

УДК 69

DOI 10.21661/r-116634

*M.A. Жараспаев***ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПАНЕЛЬНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЫ  
РАЗРАБОТКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЖАМАН-АЙБАТ  
(РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

*Аннотация:* в статье кратко излагается опыт ранее принятых и применяемых параметров панельно-столбовой системы разработки на месторождении Жаман-Айбат. Показываются результаты анализа геомеханического наблюдения за конструктивными элементами панельно-столбовой системы разработки на месторождении в период 2008–2010 годов. Выведены зависимости отслоений, вывалов пород с кровли. Показаны графики по факту разрушения целиков. Делается вывод о необходимости продолжения научно-исследовательских работ в этом направлении.

*Ключевые слова:* панельно-столбовая система разработки, целик, кровля, месторождение Жаман-Айбат, Жезказганское месторождение.

*M.A. Zharaspaev***EXPERIENCE OF PANEL-AND-PILLAR DEVELOPMENT  
SYSTEM APPLICATION AT THE ZHAMAN-AIBAT FIELD  
(REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)**

*Abstract:* the article summarizes the experience of previously adopted and applied parameters of the settings panel-and-pillar development system at the Zhaman-Aibat field. It shows the results of the analysis of geomechanical monitoring of structural elements of panel-and-pillar development system at the field during 2008–2010. The dependence of rock spalling from the roof has been withdrawn. The graphs on the fact of destruction of the pillars have been shown. The author concluded that there is a need to continue the research works in this direction.

**Keywords:** *panel-and-pillar development system, pillar, roof, Zhaman-Aibat field, Zhezkazgan field.*

Правильный выбор систем разработки рудного месторождения имеет большое значение и в основном определяет эффективность их разработки. На большинстве рудных месторождений по горнотехническим условиям можно применять несколько разных систем разработки. Однако для каждого месторождения должна быть выбрана наиболее рациональная система, удовлетворяющая разным техническим и экономическим требованиям, среди которых самыми важными являются:

- обеспечение безопасных и здоровых условий труда для работающих;
- достижение минимальной себестоимости продукции;
- выполнение заданной производительности рудника по добыче руды с соблюдением принятых кондиций по её качеству;
- рациональное использование недр, экономически обоснованный минимум потерь и разубоживания руды, а также комплексная разработка полезных компонентов и месторождений.

Для восполнения сырьевой базы Жезказганского месторождения в 2006 году введено в эксплуатацию месторождение Жаман-Айбат разрабатываемое рудником Жомарт ТОО «Корпорация Казахмыс». В связи с горно-геологическими условиями и схожестью с Жезказганским месторождением (находящееся в 200 км к юго-востоку от него), на месторождении Жаман-Айбат была принята панельно-столбовая система разработки с последующей выемкой целиков и погашением пустот.

Вот уже на протяжении десятилетия, на месторождении Жамман-Айбат ведутся работы по оптимизации параметров панельно-столбовой системы разработки для более эффективного и безопасного ведения горных работ.

Залегание рудных тел месторождения Жаман-Айбат, в основном, пологое. На протяжении 14 км рудные тела, приуроченные к раймундовскому горизонту, плавно погружаются с глубины 380 м на востоке до 680 м на западе. Главное

рудное тело месторождения имеет лентообразную форму на востоке и плащеобразную на западе, вытянуто в северо-восточном направлении на 8600 м при ширине от 200–4000 м. Глубина залегания подошвы залежи 430–669 м. Сложено преимущественно медными рудами [1].

Геологическое строение месторождения Жаман-Айбат, во многом аналогично Жезказганскому месторождению. Как в Жезказганском месторождении, стратифицированные сульфидные залежи приурочены к жезказганской красноцветной толще терригенных пород, представленной чередованием средне- и крупнозернистых песчаников, гравелитов и конгломератов с тонкозернистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Оруденение многоярусно. Породы жезказганской толщи перекрываются красноцветными глинистыми породами жиландинской свиты. Песчаники и алевролиты являются главными вмещающими породами медной минерализации. Главные породообразующие минералы: полевой шпат, кварц, (с разной степенью раскристаллизации основной массы), граниты, порфириты, туфы, алевролиты, сланцы и кремнистые породы.

