

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВА ПОРОД И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВЕРХНЕ-АЛИИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

М. С. Патракова

Assessment of rock mass stability and forecast of development of engineering-geological processes at the Upper-Aliyinsk deposit

M. S. Patrakova

The author considers the problem of studying engineering-geological conditions, estimation of stability of rock massifs, forecast of development of engineering-geological processes on the example of the Upper-Aliyinsk deposit. Optimization of the construction of mining enterprises and the process of mining of minerals requires a substantiated assessment of the engineering-geological conditions (EGC) of mineral deposits at the exploration stage: the separation of the main components of the EGC, the determination of the processing processes, the assessment of the scale of their impact, and the forecasting of mining operations in the development of the deposit. Among the main components that require assessment in engineering and geological studies are geological structure of the massif, structural-tectonic features and fracturing, composition and properties of rocks, development of exogenous geological processes, hydrogeological conditions. The analysis of the engineering-geological conditions of the Upper-Aliyinsk deposit made it possible to identify the most significant components, such as the fracturing of rocks and their strength properties, so the author based the classification on the "classification of rocks by the degree of fracture" VSEGINGEO with some additions caused by the specificity of the object under study. The taxonomic unit for zonation was the engineering-geological sections, the basis of which is the qualitative and quantitative assessment of the degree of fracturing of rocks, the evaluation of the strength properties of rocks and their engineering-geological typification. In engineering-geological zoning, the author distinguished 4 categories in the rock massif with different degrees of stability: I – high stability; II – medium stability; III – low stability; IV – very low stability. The share of very stable breeds is from 44.46 to 61.58 %, stable – from 11.98 to 39.8 %. Breeds of low stability are less common – from 5.56 to 15.74 %. Unstable breeds are extremely rare and their share is 3.97 %. An objective assessment of all the components that make up the engineering-geological conditions of the Upper-Aliyinsk deposit will make it possible to make the most correct and objective forecast.

Keywords: engineering-geological conditions; engineering-geological processes; estimation and forecast; stability of rock massif; degree of fracturing.

Рассматриваются проблема изучения инженерно-геологических условий, оценка устойчивости массива пород, прогноз развития инженерно-геологических процессов на примере Верхне-Алиинского месторождения. Оптимизация строительства горных предприятий и процесса отработки полезного ископаемого требует обоснованной оценки инженерно-геологических условий (ИГУ) месторождений полезных ископаемых еще на стадии разведки: выделение главных компонентов ИГУ, определение процессов отработки, оценка масштаба их воздействия и прогнозирование ведения горных работ при разработке месторождения. К числу основных компонентов, требующих оценки при инженерно-геологических исследованиях, относятся: геологическое строение массива, структурно-тектонические особенности и трещиноватость, состав и свойства горных пород, развитие экзогенных геологических процессов, гидрогеологические условия. Анализ инженерно-геологических условий Верхне-Алиинского месторождения позволил выделить наиболее значимые компоненты, такие как трещиноватость пород и их прочностные свойства, поэтому в основе классифицирования была использована «Классификация пород по степени трещиноватости» ВСЕГИНГЕО с некоторыми добавлениями, вызванными спецификой исследуемого объекта. Таксономической единицей при районировании являлись инженерно-геологические участки, в основу выделения которых положены качественная и количественная оценка степени трещиноватости пород, оценка прочностных свойств пород и их инженерно-геологическая типизация. При инженерно-геологическом районировании в массиве пород выделены 4 категории с различной степенью устойчивости: I – высокой устойчивости; II – средней устойчивости; III – низкой устойчивости; IV – очень низкой устойчивости. Установлено, что на долю весьма устойчивых пород приходится от 44,46 до 61,58 %, устойчивых – от 11,98 до 39,8 %. Менее распространены породы средней устойчивости – от 5,56 до 15,74 %. Крайне редко отмечаются неустойчивые породы, их доля составляет 3,97 %. Объективная оценка всех компонентов, составляющих инженерно-геологические условия Верхне-Алиинского месторождения, позволит сделать наиболее корректный и объективный прогноз.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия; инженерно-геологические процессы; оценка и прогноз; устойчивость массива пород; степень трещиноватости.

Проблема прогноза возникновения опасных инженерно-геологических процессов на ранних стадиях изучения месторождений полезных ископаемых (МПИ) требует применения эффективных методов моделирования и оперативной оценки устойчивости массива пород. Основой этих методов служит оценка инженерно-геологических условий (ИГУ) МПИ (выделение главных компонентов ИГУ, установление закономерностей их изменения, установление количе-

ственных параметров, отражающих ИГУ, возможность развития инженерно-геологических процессов), оценка масштаба их воздействия и прогнозирование устойчивости массива горных пород при вскрытии его подземными горными выработками.

