

МЕТОДИКА ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ¹

В.А. Дунаев
И.М. Игнатенко

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет
Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: ignat86_m@mail.ru*

Изложена разработанная авторами и апробированная на горно-обогатительных комбинатах КМА методика геолого-структурного обеспечения горных работ на карьерах, разрабатывающих месторождения железистых кварцитов. Методика предусматривает применение современных технических средств фиксации первичной информации и широкого спектра компьютерных технологий её обработки на базе интегрированного программного комплекса ГИС ГЕОМИКС (ВИОГЕМ).

Ключевые слова: месторождение железистых кварцитов, карьер, горные работы, методика, геолого-структурное обеспечение, компьютерные технологии.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых, представленных массивами скальных пород, требует серьёзного геолого-структурного сопровождения, поскольку во многом от него зависит рентабельность и безопасность горных работ. Для оптимизации параметров наиболее дорогостоящего вида горных работ (буровзрывных) необходимо знание особенностей трещиновато-блочной структуры разрабатываемого породного массива, а для выбора параметров стационарных уступов карьера, гарантирующих их устойчивость, кроме того, ещё требуется детальное изучение проявленной на месторождении складчато-разрывной тектоники.

На сегодня нет общепринятой комплексной методики геолого-структурного обеспечения открытой разработки месторождений, представленных массивами скальных пород. Содержащиеся в инструктивно-методических документах доперестроечного периода методические рекомендации по отдельным аспектам такого обеспечения явно устарели. Кроме того, современные технические средства и информационные технологии позволили существенно усовершенствовать, а в отдельных звеньях принципиально изменить традиционную методику натурального (полевого) изучения геолого-структурных особенностей разрабатываемых месторождений и, особенно, обобщения полевых материалов, подготовки итоговых документов, непосредственно используемых при проектировании буровзрывных работ и постановки уступов карьера на предельный контур.

Предлагаемая методика геолого-структурного обеспечения открытых горных работ при добыче железистых кварцитов (рис. 1) разработана и апробирована в процессе прикладных геолого-структурных исследований, выполненных на карьерах горно-обогатительных комбинатов региона КМА. В основу методики положены следующие принципы:

- комплексность натуральных исследований, ориентированных на получение разносторонней информации, необходимой для обеспечения всех видов горных работ на карьере;
- максимальная безопасность проведения натуральных исследований в карьере за счёт применения дистанционных методов фиксации информации;
- минимизация затрат труда и времени на указанные исследования, достигаемая применением фотогеологической документации уступов карьера;
- полнота и достоверность первичной и синтезированной информации;

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, Государственный контракт П36 от 30.03.2010 г.



- компьютерная обработка исходной информации с реализацией процедур моделирования и получения необходимых картографических документов, таблиц, графиков и диаграмм;
- минимизация затрат времени на компьютерную обработку информации, достигаемая применением для этого многофункциональной горно-геологической системы ГИС ГЕОМИКС, разработанной институтом ВИОГЕМ.