Одним из основных факторов, оказывающих влияние на устойчивость кровли, является ее структурное и литологическое строение. Непосредственная кровля очистных камер на месторождении Жаман-Айбат, представлена слоистыми серыми мелкозернистыми песчаниками, переслаивающимися с темно-серыми алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Породы имеют пологое залегание с углом падения до 8°, мощность пластов изменяется от 0,2 м до 1,0 м.

Прочностные свойства рудовмещающих пород изучены по всем литологическим типам. Наиболее прочными являются серые песчаники, в зависимости от их вещественного состава и структурно-текстурных особенностей значения предела прочности на одноосное сжатие ( $\sigma_{сж}$ ) колеблются в пределах от 48 до 281 МПа; предел прочности на растяжение ( $\sigma_p$ ) – от 2,3 до 12,8 МПа; для бурых мелкозернистых песчаников  $\sigma_{сж} = 27–163$  МПа,  $\sigma_p = 1,3–11,6$  МПа. Раймундовские конгломераты характеризуются значениями  $\sigma_{сж} = 84–141$  МПа,  $\sigma_p = 6–$

10,1 МПа. Наименьшими значениями прочностных свойств обладают алевролиты и аргиллиты –  $\sigma_{сж} = 10\text{--}88$  МПа,  $\sigma_p = 0,5\text{--}7,5$  МПа. Коэффициент крепости руд по шкале проф. М.М. Протодьяконова от 6 до 13 (среднее 8) [2; 3].

Добыча на месторождении Жаман Айбат начата с 2006 года панельно-столбовой системой разработки с последующей выемкой целиков и погашением пустот. Отработка ведется в две стадии:

- 1) отработка камерных запасов панельно-столбовой системой под защитой барьерных целиков;
- 2) погашение пустот и выемка целиков.

Так как месторождение Жаман-Айбат в геологическом строении во многом аналогично Жезказганскому месторождению, на первоначальном этапе разработки были приняты параметры панельно-столбовой системы разработки, применяемые на Жезказганском месторождении.

Первоначальные параметры панелей 1, 2, 3, 39юг залежи 4-I были приняты следующие [4]:

- расстояние между барьерными целиками – 150 м;
- пролет панели в свету – 130 м;
- ширина барьерного целика 20 м;
- сетка расположения междукамерных целиков 18 x 18 м;
- диаметр столбчатых МКЦ и ширина камер – 9 м;
- по ширине панели расположено 7 рядов МКЦ (междукамерных целиков)

и 8 камер.

После оформления первых трех рядов МКЦ в панелях 1, 2 и одного ряда в панели 3 началось интенсивное разрушение МКЦ. Стало ясно, что принятые параметры системы разработки по аналогии с рудниками Жезказгана не соответствуют горно-геологическим и геомеханическим условиям месторождения Жаман-Айбат. А именно:

- прочность массива руды оказалась почти в 2 раза ниже, чем в Жезказгане;

– строение толщи вмещающих пород и руды характеризуется гораздо более частым переслаиванием пород, включая существенно более слабые прослойки углистых пород [5].

После этого параметры системы разработки были скорректированы:

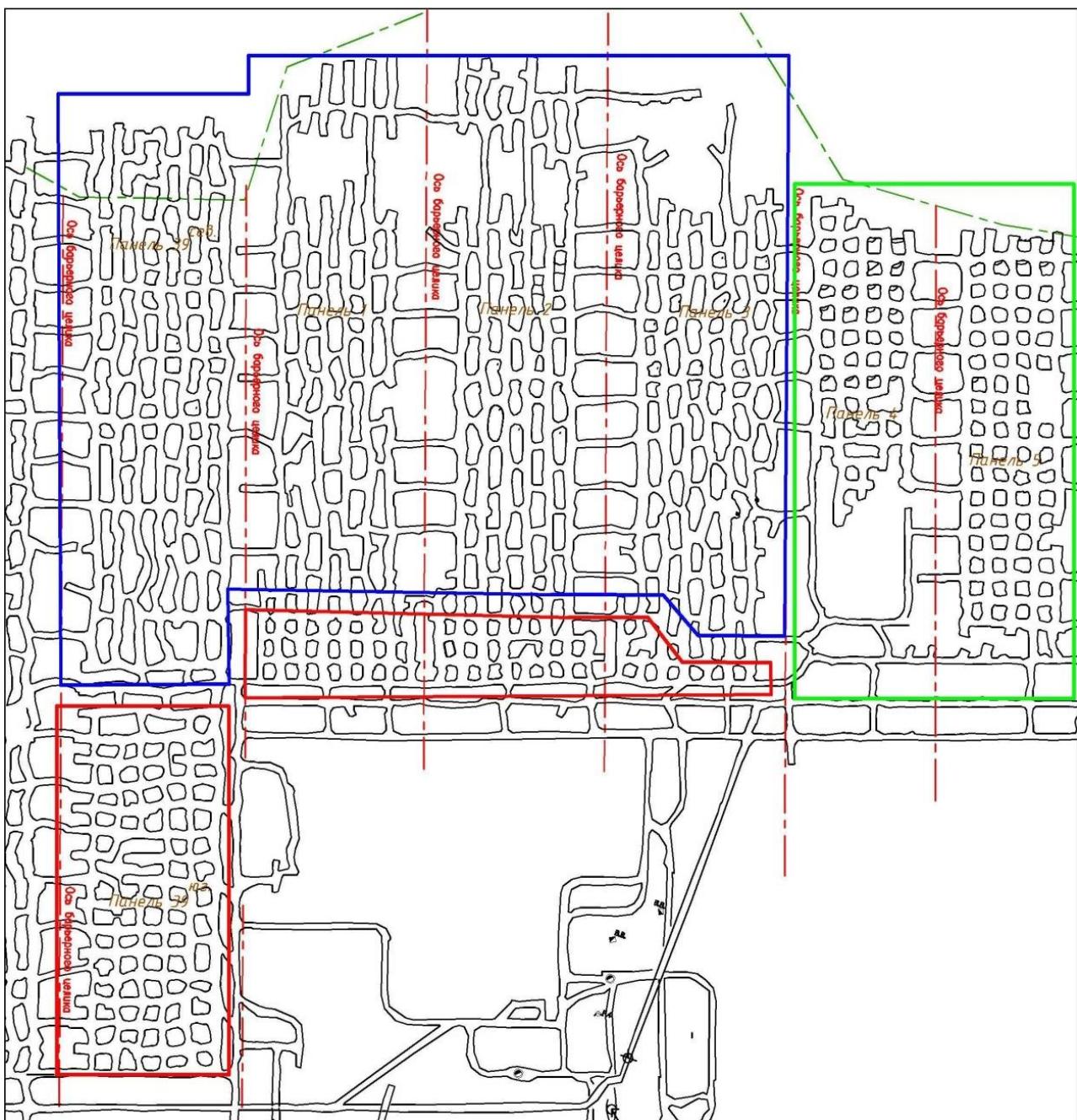
- пролет панели в свету был уменьшен до 95 м при прежнем шаге БЦ в 150 м;
- ширина БЦ увеличена до 55 м;
- по ширине панели количество камер снижено до 6, целиков – до 5;
- столбчатые МКЦ заменены ленточными: (ширина × длина) = (9 × 30) м в шахматном порядке.

С такими параметрами отработаны панели 1, 2, 3, 39 сев, 40, 41 залежи 4-I. Состояние ленточных МКЦ и кровли удовлетворительное [6; 7].