В настоящее время существует целый ряд методологических руководств и пособий по инженерно-геологическому изучению месторождений твердых полезных ископаемых при разведке, разработанных различными авторами и институтами. В руководствах ВСЕГИНГЕО (1975, 1985, 1986) рассматривается методика инженерно-геологических работ при разведке месторождений, описаны основные виды исследований и сделаны предложения по их объему на месторождениях различной категории сложности инженерно-геологических условий. Решению вопросов прогноза устойчивости горных выработок, выбору оптимального метода крепи всегда уделялось большое внимание. Публикации в этой области имеются у З. Т. Беньяски [1] и дру-

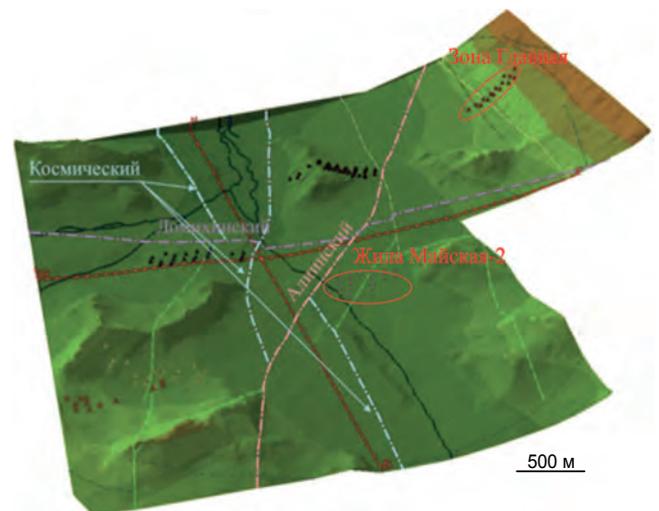


Рисунок 1. Карта-схема Верхне-Алиинского месторождения.

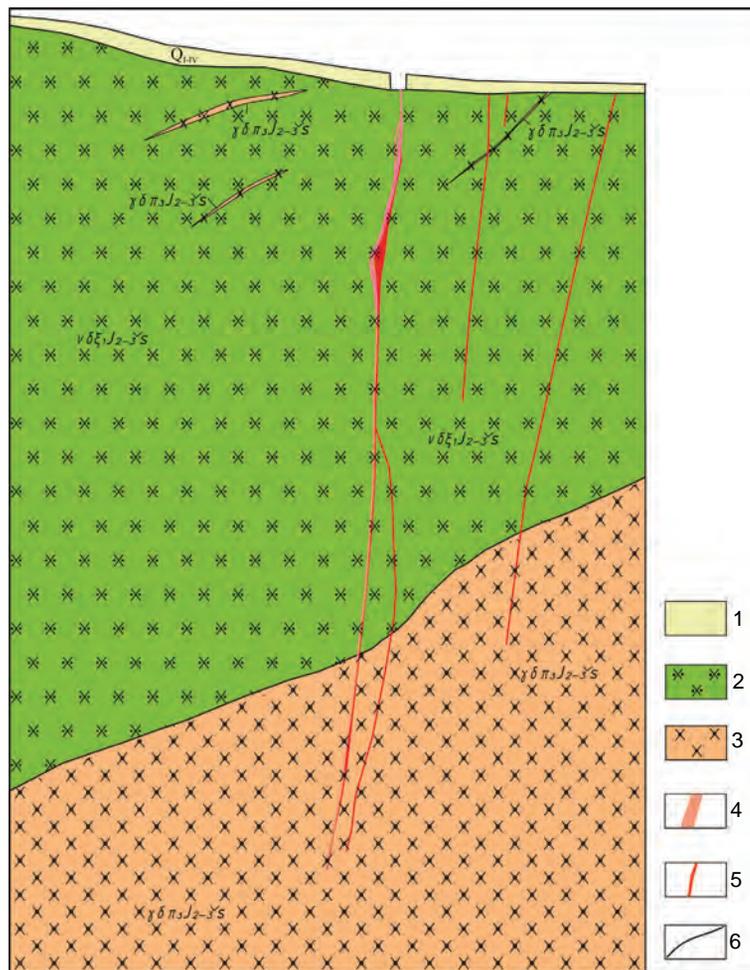


Рисунок 2. Фрагмент геологического разреза (Верхне-Алиинское месторождение). 1 – рыхлые отложения: глины, суглинки, пески, щебень, древесина (Q_{1-IV}); 2 – монзониты ($v\delta\xi_1 J_{2-3}^V S$); 3 – гранодиорит-порфиры, диоритовые порфиры ($y\delta\pi_3 J_{2-3}^V S$); 4 – березиты с вкрапленностью сульфидов (до 5 %); 5 – кварц-сульфидные минерализованные зоны и жилы; 6 – геологические границы.