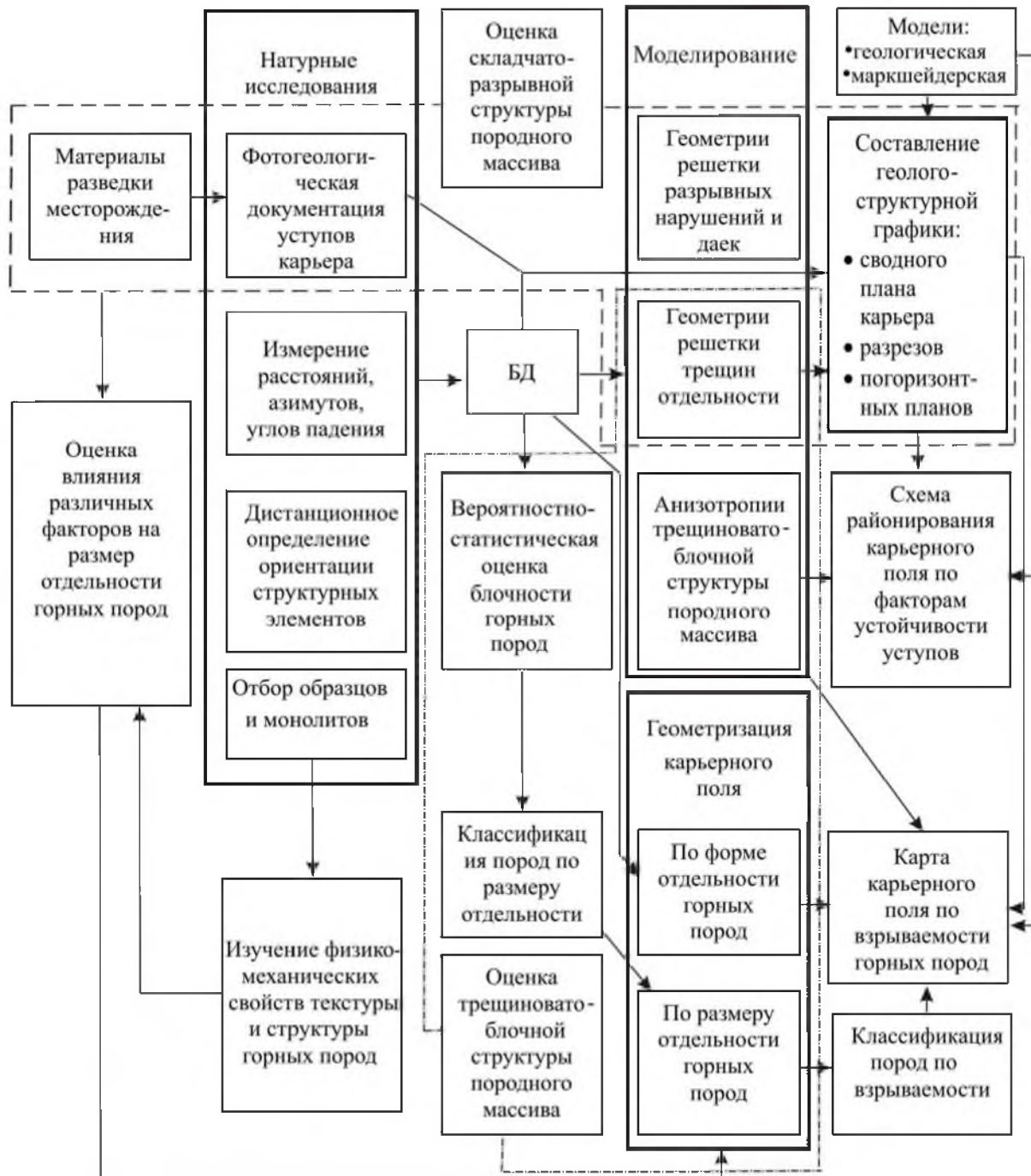


Рис. 1. Принципиальная блок-схема геолого-структурного обеспечения горных работ на карьерах по добыче железистых кварцитов

При разработке методики учитывалась иерархичность структуры породных массивов этих месторождений, проявленная наличием двух её уровней: первого –

складчато-разрывного, второго – трещиновато-блочного. Первый структурный уровень, представлен складчатостью, определяющей характер залегания пород, и сеть разрывных нарушений, расчленяющих массив смятых в складки пород на относительно крупные блоки, линейные размеры которых составляют десятки-сотни метров. Этот структурный уровень определяет главным образом устойчивость породного массива на предельном контуре карьера. Второй структурный уровень проявлен делимостью породного массива мелкими трещинами на элементарные структурные блоки, поперечник которых колеблется от 0.5-1.0 дециметра до 1.5-2.5 м, составляя в среднем 0.35-0.75 м. Трещиновато-блочная структура породного массива является основным фактором, влияющим на его взрываемость, т.е. сопротивление разрушению под воздействием взрыва. Кроме того, она учитывается в расчётах устойчивости бортов карьера через коэффициент структурного ослабления, понижающий значение сцепления горных пород в массиве относительно установленного по данным лабораторных испытаний образцов в зависимости от среднего размера элементарного структурного блока (отдельности). В соответствии с изложенным на схеме (см. рис. 1) пунктирным контуром объединены процедуры, по результатам которых выполняют оценку складчато-разрывной структуры породного массива, а штрих-пунктирным – оценку его трещиновато-блочной структуры.