Однако из-за больших потерь руды в целиках (более 50%) позднее была сделана еще одна корректировка параметров системы:

- шаг БЦ уменьшен до 125 м;
- пролет панели в свету снижен до 85 м;
- ширина БЦ уменьшена до 40 м;
- по ширине панели: 5 камер и 4 ряда МКЦ;
- ленточные МКЦ заменены столбчатыми по сетке –  $19 \times 19$  м;
- ширина столбчатых МКЦ – 10м;
- ширина камер – 9 м.

С такими параметрами отрабатываются панели 4, 5, 6, 42, 43, 44 и последующие панели залежи 4-I [8, 9]. При таких параметрах системы разработки состояние столбчатых междукамерных целиков оценивались как удовлетворительные. Наблюдаются признаки локальных разрушений в отдельных целиках. Примененные параметры панельно-столбовой системы разработки представлены на рисунке 1.



- первоначально принятые параметры;
- измененные параметры со сдвоенными целиками;
- скорректированные параметры, применяемые на настоящее время.

Рис. 1. Применяемые параметры камерно-столбовой системы  
на месторождении Жаман-Айбат

*Анализ геомеханических наблюдения за конструктивными элементами панельно-столбовой системы разработки. Конструктивными элементами при панельно-столбовой системе разработки являются кровля камер и междукамерные*

целики (признаков разрушений в барьерных целиках не наблюдалось). Ежегодно на месторождении Жаман-Айбат обнажается  $200\div230$  тыс.  $\text{м}^2$  кровли очистных камер, суммарная площадь отслоений  $8,8\div16$  тыс.  $\text{м}^2$  (таблица 1).

Таблица 1

*Статистика произошедших вывалов и отслоений пород с кровли за 2008–10 гг.*

<i>Отслоения, вывалы пород с кровли</i>		
<i>год</i>	<i>площадь, <math>\text{м}^2</math></i>	<i>количество, шт</i>
2008	8824	60
2009	14351	82
2010	16081	77
среднее значение	13085,3	73
общее	39256	219

Статистический анализ 219 отслоений (вывалов) пород с кровли в период 2008–10 года показывает:

- распределение площадей и мощностей вывалов подчиняется логнормальному закону (рисунок 2);
- площади и мощности вывалов практически не связаны между собой (рисунок 3);
- более половины вывалов (52%) происходит на площадях до  $100 \text{ м}^2$ ;
- большие вывалы на площадях  $600\div1200 \text{ м}^2$  происходят редко: их всего 1%;
- мощности вывалов до 2 м составляют 67%;
- вывалы мощностью более 2 м (т.е. вместе с анкерами) происходят в 33% случаев.

Полученные цифры (частота отслоений – на 4–8% площади образованной кровли, в каждом третьем случае мощность отслоения больше глубины крепления кровли анкерами) показывают, что принятый проектный пролет кровли очистных камер 9 м и параметры ее крепления не соответствует горно-геологическим условиям месторождения Жаман-Айбат. Следовательно, для обеспечения безопасности горных работ проектную ширину очистных камер необходимо уменьшить.