гих зарубежных авторов [2–4]. Н. С. Булычевым изложены теории расчета устойчивости окружающих выработку пород на основе инженерно-геологических данных, рассмотрены массив пород и его механические модели, напряженное состояние пород в массиве, оценка устойчивости породных обнажений. В основу научного подхода к оценке инженерно-геологических условий месторождений положены теоретические работы исследователей разных школ: Г. К. Бондарика [5], Л. А. Ярг, Г. А. Голодковской [6], А. В. Шаумян [6], И. В. Абатуровой [7–10], О. Н. Грязнова [8, 13, 14], О. М. Гуман [12], С. Г. Дубейковского [10] и др. [11, 15]. Во многих работах говорится о необходимости учета тех компонентов, которые создают геологическую среду, изменяют ее состояние и свойства. К числу главных компонентов, требующих оценки при инженерно-геологических исследованиях, относятся: геологическое строение массива, структурно-тектонические особенности и трещиноватость, состав и свойства горных пород, развитие экзогенных геологических процессов, гидрогеологические условия.

Объективная оценка всех компонентов, составляющих инженерно-геологические условия Верхне-Алиинского месторождения, позволит сделать наиболее корректный и объективный прогноз. Далее будут рассмотрены основные компоненты инженерно-геологических условий месторождения, состоящего из ряда рудных тел. Основные инженерно-геологические компоненты выделенных рудных тел обусловлены петрографическим составом пород, наличием тектонических зон дробления с различной степенью измельчения пород, формирующих зоны осла-

бления, их физико-механическими свойствами, гидрогеологическими условиями.

Геолого-структурное строение. Верхне-Алиинское золоторудное месторождение, включающее в себя несколько рудных тел, расположено на территории Балейского района Читинской области, в отрогах Ононского хребта, относится к области высокогорья с абсолютными отметками 700–900 м. Месторождение расположено в пределах Мунгинского рудного узла, на пересечении широтного Ломихинского и субмеридиональных разломов (рис. 1). Мунгинский рудный узел приурочен к выступу палеозойского основания в центральной части Ундинско-Даинской депрессии, где расположена кольцевая структура – Алиинский купол. В центре структуры находится Кольчихинский шток гранит-порфиров, граносиенит-порфиров, прорывающий породы палеозойского основания. Верхне-Алиинское месторождение расположено восточнее Кольчихинского штока, во внутреннем поясе кольцевой структуры (рис. 2). Площадь месторождения сложена вулканогенно-осадочными породами такшинской толщи позднеюрского возраста, метаморфизованными породами газимуро-заводской свиты раннекарбонového возраста и магматическими породами ундинского и шахтаминского комплексов. Породы шахтаминского комплекса слагают 80–90 % площади месторождения. Выделены две фазы: 1-я фаза представлена пироксенитами, перидотитами, оливиновым габбро, габбро, монзонитами, сиенитами, 2-я фаза – гранодиорит-порфирами Кольчихинского штока.

Для месторождения характерна локализация в целом всех рудоносных зон в калишпатизированных основных и ультраос-

Таблица 1. Физико-механические свойства монцонитов рудных тел.