Мелкая трещиноватость возникла как литогенетическая по завершению процесса складкообразования на этапе перехода породного массива из нагретого пластичного состояния в консолидированное. В дальнейшем под воздействием напряжений последующих этапов тектонической активизации первичная литогенетическая трещиноватость усиливалась, причём неравномерно в объёме породного массива в соответствии с пространственной изменчивостью в нём интенсивности тектонических напряжений. Естественно, участки повышенной мелкой трещиноватости тяготеют к разрывным нарушениям, трассирующим зоны наиболее высокой концентрации тектонических напряжений. Вследствие сказанного на размер отдельности пород, кроме литологического фактора (минерально-петрографического типа пород и присущих ему свойств, в том числе физико-механических), существенное влияние оказывает структурно-тектонический фактор. Кроме того, в приповерхностной зоне породного массива свою лепту вносит гипергенный фактор, обусловленный выветриванием и разгрузкой массива в связи с денудацией перекрывающей его толщи пород. Поэтому предусмотрена оценка влияния различных факторов на размер отдельности горных пород, результаты которой будут использованы при геометризации карьерного поля по этому параметру породного массива (рис. 1).

Натурные (полевые) работы в карьере имеют своей целью получение пространственно привязанной первичной информации (описательной и количественной) путем геолого-структурной помаршрутной съёмки карьера, сопровождаемой отбором образцов горных пород для физико-механических испытаний и петрографо-минералогических исследований. В процессе съёмки геологической документации, обычно в масштабе 1:1000, подвергаются откосы уступов карьера. Каждый маршрут (документируемый интервал по простиранию уступа, ограниченный техногенными препятствиями – съездом, развалом взорванной горной массы, недоступным для изучения по условиям безопасности участком и т.п.) трассируется по нижней бровке уступа пикетами (металлическими кольшками с бирками, на которых указано расстояние от начала маршрута), расположенными через 20 м друг от друга. Разбиение трассы маршрута на интервалы указанной длины осуществляется с помощью металлической рулетки. Начало и конец маршрута, а также пикеты через 200-300 м привязываются инструментально.

Фотогеологическая документация уступа начинается с подготовки страниц полевого журнала для каждого 20-метрового интервала маршрута. Основным элементом страницы является масштабированный фотоснимок откоса уступа в заданном интервале (рис. 2). Для получения таких снимков производят фотосъёмку подлежащего документации уступа либо с его бермы (при её ширине не менее 15 м), либо с противоположного борта карьера. Для съёмки необходимы цифровые фотоаппараты с высокой разрешающей способностью и высокоточные объективы, позволяющие получать ка-

панораму выполняется вручную с использованием Adobe Photoshop CS2, VideoRed или автоматически в специализированных программах, например, Panorama Maker.

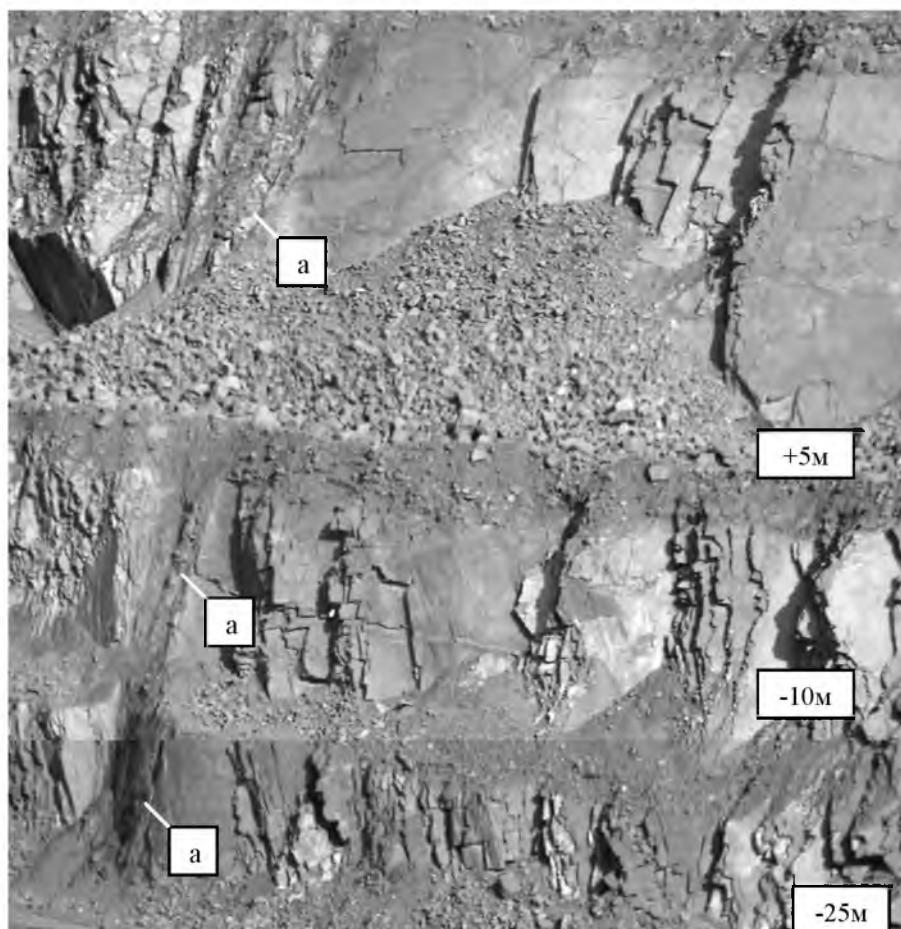


Рис. 3. Панорамный фотоснимок группы уступов западного борта карьера Стойленского ГОКа (а – дайка диоритовых порфиритов)