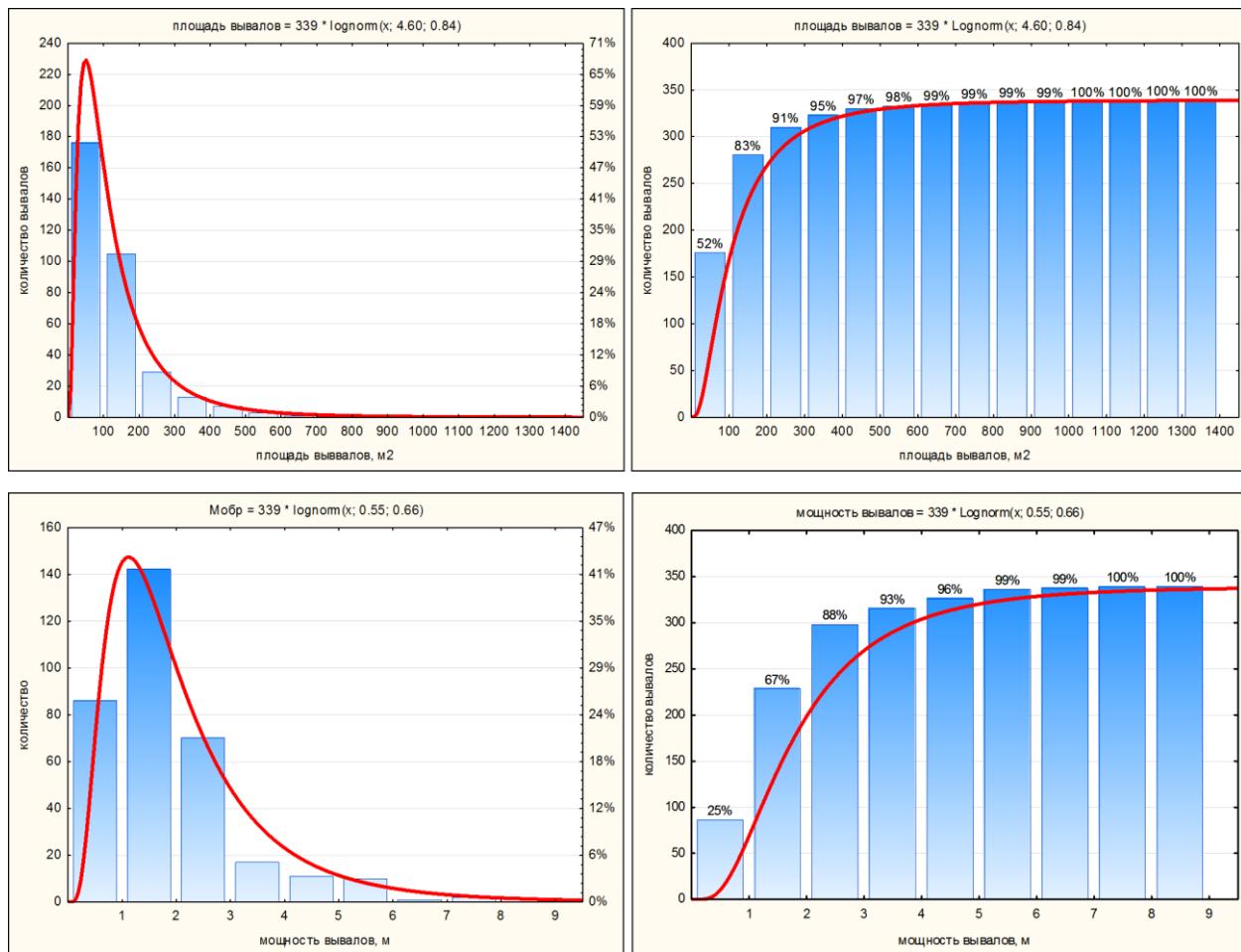


Рис. 2. Плотности (слева) и кумулятивные кривые(справа)  
распределения площади (вверху) и мощности (внизу) вывалов  
из кровли очистных камер на месторождении Жаман-Айбат

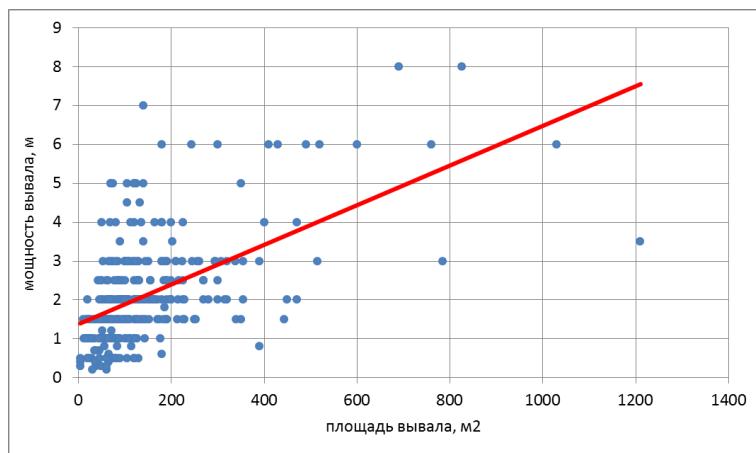


Рис. 3. Соотношения площадей и мощностей вывалов

Частоту повреждений второго основного конструктивного элемента системы разработки – МКЦ можно ценить следующим образом. За 10 лет работы рудника оформлено около 5 тыс. МКЦ. Из них частичные повреждения (потери

несущего сечения после отслоений с боковых поверхностей до 10% и 30%) получили 127 МКЦ. Причем, за 10 лет работы рудника не было ни одного случая полного разрушения МКЦ на 100%. Это означает, что частота частичных повреждений МКЦ составляет всего 2,5%.