| Показатели свойств | Средние значения свойств пород рудного тела «Зона Главная» | | Средние значения свойств пород рудного тела «Жила Сентябрьская-2» | |
|--|--|-----------|---|-----------|
| | \bar{X} | \bar{X} | \bar{X} | \bar{X} |
| Плотность, г/см ³ | 2,75 | | 2,88 | |
| Водопоглощение, % | 0,12 | | 0,25 | |
| Коэффициент крепости, доли ед. | 13 | | 9 | |
| Пределы прочности при растяжении, МПа: | | | | |
| в сухом состоянии | 12,45 | | 8,45 | |
| в водонасыщенном состоянии | 11,03 | | 7,84 | |
| Пределы прочности при сжатии, МПа: | | | | |
| в сухом состоянии | 156,94 | | 119,27 | |
| в водонасыщенном состоянии | 140,09 | | 113,77 | |
| Коэффициент размягчаемости, доли ед. | 0,89 | | 0,91 | |
| Удельное сцепление, МПа: | | | | |
| в сухом состоянии | 33,14 | | 24,09 | |
| в водонасыщенном состоянии | 29,65 | | 22,84 | |
| Угол внутреннего трения, град.: | | | | |
| в сухом состоянии | 53 | | 55 | |
| в водонасыщенном состоянии | 53 | | 56 | |
| Скорость упругой волны, м/с: | | | | |
| в массиве | 5624,90 | | 5629,69 | |
| в стержне | 4929,90 | | 4796,75 | |
| поперечной | 3200,52 | | 2957,81 | |
| Модули, ГПа: | | | | |
| упругости, динамический | 65,69 | | 67,10 | |
| сдвига | 25,49 | | 25,81 | |
| объемного сжатия | 52,80 | | 57,03 | |
| упругости, статический | 58,60 | | 55,67 | |
| Коэффициент Пуассона | 0,29 | | 0,30 | |

новых породах. Радиально-кольцевая структура Мунгинского рудного узла обуславливает особенности минеральной и морфологической зональности Верхне-Алиинского месторождения – наблюдается закономерная смена простираения зон, выражающаяся в огибании ядра этой структуры.

Основные структурные элементы, определяющие размещение рудных тел месторождения, – разрывные тектонические нарушения. Структуры субширотного простираения являются рудовмещающими или к ним приурочены дайки. Наиболее крупные изученные разрывы имеют субмеридиональное простираение и считаются элементами, осложняющими структуру месторождения в результате послерудных подвижек по этим разломам. Крупным разломом широтного простираения является Ломихинский.

Все минерализованные зоны и жилы месторождения локализованы в трещинах скола, о чем свидетельствуют их большая протяженность и прямолинейность контактов жил. Рудоносные зоны представляют собой серию кварц-сульфидных жил и зон прожилково-вкрапленной минерализации. На месторождении выделены два типа руд: пирротин-арсенопирит-халькопиритовый с зернистым кварцем и пирит-арсенопирит-полиметаллический с халцедоновидным кварцем. Рассмотрим подробней инженерно-геологические условия двух наиболее ярких представителей рудных тел.

Инженерно-геологические особенности рудных тел. Скальные породы рудных тел представлены монцонитами, габбро-монцонитами, реже пироксенитами, перидотитами, характеризуются высокими значениями плотности, прочности на одно-

Таблица 2. Соотношение пород по степени трещиноватости (из расчета на 20-метровый интервал).

| Категория пород по степени трещиноватости | Распространенность пород в массиве, % | |
|---|---------------------------------------|---------------------|
| | Зона Главная | Жила Сентябрьская-2 |
| Слаботрещиноватые | 3,0 | 0 |
| Среднетрещиноватые | 82,1 | 35,4 |
| Сильнотрещиноватые | 14,9 | 32,3 |
| Раздробленные | 0 | 32,3 |

осное сжатие, коэффициента крепости и относятся к группам пород прочных и очень прочных неразмываемых.

Рудное тело «Зона Главная» находится в Восточной рудоносной зоне и представляет собой минерализованную зону сульфидизированных березитов, включающую невыдержанные по простираению кварц-сульфидные тела мощностью 0,2–1,3 м. Породы, вмещающие оруденение, – монцониты.

Монцониты рудного тела «Зона Главная» характеризуются довольно невысокими (по сравнению с монцонитами других рудных зон) значениями плотности от 2,64–2,66 г/см³ до 2,84–2,93 г/см³. Порода весьма однородна по значениям плотности, среднее значение составляет 2,75 г/см³. Участками отмечаются метасоматические кварциты, имеющие низкие значения плотности 2,67 г/см³. По-видимому, такие низкие значения плотности обусловлены окварцеванием массива монцонитов. В рудных интервалах значения плотности довольно высоки – 4,35–4,72 г/см³. Более подробно физико-механические свойства представлены в табл. 1. Массив монцонитов рудного тела «Зона Главная» (в отличие от других рудных зон) характеризуется очень высокими значениями прочностных свойств (на сжатие, растяжение, сжатие со срезом).

Рудное тело «Жила Сентябрьская-2» находится в юго-восточной части Широтной рудоносной зоны и представляет собой кварц-сульфидную жилу с оторочкой сульфидизированных березитов мощностью от первых десятков сантиметров до нескольких метров. Вмещающими породами также являются монцониты, их физико-механические свойства приведены в табл. 1.