Особо следует отметить важность создания фотопанорам бортов карьера по всему его периметру со схемой их размещения на сводном маркшейдерском плане карьера. На каждой панораме показывают отметки эксплуатационных горизонтов, номера и трассы геологических маршрутов. Совокупность таких фотопанорам создаёт целостную картинку складчато-разрывной структуры и гипергенной зональности породного массива, вскрытом карьером, и состояния его уступов, поставленных на предельный контур. Это позволяет достоверно проследить на сводном геолого-структурном плане карьера разрывные нарушения, оси складок, дайки интрузивных пород, подошву коры выветривания и подстилающей её зоны гипергенной дезинтеграции пород, геометризовать прибортовую зону карьера по качеству заоткоски уступов, установить позицию и тип деформации уступов, недоступных для непосредственного обследования, выявить проблемные с точки зрения устойчивости уступов участки этой зоны.

Так как на взрываемость пород и их устойчивость в уступах карьера влияют литологический, структурно-тектонический и гипергенный факторы в описании указывается:

- литологический (минерально-петрографический) тип породы, её текстура, мощность единичного слоя в пачках переслаивания;
- тип зафиксированных складок по положению осевой поверхности (прямая, наклонная, опрокинутая и т.п.), по форме и расположению крыльев (нормальная, изоклиальная, корбочатая и т.п.), размах крыльев; особо выделяют и описывают па-



кеты мелких складок и участки проявления плейчатости пород, осложняющие более крупные складки;

– мощность и строение зоны разрывного нарушения, характер его контактов с вмещающими породами, особенности геометрии плоскости сместителя и скульптуры её поверхности, наличие или отсутствие на ней следов скольжения, интенсивность их проявления, характер изменения блочности пород с удалением от его контактов;

– мощность даек интрузивных пород, характер их контактов с вмещающими метаморфитами;

– степень и характер гипергенных изменений пород, мощность и строение линейных зон коры выветривания.

Следующим этапом натуральных исследований является измерение азимутов и углов падения индивидуализированных структурных элементов, показанных на дешифрированном фотоснимке, и трещин отдельности пород, а также расстояний между трещинами одной системы. Азимутально-угловые измерения выполняют гироскопическим компасом (трещиномером) ТГ-ЗМ конструкции ВИОГЕМ (в зоне магнитной аномалии, какой является месторождение железистых кварцитов, применение обычного горного компаса исключено), а расстояний – мерной рейкой. Следует подчеркнуть, что совмещение указанных измерений с фотогеологической документацией уступов, учитывая массовый характер измерений и ограниченный (5 часов без подзарядки аккумулятора) ресурс рабочего времени гироскопаса, неэкономично.

Поскольку установлено [1], что делимость метаморфитов, слагающих месторождения железистых кварцитов, обусловлена главным образом трещинами трёх субортогональных систем (M – по слоистости пород, N – поперечно к M ; K – близко по простиранию к M с падением навстречу ей) и кроме них спорадически встречаются образованные позже сколовые трещины (условно выделены в систему C), измерения выполняют по указанным системам трещин (M, N, K, C), а их результаты с указанием интервала, в котором они выполнены, заносятся в таблицу, расположенную на страницах полевого журнала справа от фотоснимка уступа (рис. 2). Аналогичные измерения в дайках интрузивных пород выполняют, привязываясь к развитым в них системам трещин, которые могут иметь самую различную ориентацию. Исключение составляют трещины системы C , являющиеся транзитными относительно даек.