Характерными формами частичного разрушения МКЦ являются отслоения плит, блоков с боковых поверхностей целиков по субвертикальным трещинам, а также за счет выдавливания пропластков слабых пород (рисунок 4).

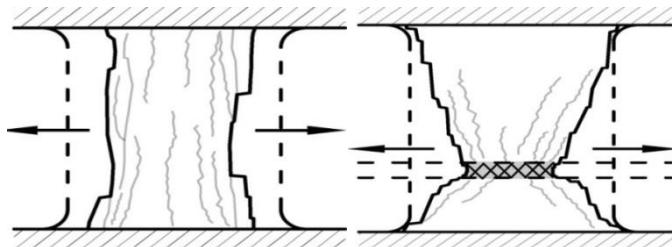


Рис. 4. Характерные формы разрушения МКЦ со слабыми контактами месторождении Жаман-Айбат

Данные формы разрушения МКЦ характерны для условий нагружения со слабыми контактами (малыми сцеплением и трением).

Анализ мест отслоений с боковых поверхностей МКЦ (462 шт.) по азимутам, проведенный Горно-Геомеханическим управлением за период 2008–10 гг., показал, что чаще всего отслоения происходят с западной и восточной частей МКЦ (рисунок 9). Это связано с доминирующим развитием крутопадающих трещин вкрест простирания залежи.

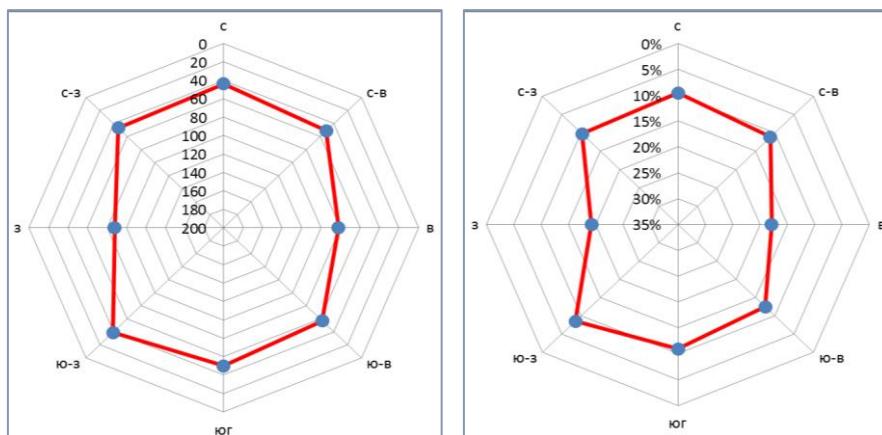


Рис. 9. Количество (слева) и частота (справа) отслоений с различных сторон МКЦ

Мощность отслоений с боковых поверхностей МКЦ, как правило, не велика. Половина отслоений (50%) имеет мощность до 0,2 м, до 0,5 м – 80%. Происходят они, как правило, впервые месяцы стояния, т.е. в процессе отработки панели (рисунок 10).