Степень трещиноватости и нарушенности. В целом массив пород среднетрещиноватый, участками раздробленный, сложен породами с жесткими структурными связями, относящимися к классу очень прочных и прочных пород. Режим пространственной изменчивости свойств пород по глубине и простираению «стабилизированный». Трещинная тектоника контролирует степень раздробленности массива, интенсивность трещиноватости.

Следует отметить, что для рудных тел характерна различная степень интенсивности трещиноватости пород (табл. 2), наименьшей интенсивностью трещиноватости в массиве пород Верхне-Алиинского месторождения характеризуется рудное



Рисунок 3. Породы Верхне-Алиинского месторождения: слева – монзониты слаботрещиноватые рудного тела «Зона Главная», справа – монзониты сильнотрещиноватые рудного тела «Жила Сентябрьская-2».

тело «Зона Главная», наибольшей – «Жила Сентябрьская-2» (рис. 3). Различия обусловлены влиянием таких факторов, как тектонические напряжения пород, процессы рудообразования, процессы разгрузки и т. д.

Общее количество раздробленного материала по скважинам рудного тела «Зона Главная» изменяется от 1,45 до 6,37 %. Мощность зон дробления изменяется от 0,05 до 1,7 м при среднем значении 0,24 м. Рудное тело «Жила Сентябрьская-2» характеризуется весьма большими мощностями тектонически нарушенных зон.

Для рудных тел характерна разная средняя мощность зон дробления и ослабления (табл. 3). Для зон дробления она изменяется от 0,26 м (рудное тело «Зона Главная») до 0,84 м (рудное тело «Жила Сентябрьская-2»), для зон ослабления – от 0,90 м (рудное тело «Жила Сентябрьская-2») до 14,0 м (рудное тело «Зона Главная»).

В результате анализа установлено, что зоны дробления преобладают над зонами ослабления в пределах рудных тел «Зона Главная», «Жила Сентябрьская-2», где их процентное отношение к суммарной мощности тектонически нарушенных зон в пределах каждого рудного тела составляет 80,0 и 52,4 % соответственно.

Одним из основных факторов, определяющих интенсивность трещиноватости пород в пределах всего месторождения, являются рудообразующие процессы и процессы околорудного метасоматического изменения пород. Процессы рудообразования носят наложенный характер и способствуют уменьшению интенсивности трещиноватости в результате «залечивания» трещин. Анализ распространения рудоносных зон в пределах каждого рудного тела показал, что наибольшая их средняя мощность наблюдается в пределах рудного тела «Зона Главная» и составляет 5,48 м, наименьшая – в пределах рудного тела «Жила Сентябрьская-2» – 1,4 м.

Трещины, разбивающие массив пород, преимущественно кососекущие, сколовые с зеркалами и штрихами скольжения. Заполнитель трещин – глина трения, вермикулит, хлорит, каолинит. Системная трещиноватость приводит к анизотропии свойств массива и блочному строению. Наибольшая трещинная пустотность приурочена к участкам развития тектонически нарушенных пород рудных зон. Наличие ослабленных зон, является результатом процессов разгрузки массива пород. Отмечается снижение средних значений прочности пород в ослабленных зонах и зонах повышенной трещиноватости до значений 43–86 МПа.

Гидрогеологические условия. Гидрогеологические условия Верхне-Алиинского месторождения характеризуются как простые, ведение подземных работ планируется вести в предварительно осушенном массиве. Основным водоносным комплексом, участвующим в обводнении рудных тел, является водоносный комплекс интрузивных образований щелочного состава (уэс-уэж), представленный преимущественно монзонитами.

Оценка выявленных особенностей массива позволяет спрогнозировать развитие таких инженерно-геологических процессов, как стрельание, горные удары в области сжатия, вывалы и обрушения в зонах с низкой устойчивостью и на границах смены классов устойчивости. Для предотвращения возникновения опасных процессов необходимо применение эффективных методов, обеспечивающих безопасное ведение подземных горных работ.