В местах проявления борозд скольжения на плоскости сместителя выполняют измерения элементов залегания указанной плоскости и другой, перпендикулярной к ней и параллельной штрихам на борозде скольжения (физически эта плоскость задаётся жёсткой основой полевого журнала). По направлению скольжения в соответствии с общепринятым правилом (за неподвижный принимается лежащий бок нарушения) устанавливается его кинематический тип (сброс, взброс, левый или правый сдвиг, взбросо-сдвиг или сбросо-сдвиг). В период камеральной обработки полевых материалов по линии скрещения упомянутых двух взаимноперпендикулярных плоскостей и направлению скольжения определяется (вручную на стереографической сетке Шмидта или автоматически в системе ГИС ГЕОМИКС) ориентация вектора скольжения (азимут его горизонтальной проекции и угол относительно горизонтальной плоскости).

В условиях развитого карьера, особенно на его предельном контуре, достаточно обычной является ситуация, когда структурные элементы (разрывные нарушения, трещины, дайки), в том числе ограничивающие призмы произошедших обрушений уступов, недоступны для непосредственного измерения их азимута и угла падения. Для решения этой проблемы в случае, когда структурный элемент фиксируется обнажённой плоскостью в откосе уступа, предложен способ дистанционного определения его ориентации, суть которого заключается в следующем. Высокоточным тахеометром (например, Sokkia SET1030R3) в безотражательном режиме производят съёмку нескольких (не менее 3) точек, принадлежащих интересующей нас плоскости. Угловые и линейные параметры съёмки с помощью специальной программы трансформируются в координаты этих точек. Разработанной на основе известного уравнения плоскости [2] алгоритм расчета азимута и угла её падения по координатам принадлежащих ей точек программно реализован в маркшейдерском модуле ГИС ГЕОМИКС.

Следует отметить, что непосредственное измерение расстояний между трещинами с помощью мерной рейки сопряжено с двумя негативными обстоятельствами: долговременным пребыванием в опасной зоне и ограниченным фронтом для производства измерений (только нижняя часть уступа на высоту 2-5 м). В связи с этим авторами совместно с программистами отдела геологии и геоинформатики ОАО «ВИОГЕМ» (С.Г. Кабелко, М.С. Зайцевым) разработаны методика и компьютерная технология оценки размера отдельности пород на поверхности откоса карьера по её масштабированному фотоснимку.

Для реализации этой методики вначале тахеометром снимают точки на нижней и верхней бровках уступа, соответствующие началу и концу 20-метрового интервала. Далее по результатам съёмки тахеометром характерных точек на поверхности откоса или сканирования её лазерным сканером плоское фотоизображение в ГИС ГЕОМИКС трансформируется в трёхмерную поверхность, чем устраняются искажения, возникающие при фотосъёмке откоса. Затем трансформированный снимок подвергают обработке в ручном режиме: исключают из области определения размера отдельности осыпь в основании уступа и разрушенную зону перебулов взрывных скважин в верхней его части, разными типами линий векторизуют трещины различных блокообразующих систем (M, N, K). На подготовленном таким образом снимке с помощью функций ГИС ГЕОМИКС по перпендикуляру между смежными трещинами каждой системы определяют искомые расстояния.

Обычно на снимке уступа чётко видны две системы трещин, субперпендикулярные плоскости откоса. Трещины третьей системы, идущие субпараллельно или под острым углом к этой плоскости, на снимке проявлены слабо. Задача определения расстояния между трещинами ($L_{ср.}$) третьей системы была решена следующим образом. По данным натурных измерений блочности пород в карьере Стойленского ГОКа (всего 989 измерений) оценили тесноту связи между $L_{ср.}$ одной и $L_{ср.}$ двух других систем трещин, используя линейное приближение вида:

$$f(x, y) = ax + by + c, \quad (1)$$

где a, b, c – коэффициенты, x, y – значения $L_{ср.}$ по двум системам трещин.

Коэффициенты a, b, c определялись методом наименьших квадратов с использованием выражения:

$$P = \sum_{i=1}^n (f(x_i, y_i) - \bar{f}_i)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где P – сумма квадратов отклонений значений $L_{ср.}$ измеренных и рассчитанных, n – количество измерений, $f(x, y)$ – искомая функция, \bar{f}_i – измеренные значения $L_{ср.}$ системы трещин.

Подставив (1) в (2) получаем:

$$P = \sum_{i=1}^n (ax_i + by_i + c - \bar{f}_i)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Величина P будет минимальной в случае, если частные производные по каждому из неизвестных параметров будут равны нулю. С учетом этого условия составлялась система уравнений, решение которой методом Крамера [3, с. 49] дало искомые коэффициенты для каждой системы трещин:

$$M = 0.06K + 0.53N - 0.08$$

$$N = 0.52K + 0.47M - 0.02$$

$$K = 0.13M + 1.31N - 0.01$$

Рассчитанный средний коэффициент корреляции между измеренными и расчётными $L_{ср.}$ по всем трём системам трещин составил 0.72, а среднее квадратичное отклонение всего 0.009, что убедительно свидетельствует о достаточной достоверности оценки $L_{ср.}$ системы трещин, не проявленной на фотоснимке откоса уступа, по значениям $L_{ср.}$ двух других систем, $L_{ср.}$ которых автоматически определяется по трансформированному и предварительно обработанному фотоснимку.



