерегешевское месторождение входит в Кондомскую группу железорудных месторождений и совместно с Шалымским образует Шерегешевско-Шалымское рудное поле. Месторождение разведано на глубину 1200 м от поверхности и эксплуатируется с 1952 года [1]. В состав месторождения включен участок Подрусловый. Участок расположен в западной части месторождения к северо-западу от участка Новый Шерегеш и отделён от него субмеридианальным дизъюнктивом. Рудные тела участка не выходят под наносы и являются «слепыми». Верхняя кромка рудных тел расположена более 300м от поверхности [2]. Особенностью участка, влияющей на технологию его отработки, является то, что над ним, ближе к его западному флангу, протекает река «Большая речка», и часть его запасов оказывается в границах предохранительного целика.

Отработка запасов предохранительного целика в этаже (+185)÷(+255)м велась этажно - камерной системой разработки в пределах блоков 6 – 11. В этаже (+115)÷(+185)м выемка запасов руды участка осуществляется системой подэтажного обрушения с применением самоходной техники, которая позволяет повысить концентрацию и интенсивность отработки рудных запасов [3].

В 2014 г. в границах предохранительного целика на Подрусловом участке очистные работы велись в блоках 6(II); 7; 8(I). Взрывы, проводимые в границах целика массой более 10 т. представлены в таблице.

Рассмотрим ситуацию после взрывов большой мощности, проводимых в границах предохранительного целика.

Так, 13.07.14 проведен взрыв по блоку 7 Сейсмическая энергия взрыва (Евзр) составила  $2,11 \cdot 10^5$  Дж. После взрыва, в течение 18 часов зарегистрировано 13 сейсмособытий на участке Подрусловый. Из них 8 толчков на расстояниях от 109м до 219м; 31.07.14 проведен взрыв по блоку 7 Евзр  $-5,91 \cdot 10^4$  Дж. После взрыва, в течение 20 часов произошло 12 сейсмособытий; 02.11.14 взрыв блоков 7-8 Евзр -  $(5,44 \cdot 10^4$  Дж). Через сутки после взрыва произошел толчок на расстоянии 160м., затем, через двое суток произошло еще два толчка на рас-

стояниях 58м от очага взрыва; 09.11.14 взрыв блока 7 Евзр - ( $1,60 \cdot 10^6$  Дж). В течение 33 минут после взрыва произошло 3 толчка, из них один на расстоянии 310м от очага взрыва; 12.12.14 взрыв блока 8 Евзр - ( $1,91 \cdot 10^6$  Дж). В течение 5 часов произошло 2 толчка, через 35 минут после взрыва и через 36 минут на расстоянии 425м; 13.12.14 взрыв блока 7 Евзр - ( $3,38 \cdot 10^5$  Дж). Через 34 минуты произошел толчок на расстоянии 140м. Всего в течение 7 часов произошло 19 сейсмособытий; 31.12.14 взрыв блока 8 Евзр - ( $9,87 \cdot 10^5$  Дж). В течение 17 часов произошло 27 сейсмособытий.