В целом предсказание развития инженерно-геологических процессов при отработке месторождений в сложных геологических условиях при ограниченном объеме имеющейся информации является весьма трудной задачей ввиду многозначности и разносторонности взаимовлияющих факторов. В связи с этим для решения вопросов прогнозирования, основанных на реаль-

Таблица 3. Характеристика показателей зон дробления и ослабления рудных тел.

| Показатели | Тип тектонически нарушенных зон | Рудное тело | |
|--|---------------------------------|--------------|---------------------|
| | | Зона Главная | Зона Сентябрьская-2 |
| Задokumentированное число тектонически нарушенных зон, шт. | Зоны дробления | 169 | 220 |
| | Зоны ослабления | 12 | 12 |
| Отношение тектонически нарушенных зон к их суммарной мощности, % | Зоны дробления | 80,0 | 52,4 |
| | Зоны ослабления | 20,0 | 47,6 |
| Суммарная мощность тектонически нарушенных зон, м | Зоны дробления | 43,45 | 189,45 |
| | Зоны ослабления | 10,85 | 167,45 |
| Средняя мощность тектонически нарушенных зон, м | Зоны дробления | 0,26 | 0,84 |
| | Зоны ослабления | 0,9 | 14 |

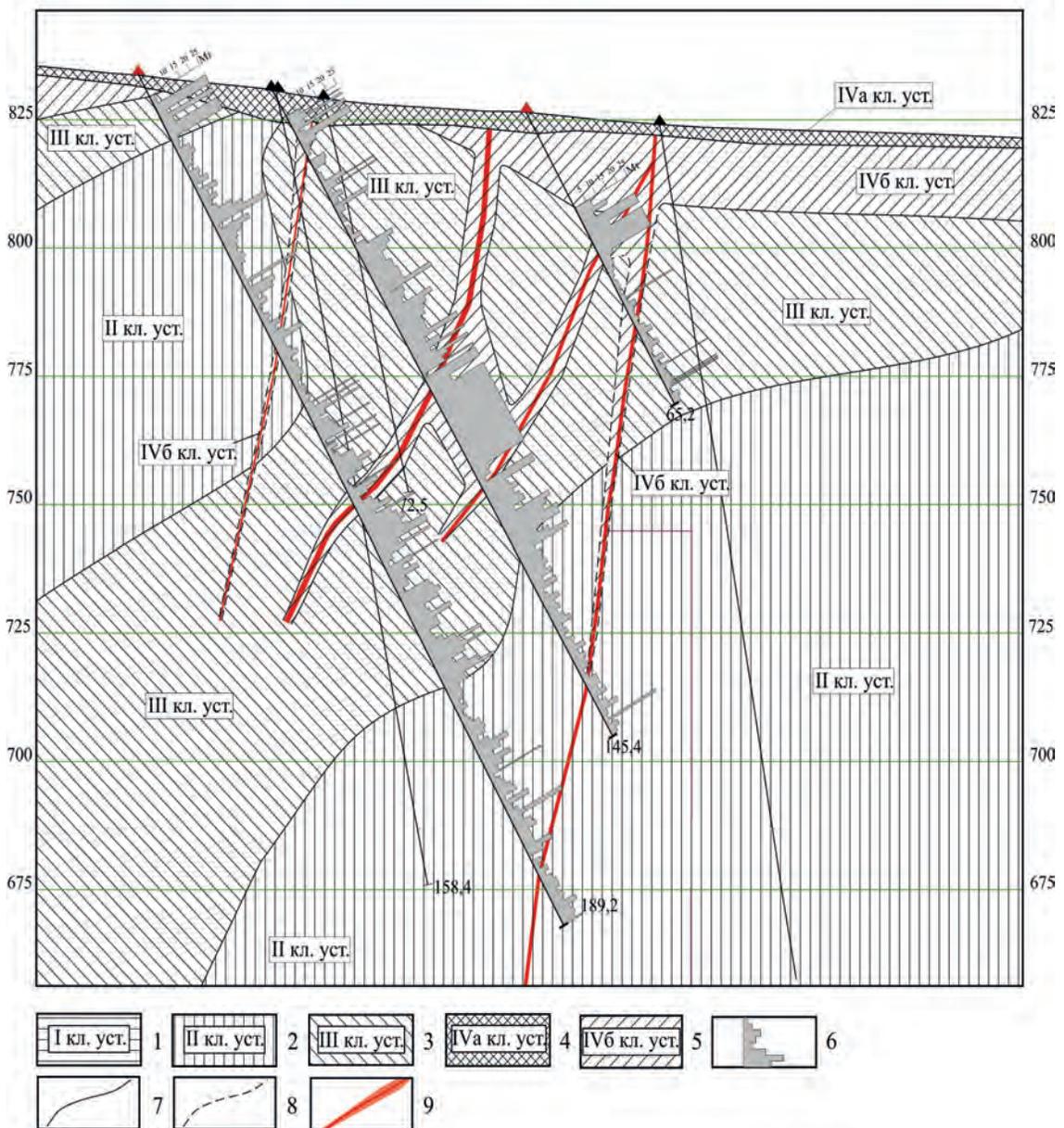


Рисунок 4. Разрез с инженерно-геологическим районированием. 1 – высокой устойчивости; 2 – средней устойчивости; 3 – низкой устойчивости; 4, 5 – очень низкой устойчивости; 6 – диаграмма модуля трещиноватости; 7 – достоверная граница между разными классами устойчивости; 8 – предполагаемая граница между разными классами устойчивости; 9 – жила и окорудное изменение.

ных критериях, сформулированных по результатам всестороннего анализа геологических, структурно-тектонических, инженерно-геологических особенностей месторождения, необходимо применение нескольких методов в комплексе. К примеру, совместно с методом прогнозного районирования можно использовать метод аналогий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bieniawski Z. T. Engineering Rock Mass Classifications. A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering. N. Y.: Wiley, 1989. 250 p.
2. Bianchi Fasani G., Bozzano F., Cercato M. The underground cavity network of south-eastern Rome (Italy): an evolutionary geological model oriented to hazard assessment // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2011. Vol. 70, № 4. P. 533–542.
