Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIX, вып. 1, 1969 г.

О ТОЧНОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ФОТОСХЕМ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Е. В. Пономарев

Визуальный метод составления первичной геологической документации, основанной на зарисовках, как известно, имеет ряд недостатков, главными из которых являются субъективность и сравнительно низкая точность. Качество и полнота такой документации зависят от квалификации исполнителя. Поэтому начиная с 1960 г. в ряде научных организаций и в производственных предприятиях проводились исследования по установлению возможности применения фотографии для составления первичной геологической документации. В настоящее время разрабатывается метод фотодокументации подземных горных выработок. Основными задачами исследований являются установление оптимальных условий фотографирования и разработка методики производства фотосъемки и последующей обработки материала съемки для получения первичной геологической документации требуемой точности при возможно меньших затратах труда и средств.

По вопросу о выборе оптимальных условий фотографирования все исследователи дают в основном одинаковые рекомендации, предусматривающие выполнение фотографирования горных выработок на пленку типа А-2, КН-3, имеющую светочувствительность 130—250 ед. ГОСТа. В отдельных случаях для выделения минералогического состава пород рекомендуется применять светофильтры.

Правильный выбор аппаратуры, методики фотосъемки и разработка приспособлений для съемки должны решаться, прежде всего, исходя из требуемой точности составления документации. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые к первичной геологической документации при использовании ее для проектирования, ведения горных работ и уточнения геологического строения данного месторождения. Кроме того, следует учитывать и возможность принятого метода ее составления.

Рассмотрим вопрос о точности первичной геологической документации, составляемой фотометодом. Первичным документом в этом методе, как это обычно принято, является фотосхема масштаба 1 : 50. По таким схемам сравнительно легко выполнять дешифрирование, а размеры их получаются удобными для последующей систематизации и хранения. Фотосхемы в более крупном масштабе (1 : 25 или 1 : 20) следует составлять только на участки со сложным геологическим строением.

Фотосхемы составляются из нетрансформированных фотоснимков. Из-за наличия углов наклона снимков, неровностей фотографируемых стенок и кровли выработок, а также влияния различного рода аберраций, присущих объективу, масштаб изображений на фотоснимках имеет различное значение в разных его частях. В связи с этим наиболее ощутимые смещения изображения горных выработок возникают за счет угла наклона снимка и неровностей стенок выработок.

Ошибка δr_α длины отрезка r на наклонном снимке определяется по формуле

$$\delta r_\alpha = -\frac{r^2}{f} \sin\varphi \sin\alpha, \qquad (1)$$

где r — расстояние от точки нулевых искажений до определяемой точки; f — фокусное расстояние объектива фотоаппарата; φ — угол между главной горизонталью снимка и отрезком r; α — угол наклона снимка (при съемке стенок выработки это угол, составленный оптической осью с горизонтальной плоскостью, а при съемке кровли — угол отклонения оптической оси от вертикальной прямой).

Применительно к условиям фотографирования в подземных горных выработках малоформатными камерами и при последующем двухкратном увеличении снимков $r=30$ *мм*, $\varphi=90°$ и $\alpha=3°$. Тогда по формуле (1) для снимков, полученных объективом типа «Индустар-50», $\delta r_\alpha = 0{,}9$ *мм* и для снимков, по-

лученных фотоаппаратом, снабженным объективом МР-2, $\delta r_\alpha = 2{,}2$ *мм*.

Смещение изображения за счет неровностей стенок и кровли выработок

$$\delta r_h = -\frac{rh}{H}, \qquad (2)$$

где h — величина неровностей (углублений) стенок и кровли выработок (0,3—0,7 *м*); H — отстояние, равное расстоянию от передней узловой точки объектива до стенки выработки по направлению оптической оси (2—5 *м*).

Фотографирование горных выработок почти всегда производится с малых отстояний (порядка 2 *м*). Поэтому величины смещения изображений на снимках за счет неровностей стенок и кровли выработок достигают больших величин (4—5 *мм*), неучет которых существенно снижает точность составляемых фотосхем.

Для предрасчета максимальной относительной ошибки определения расстояния по фотосхеме используем формулу *

$$\frac{\Delta L_{\max}}{L} = \frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2 + \left(\frac{h}{H}\right)^2 + \left(\frac{\delta l_\alpha}{l}\right)^2 + \left(1-\frac{1}{n}\right)\left(\frac{t}{l}\right)^2}, \qquad (3)$$

где $\Delta L_{\max}$ — ошибка определения L по фотосхеме; l — длина отрезка на снимке между линиями пореза; δl_α — искажение отрезка l за счет угла наклона снимка; n — число снимков в фотосхеме; t — ошибка смещения контуров на линии пореза; ΔH — разность отстояний соседних снимков.

При фотографировании в подземных горных выработках примем следующие значения величин, входящих в формулу (3): $\Delta H = \pm 10$ *см*; $h = 20$ *см*; $l = r = 30$ *мм*; $t = \pm 0{,}5$ *мм*; $\delta l_\alpha = \delta r_\alpha = \pm 1{,}6$ *мм* для снимков, полученных широкоугольным объективом типа «Орион-15», и $\pm 0{,}9$ *мм* для снимков, полученных объективом «Индустар-50» (применяется только на горных выработках большого сечения). Подставляя эти значения в формулу (2), получим следующие величины относительных ошибок определения расстояния по фотосхеме:

---

* Бобир Н. Я. Фотограмметрия, Недра, 1965.

H	$n = 20$	$n = 10$	$n = 5$
	При широкоугольном объективе		
2	1 : 37	1 : 54	1 : 75
3	1 : 49	1 : 71	1 : 100
5	1 : 67	1 : 97	1 : 136
	При Индустар-50		
5	1 : 102	1 : 147	1 : 204

Если исключить ошибку ΔH, т. е. потребовать, чтобы $\frac{\Delta H}{H} < \frac{1}{100}$, а это достижимо при условии определения отстояния с ошибкой 2—3 *см*, тогда относительная ошибка определения расстояния $\frac{\Delta L_{max}}{L}$ уменьшится на 12—15%.

Анализ приведенных данных показывает, что значение $\frac{\Delta L_{max}}{L}$ может быть получено в пределах 1 : 50—1 : 100.

Учитывая непременное повышение требований к качеству первичной геологической документации, целесообразно принять в качестве основного допуска при составлении фотосхем относительную ошибку $\frac{\Delta L_{max}}{L} = 1 : 100$. Для получения таких фотосхем необходимо: 1) выдержать постоянство отстояния H с ошибкой ± 3 *см*; 2) производить фотографирование с максимально возможного отстояния и с перекрытием снимков в 50%; 3) иметь на фотографируемой выработке маркированные точки, примерно через 10 *м*, горизонтальные проекции отрезков между которыми известны (начальная и конечная маркированные точки должны быть привязаны к точкам основной маркшейдерской сети); 4) необходимо учитывать неровности выработок и средний масштаб снимков устанавливать с учетом h 20—30 *см*.

Постоянство отстояний и перекрытия снимков проще выдерживается при съемке с металлического тросика, натягиваемого вдоль стенок выработок. Методика фотографирования горных выработок с помощью такого тросика разработана на кафедре геодезии ЛГИ и апробирована в 1965 г. на руднике «Юкспор» комбината «Апатит».

Дальнейшее увеличение точности составления фотосхем нецелесообразно, так как это осложнит методику производства фотосъемки и монтажа схем, что в свою очередь снизит экономическую эффективность фотометода.