По материалам натуральных исследований формируется структурированная база пространственно-координированных данных, включающая первичную количественную информацию. Все последующие процедуры, составляющие предложенную методику геолого-структурного обеспечения горных работ, реализуются через запрос к базе данных. Для оценки трещиновато-блочной структуры породного массива, прежде всего, необходимо дать вероятностно-статистическую оценку его блочности, т.е. выявить особенности распределения в нём отдельностей пород различного размера и формы. С этой целью по каждому типу пород, слагающих карьерное поле, в автоматическом режиме, определяются стандартные статистические характеристики размера отдельности (размах, среднее, математическое ожидание и др.), строится полигон вариационного ряда и график плотности вероятности. На основе анализа полученных данных разрабатывают классификацию пород по размеру отдельности и рассчитывают долю (в %) каждого класса в породном массиве. При разработке указанной классификации необходимо учитывать рекомендации межведомственной комиссии по взрывному делу, касающиеся граничных значений размера отдельности каждого класса [4].

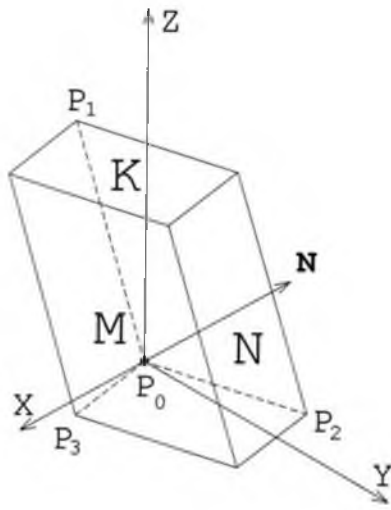
Применительно к месторождениям железистых кварцитов выделяется 6 разновидностей в общем случае параллелепедальной отдельности (кубообразная, столбчатая, плитчатая, удлиненно-плитчатая, пластинчатая, удлиненно-пластинчатая), которые характеризуются различными критериальными значениями длин их ребер (расстояний между трещинами систем M, N, K) [5]. По запросу к базе данных производится сортировка станций по форме представляющих их отдельностей и оценивается относительная распространённость (в %) отдельностей каждой формы в породном массиве с построением круговой диаграммы. Здесь под станцией понимается условная точка, соответствующая середине литологически и структурно однородного интервала по трассе полевого маршрута. На визуализированном маркшейдерском плане карьера с трассами пройденных маршрутов и интервалами по ним с указанием для каждого интервала формы и среднего размера отдельности пород осуществляют геометризацию карьерного поля по этим параметрам. Геометризацию по размеру отдельности пород выполняют с учетом разработанной классификации, т.е. карьерное поле расчленяют на участки, каждый из которых представлен одним классом крупности отдельности пород.

Выбор геометрии ячейки сети взрывных скважин и схемы их коммутации при проектировании буровзрывных работ на карьерах определяется особенностями анизотропии трещиновато-блочной структуры взрываеваемого породного массива, которая характеризуется формой и ориентировкой отдельности слагающих его пород. Для оценки указанной анизотропии в массивах метаморфических пород разработана методика и компьютерная технология моделирования формы и ориентировки отдельности [5], суть которой заключается в построении по запросу к базе данных (с отображением на геолого-структурном плане карьера или на плане буровзрывного блока) трехмерной фигуры отдельности для любой станции на выбор, группе станций или в целом по всем станциям.

Визуализированная 3d-модель (рис. 4) сопровождается автоматически рассчитанными параметрами, характеризующими форму и размеры отдельности пород: длину ребер параллелепипеда (среднее расстояние между трещинами каждой системы – M, N, K), м; средний размер отдельности – $L_{ср.}$, м; двугранный угол между плоскостями трещин отдельности (MN, MK, NK), град., величина которого характеризует степень приближения формы реальной отдельности к идеальному параллелепипеду.