3. Li Dian-Qing, Zhang J., Phoon Kok-Kwang, Gokceoglu C. Preface of special issue on probabilistic and soft computing methods for engineering geology // Engineering Geology. 2016. Vol. 203. P. 1–2.
4. Gattinoni P., Pizzarotti E. M., Scesi L. Engineering Geology for Underground Works. Heidelberg: Springer, 2014. 312 p.
5. Бондарик Г. К. Методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1986. 333 с.

6. Голодковская Г. А., Матула М., Шамян Л. В. Инженерно-геологическая типизация и изучение скальных массивов. М.: МГУ, 1987. 272 с.
7. Абатурова И. В. Оценка и прогноз инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых горно-складчатых областей. Екатеринбург: Типография «Уральский центр академического обслуживания», 2011. 320 с.
8. Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Оценка инженерно-геологических условий золоторудных месторождений Полярного Урала // Изв. вузов. Горный журнал. 2009. № 6. С. 97–106.
9. Абатурова И. В., Петрова И. Г., Королева И. А., Стороженько Л. А. Принципы оптимизации изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11 (42), ч. 3. С. 10–13.
10. Абатурова И. В., Мартыненко М. С., Емельянова И. А. Оценка экологических рисков проявления опасных динамических процессов при строительстве горнотехнических сооружений на Верхне-Алиинском золоторудном месторождении // Экологическая безопасность промышленных регионов: конф. (Екатеринбург, 29–30 июня 2015 г.). Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2015.
11. Абрамов Б. Н. Верхне-Алиинское золоторудное месторождение: условия формирования, петрохимические особенности пород и руд (Мунгинский рудный узел, Восточное Забайкалье) // Литосфера. 2016. №. 4. С. 92–101.
12. Гуман О. М., Дубейковский С. Г. Инженерно-геологическая типизация железорудных месторождений Урала // Инженерная геология. 1991. № 3. С. 36–42.

13. Грязнов О. Н. Природно-технические системы – универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // Изв. УГГУ. 2015. № 4 (40). С. 5–10.
 14. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Изв. УГГУ. 2014. № 3 (35). С. 30–50.
 15. Мартыненко М. С., Стороженко Л. А. Оценка степени проявления динамических процессов при строительстве горнотехнических сооружений на Верхне-Алиинском золоторудном месторождении // Уральская горная школа – регионам: Междунар. науч.-практ. конф. (28–29 апр. 2014 г.). Екатеринбург, 2014. С. 559–560.