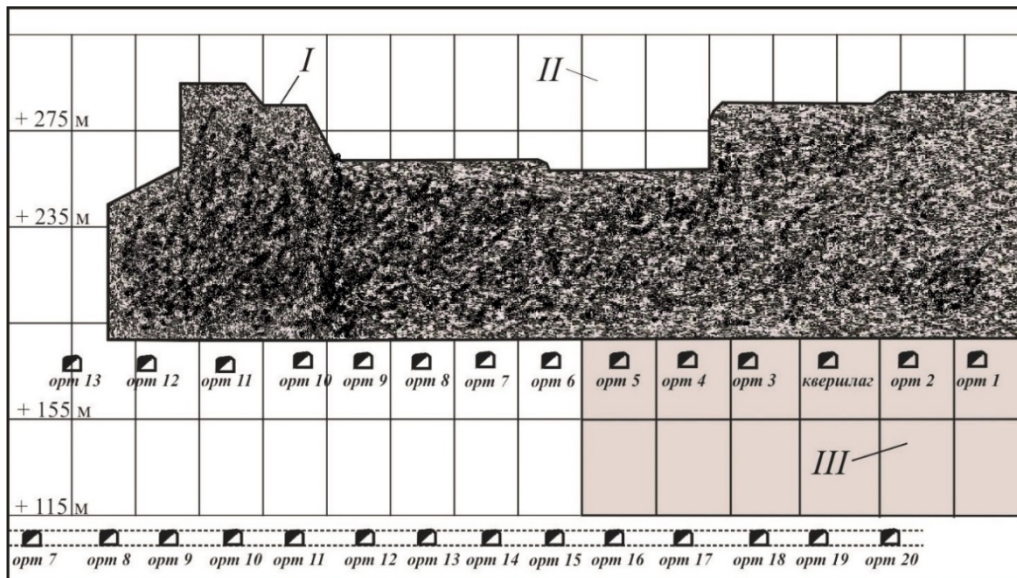


Рис. 1. Обработка блоков на Подрусловом участке  
этажно-камерной системой разработки и подэтажного обрушения:  
*I* — выработанное пространство; *II* — вмещающий массив горных пород;  
+115 ÷ +275 — горизонты, м; *III* — система разработки подэтажного обрушения

Взрывы, проводимые в границах  
предохранительного целика массой более 10 т

Блок, горизонт	Вид взрыва	Масса ВВ, кг
1	2	3
Блок 7 гор.+185м.	Подсечка	10800
Блок 7 гор. +185м., +255м	Подсечка, КК*	28400
Блок 7,8 гор.+185м.		
Блок 7 гор. +185м.	Подсечка	15400
Блок 8 гор.+185м.	Подсечка	17800
Блок 7 гор.+255м.	Подсечка	10400
Блок 8 гор.+255м.	КК	31500
	КК	24800

КК\* - компенсационная камера.

Установлено, что взрывы большой мощности, проводимые в границах предохранительного целика, оказывают длительное воздействие на массив горных пород (до двух суток и более). Каждый взрыв формирует сейсмически активную зону в шахтном поле, в которой происходят толчки на расстоянии до 400м и более.

В дальнейшем в границах предохранительного целика очистные работы велись в блоках 7; 8(I); 8(II); 9(I); 9(II). Данные блоки отрабатывались этажно-камерной системой разработки, где формирование подсечного пространства и компенсационных камер осуществляется при помощи взрывов большой мощности, а обрушение блоков производится с массой зарядов более 100т.

В границах целика было произведено 4 массовых взрыва: блока 8(I), где масса ВВ равна 139000 кг; блока 8 с массой ВВ – 110000 кг; блока 9 с массой ВВ – 86000 кг и блока 9 с массой ВВ – 87000 кг.

Выявлено, что все массовые взрывы сопровождались большим количеством сейсмособытий (более 100), которые часто происходили с большой энергией, и продолжались в течение нескольких суток на расстояниях 140 – 160 м от зоны взрыва.

В границах предохранительного целика очистные работы велись в блоках 8(II); 9(I); 9(II); 10.

Взрывы, проводимые в границах предохранительного целика массой более 10т: 03.02.16 Блок 9 гор.+185м., масса ВВ – 83000кг; 06.06.16 блок 9 гор.+185м., масса ВВ – 11000кг; 11.06.16 блок 10, гор+255м., масса ВВ – 60000кг; 05.08.16 блок 10, гор+185м., масса ВВ – 35280кг.

Кроме проведенных массовых взрывов по обрушению блоков на протяжении года интенсивно велись взрывные работы по оформлению подсечных пространств и компенсационных камер в блоках находящихся в границах предохранительного целика, где сформировалась зона сейсмической активности.

На карте сейсмической активности четко выделяется аномалия в районе границы предохранительного целика на Подрусловом участке.

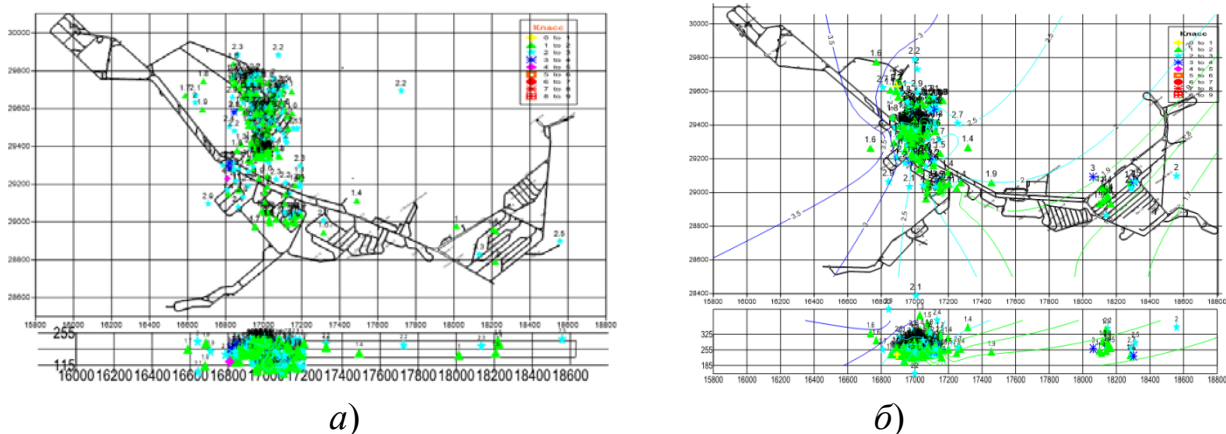


Рис. 2. Карта сейсмической активности:

а) горизонт +185м; б) горизонт + 255м; 10400-11400 и 12000-12800 – координаты X и Y; 1÷3 – энергетический класс

Далее отработка рудных запасов в границах предохранительного целика осуществляется системой подэтажного обрушения. Переход на данную технологию полностью исключил проведение взрывов с большой массой ВВ (10т). В течение месяца проводится 20 – 30 взрывов массой ВВ от 800-900кг. до 3000-3500кг. и более. Увеличение количества взрывов приводит также к созданию сейсмоактивной зоны и влиянию на состояние пород в прилегающих выработках, однако уменьшение массы ВВ приводит в основном, к низкочастотным событиям, преимущественно 1 и 2 классов.

События 1 - 2 классов составляют ~ 98,48 % от общего их количества 3 - 1,33 %. (рис. 3).

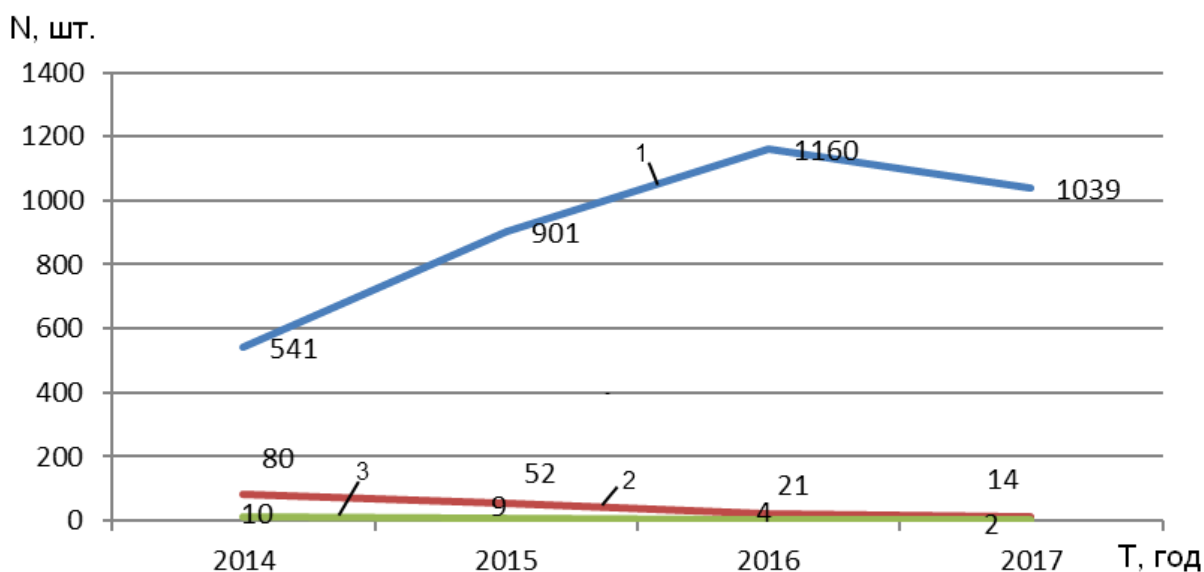


Рис. 3. Изменение количества сейсмособытий по годам;  
1 – 1 и 2 класса; 2 и 3 класса; 3 и 4 класса

В 2018 году предусмотрен переход на добычу руды системами подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды. В блоках в предохранительном целике, например, проведено в январе – 27 взрывов; в феврале – 33; в марте – 38; в апреле – 14. При этом произошло 66 сейсмособытий: в январе – 11; в феврале – 33; в марте – 9; в апреле – 13, в основном сейсмособытия 1 и 2 классов. Распределение толчков по энергетическим классам в шахте Шерегешская представлено на рис. 4.

Таким образом, отработка предохранительного целика этажно-камерной системой разработки производится при помощи взрывов большой мощности с массой зарядов более 100т. Установлено, что взрывы большой мощности, проводимые в границах целика, оказывают длительное воздействие на массив горных пород (до двух суток и более) и формируют сейсмически активные зоны, в которых происходят события 3-6 энергетического классов на расстоянии до 400 м и более.