Складчато-разрывная структура породного массива отражается на сводном геолого-структурном плане карьера, а также разрезах к нему по линиям геологоразведочных профилей. При необходимости составляются геолого-структурные планы отдельных эксплуатационных горизонтов. Для составления геолого-структурной графики привлекаются цифровые геологическая и маркшейдерская модели разрабатываемого месторождения. Структурные элементы на сводном плане карьера увязываются

между соседними геологическими маршрутами интерактивно с учетом сложившихся в результате анализа геологоразведочных материалов и полевых наблюдений представлений о геологической структуре месторождения.



$M=0.96$; $N=0.78$; $K=1.2$; $L_{cp.}=0.98$;
 $MN=84$; $MK=79$; $NK=88$

Рис.4. Визуализация модели формы и ориентировки отдельности пород единичной станции наблюдения (P_0): M, N, K – плоскости систем трещин, N – направление на север

Следует отметить, что при построении и пополнении сводного геолого-структурного плана карьера возникает проблема трассирования структурных элементов (разрывных нарушений, даек, контактов горных пород), падение которых существенно (на 20° и более) отличается от вертикального. Увязка таких элементов вручную по их подсечениям геологическими маршрутами на смежных уступах карьера является трудоёмкой процедурой, не гарантирующей правильность выполненной увязки. Проблема автоматизированного трассирования следа пересечения структурного элемента, заданного плоскостью, с поверхностью карьера решена путем создания соответствующего математического аппарата и алгоритмов, программно реализованных в системе ГИС ГЕОМИКС [6]. Разработанная методика в виде компьютерной технологии обеспечивает быструю и правильную трассировку на плане карьера структурных элементов, в том числе пологого залегания. Она позволяет также по известной позиции и ориентировке диагональных относительно простирания уступов трещин, падающих в сторону карьерной выемки и навстречу друг другу, установить потенциальные клиновые призмы обрушения в ниже лежащих, планируемых к постановке на предельный

контур, уступах карьера (рис. 5). Частным случаем решения указанной задачи является оценка по позиции и ориентировке двух диагональных трещин, ограничивающих фактически произошедшее клиновое обрушение, вероятности проявления подобного обрушения, обусловленного этими же трещинами, на более глубоких горизонтах приконтурной зоны карьера.

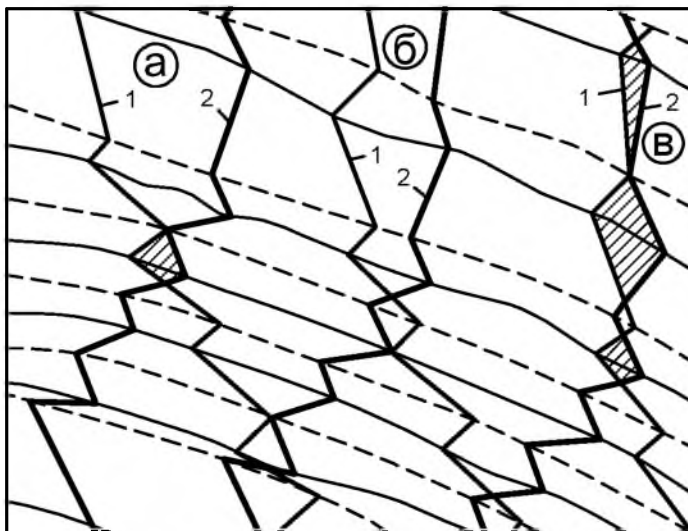


Рис.5. Фрагмент плана карьера, иллюстрирующий различные варианты (а, б, в) пространственных взаимоотношений пары диагональных трещин (1 – аз. пад. $244 < 52^\circ$; 2 – аз. пад. $135 < 40^\circ$) между собой и поверхностью карьера, в том числе с образованием одной (а) или нескольких (в) потенциальных клиновых призм обрушения (заштрихованы)

Структурно однородные участки на плане карьера характеризуются круговой ориентирной диаграммой трещин с показом на ней полюсов трещин различных систем (M, N, K, C). Такие диаграммы получают путем компьютерного моделирования по технологии института ВИОГЕМ геометрии решетки трещин по геометрическому за-



просу к базе данных. Аналогично строят диаграммы ориентировки разрывных нарушений и даек, которые используются для характеристики разрывной структуры месторождения.