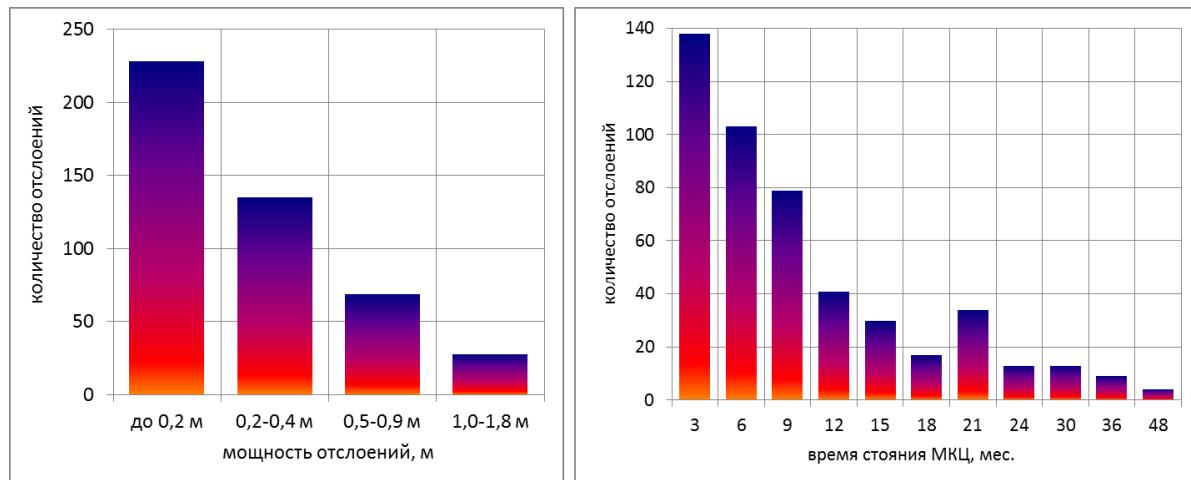


Рис. 10. Распределения отслоений с МКЦ по мощности и времени стояния

*Выводы.* Геологическое строение месторождения Жаман-Айбат, во многом аналогичное Жезказганскому месторождению, в тоже время имеет уменьшенные прочностные параметры и характеризуется гораздо более частым переслаиванием пород, включая существенно более слабые прослойки углистых пород. Ранее принятые и применяемые параметры панельно-столбовой системы разработки на месторождении не удовлетворяю всем техническим и экономическим требованиям, требующее продолжение научно-изыскательских работ в этом направлении. В этой связи необходимо выработка методики исследования, включающая моделирование процесса деформирования и разрушения массива горных пород и специальные экспериментальные исследования.

### **Список литературы**

1. Стратегический план по руднику Жомарт [Текст] / ПО «Жезказганцветмет». – 2011. – С. 130.
2. Вскрытие, подготовка и отработка запасов I очереди месторождения Жаман-Айбат / ГПИ. – 2008. – С. 137.

3. Отчет по договору с ТОО «Корпорация Казахмыс» (Республика Казахстан) по теме «Выполнить определение физико-механических свойств горных пород и руд месторождения «Жаман-Айбат». – М., 2006. – С. 21.
  4. Проект отработки панелей 1, 2, 3, 39 юг залежи 4-І / ГПИ – 2006. – Загл. лист Ж 405422.
  5. Макаров А.Б. Заключение о целесообразных параметрах камерно-столбовой системы разработки на руднике Жомарт / Маркшейдерско-геомеханическое управление. – 2009 – С. 10.
  6. Проект отработки панелей 1, 2, 3, 39сев, 40, 41 залежи 4-І / ГПИ. – 2006. – Загл. лист Ж 405428.
  7. Аманжолов Э.А. Отчет по наблюдениям за состоянием кровли и крепи в очистных камерах на руднике Жаман-Айбат / ГГУ. – 2006. – С. 2.
  8. Проект отработки панелей 4, 5, 6 залежи 4-І / ГПИ – 2007. – Загл. лист Ж 406252.
  9. Проект отработки панелей 42, 43, 44 залежи 4-І / ГПИ – 2007. – Загл. лист Ж 406295.
- 

**Жараспаев Мадияр Аспандиевович** – аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Россия, Санкт Петербург.

**Zharaspaev Madiyar Aspandiyarovich** – postgraduate FSFEI of HE “Saint Petersburg Mining University”, Saint Petersburg, Russia.

---