Переход на поэтажное обрушение исключил проведение взрывов с большой массой ВВ (более 10 т), при этом регистрировались низкочастотные события, преимущественно 1 и 2 энергетических классов.

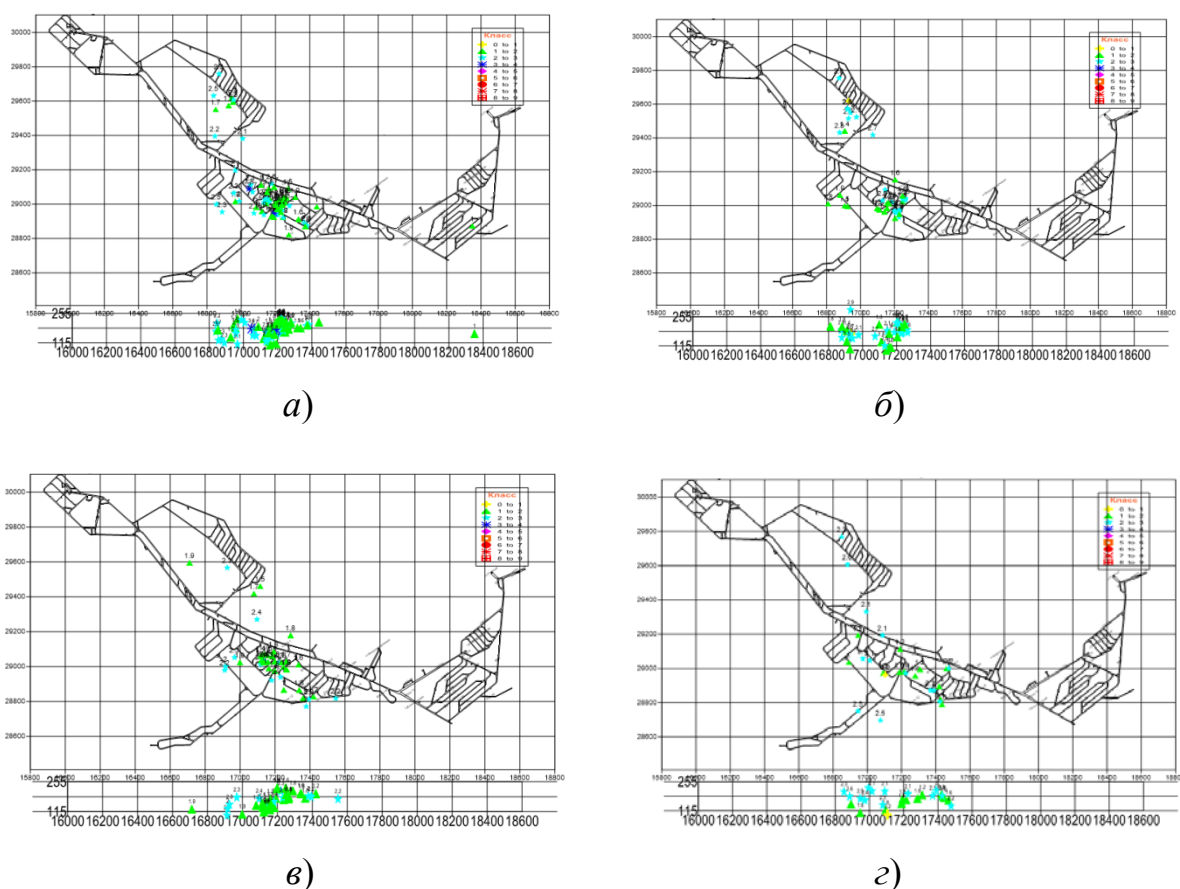


Рис. 4. Карты сейсмической активности в 2018 г.:

а) январь; б) февраль; в) март; г) апрель

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еременко А.А., Еременко В.А., Гайдин А.П. Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. — Новосибирск: Наука, 2009.
2. Еременко А.А., Филиппов В.Н., Никитенко С.М., Христюков Е.А. Особенности освоения железорудных месторождений Горной Шории. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, Научный журнал № 5, 2017, с. 86-87.
3. Еременко А.А., Серяков В.М. Геомеханическое обоснование порядка отработки сближенных участков Шерегешевского месторождения. Труды международной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» - Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004.

© В. Н. Филиппов, А. А. Еременко, И. Н. Мокроусов, 2019