Итоговыми картографическими документами для непосредственного использования при проектировании буровзрывных работ и выборе конструкции уступов на предельном контуре карьера являются соответственно карта карьерного поля по взрываемости горных пород и схема его районирования по факторам устойчивости уступов. Карты взрываемости горных пород строятся путем совмещения геолого-структурного плана карьера и его плана, геометризованного по категориям блочности (размера отдельности) пород в соответствии с принятой на горном предприятии классификацией пород по взрываемости. В этой классификации каждая категория пород по взрываемости характеризуется категорией блочности, принадлежностью к определенному инженерно-геологическому литотипу пород с указанием их крепости, параметрами взрывания (размером ячейки сети взрывных скважин, их диаметром, удельным расходом взрывчатого вещества). Наличие карты взрываемости разрабатываемого массива горных пород существенно упрощает процесс проектирования буровзрывных работ. Чтобы получить схему размещения в пределах буровзрывного блока участков пород различной категории взрываемости и для каждого участка параметры буровзрывных работ достаточно нанести на карту взрываемости контур этого блока.

Схема районирования карьерного поля по факторам устойчивости уступов также строится на основе сводного геолого-структурного плана карьера с учетом результатов моделирования анизотропии трещиновато-блочной структуры породного массива и геометрии решетки разрывных нарушений и трещин отдельности пород. Основные принципы такого районирования общеприняты: постоянство ориентировки бортов карьера в пределах выделенного района и его относительная структурно-литологическая однородность. На схеме показывают также границы гипергенных зон, водопроявления в бортах карьера, деформации уступов, качество заоткоски уступов, поставленных на предельный контур. Оно определяется по степени проявления на стенке откоса следов экранных скважин (хорошее – сплошные или с небольшими перерывами, удовлетворительное – пунктирные, плохое – следы скважин проявлены локально или вообще отсутствуют). Каждый выделенный район на схеме характеризуется средним значением отдельности пород, круговыми ориентирными диаграммами разрывных нарушений и трещин отдельности, а также визуализированной моделью анизотропии трещиновато-блочной структуры породного массива. На ориентирных диаграммах особым знаком отмечают полюсы систем разрывных нарушений и трещин, падающих в сторону карьерной выемки. Разрывы этих систем являются наиболее опасными с точки зрения устойчивости уступов, так как они при определенных пространственных взаимоотношениях между собой и уступом карьера могут привести к его деформации.

Изложенная методика может быть рекомендована для использования на горно-обогатительных комбинатах, эксплуатирующих месторождения железистых кварцитов. Основное направление её совершенствования – универсализация, смысл которой заключается в разработке методики и компьютерной технологии оценки трещиновато-блочной структуры породных массивов месторождений любых геолого-промышленных типов.

Список литературы

1. Дунаев В.А., Серый С.С. Трещиноватость метаморфитов курской серии в бассейне КМА // Изв.вузов. Геология и разведка. – 2003. – №2. – С.54-59.
2. Автоматизация геолого-маркшейдерских графических работ / В.В. Ершов, А.С. Дремуха, В.М. Трость, В.Н. Зуй, Г.П. Бедрина. – М.: Недра, 1990. – 347с.
3. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1970. – 720с.
4. Временная классификация горных пород по степени трещиноватости в массиве / Межведомственная комиссия по взрывному делу. Информ. вып. В-199. – М.: ИГД, 1968. – 30с.

5. Моделирование формы и ориентировки отдельности метаморфических пород, слагающих месторождения железистых кварцитов / В.А. Дунаев, И.М. Игнатенко, С.Г. Кабелко, А.В. Герасимов // Горный информ.-аналит. бюлл. – 2011, – №4. – С.75-78.

6. Компьютерная технология трассирования следа пересечения трещины с поверхностью карьера для решения геолого-структурных задач / В.А. Дунаев, И.М. Игнатенко, С.Г. Кабелко, Е.Б. Яницкий // Горный информ.-аналит. бюлл. – 2011, – №4. – С.71-74.

TECHNIQUE OF GEOLOGO-STRUCTURAL MAINTENANCE OF OPEN-PITS OF DEVELOPING DEPOSITS OF FERROUS QUARTZITES.

V.A. Dunaev
I.M. Ignatenko

*Belgorod State National Research
University
Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia
E-mail: ignat86_m@mail.ru*

The technique of geological-structural maintenance of mining in the open-pits developing deposits of ferruginous quartzites suggested by the authors and checked up at ore-dressing and processing enterprises of KMA is stated. The technique provides application of modern technology of fixing the primary information and the wide spectrum of computer technologies of its processing on the basis of the integrated complex GIS the GEOMIX (VIOGEM).

Key words: deposit of ferruginous quartzites, open-pit, mining, the technique, geological-structural maintenance, computer technologies.