REFERENCES

1. Bieniawski Z. T. 1989, Engineering Rock Mass Classifications. A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering, New York, 250 p.
 2. Bianchi Fasani G., Bozzano F., Cercato M. 2011, The underground cavity network of south-eastern Rome (Italy): an evolutionary geological model oriented to hazard assessment. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 70, no. 4, pp. 533–542.
 3. Li Dian-Qing, Zhang J., Phoon Kok-Kwang, Gokceoglu S. 2016, Preface of special issue on probabilistic and soft computing methods for engineering geology. Engineering Geology, vol. 203, pp. 1–2.
 4. Gattinoni P., Pizzarotti E. M., Scesi L. 2014, Engineering Geology for Underground Works, Heidelberg, 312 p.
 5. Bondarik G. K. 1986, *Metodika inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy* [Technique of engineering-geological research], Moscow, 333 p.
 6. Golodkovskaya G. A., Matula M., Shaumyan L. V. 1987, *Inzhenerno-geologicheskaya tipizatsiya i izucheniye skal'nykh massivov* [Engineering-geological typification and study of rock massifs], Moscow, 272 p.
 7. Abaturova I. V. 2011, *Otsenka i prognoz inzhenerno-geologicheskikh usloviy mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh gorno-skladchatykh oblastey* [Estimation and forecast of engineering-geological conditions of deposits of solid minerals of mountain-folded areas], Ekaterinburg, 320 p.
 8. Abaturova I. V., Gryaznov O. N. 2009, *Otsenka inzhenerno-geologicheskikh usloviy zolotorudnykh mestorozhdeniy Polyarnogo Urala* [Assessment of engineering and geological conditions of gold deposits of the Polar Urals]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 6, pp. 97–106.

9. Abaturova I. V., Petrova I. G., Koroleva I. A., Storozhenko L. A. 2015, *Prinsipy optimizatsii izucheniya inzhenerno-geologicheskikh usloviy mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [Principles of optimization of studying the engineering and geological conditions of mineral deposits]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], no. 11(42), pt. 3, pp. 10–13.
 10. Abaturova I. V., Martynenko M. S., Emel'yanova I. A. 2015, *Otsenka ekologicheskikh riskov proyavleniya opasnykh dinamicheskikh protsessov pri stroitel'stve gornotekhnicheskikh sooruzheniy na Verkhne-Aliinskoy zolotorudnom mestorozhdenii* [Assessment of environmental risks of dangerous dynamic processes in the construction of mining structures on the Upper-Aliyinsk gold deposit] *Ekologicheskaya bezopasnost' promyshlennykh regionov: konf. (Ekaterinburg, 29–30 iyunya 2015 g.)* [Environmental safety of industrial regions: conf. (Ekaterinburg, June 29–30, 2015)], Ekaterinburg, pp. 13–.
 11. Abramov B. N. 2016, *Verkhne-Aliinskoye zolotorudnoye mestorozhdenie: usloviya formirovaniya, petrokhimicheskie osobennosti porod i rud (Munginskiy rudnyy uzel, Vostochnoye Zabaykal'e)* [Upper-Aliyinsk gold deposit: formation conditions, petrochemical features of rocks and ores (Tunginsky ore cluster, Eastern Transbaikalia)]. *Litosfera* [Litosfera], no. 4, pp. 92–101.
 12. Guman O. M., Dubeykovskiy S. G. 1991, *Inzhenerno-geologicheskaya tipizatsiya zhelezorudnykh mestorozhdeniy Urala* [Engineering-geological typification of iron ore deposits in the Urals]. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology], no. 3, pp. 36–42.
 13. Gryaznov O. N. 2015, *Prirodno-tekhnicheskie sistemy – universal'nye sistemy vzaimodeystviya inzhenernykh sooruzheniy (ob'ektov) i prirodnoy sredy* [Natural-technical systems – universal systems of interaction of engineering structures (objects) and the natural environment]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4(40), pp. 5–10.
 14. Gryaznov O. N. 2014, *Faktory inzhenerno-geologicheskikh usloviy Urala. Regional'nye geologicheskies faktory* [Factors of engineering and geological conditions of the Urals. Regional geological factors]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 3(35), pp. 30–50.
 15. Martynenko M. S., Storozhenko L. A. 2014, *Otsenka stepeni proyavleniya dinamicheskikh protsessov pri stroitel'stve gornotekhnicheskikh sooruzheniy na Verkhne-Aliinskoy zolotorudnom mestorozhdenii* [Estimation of the degree of manifestation of dynamic processes in the construction of mining facilities at the Upper-Aliyinsk gold deposit]. *Ural'skaya gornaya shkola – regionam: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (28–29 apr. 2014 g.)* [Ural Mountain School – to the regions: International scientific-practical conference (28–29 April 2014)], Ekaterinburg, pp. 559–560.

Мария Сергеевна Патракова,
 92261855@mail.ru
 ООО «ГИНГЕО»
 Россия, Екатеринбург, ул. Хохрякова 72, оф. 409

Mariya Sergeevna Patrakova,
 92261855@mail.ru
 LLC «GINGEO»
 Ekaterinburg, Russia