Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т./XX, вып. 2, 1976 г.

МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И УЧЕТА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ ОЦЕНКУ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Б.В.Смирнов

Эффективность инженерно-геологических исследований при разведке полезных ископаемых во многом зависит от правильного и своевременного установления наиболее существенных геологических и прочих факторов, а также способов их учета с целью прогнозирования процессов и явлений, сопровождающих промышленную разработку месторождений.

Система учитываемых факторов должна обеспечивать необходимую полноту и надежность прогнозов. Вместе с тем она должна быть минимальной, поскольку получение и использование избыточной информации приводит к неоправданному завышению объемов полевых и лабораторных работ, усложняет прогнозирование. Выполнение этих условий может быть достигнуто за счет использования современных принципов и методов факторного анализа.

Исходной процедурой факторного анализа в инженерной геологии должно являться предварительное выделение определенного комплекса факторов, потенциально способных влиять на характер и интенсивность геологических процессов и явлений, связанных с горно-эксплуатационными работами. Для этого следует использовать теоретические представления о природе и механизме этих процессов, а также различного рода эмпирические закономерности. Например, сползание, опускание и обрушение пород в выработанное пространство можно рассматривать как результат их деформации, разрушения и сдвижения под влиянием сложной системы сил, действующих на разрабатываемый массив и обуславливающих его напряженное состояние. Согласно существующим представлениям, распределение механических напряжений в породах и способность последних сопротивляться разрушению и сдвижению зависит от литогенетических и тектонических особенностей продуктивных образований, гидрогеологических условий, системы вскрытия и разработки полезного ископаемого и др.

Следующим важным этапом факторного анализа является выделение из общего числа предварительно намеченных факторов наиболее существенных, не-

обходимых и достаточных для надежной инженерно-геологической оценки разведуемого объекта. Эта задача может решаться на основе эмпирического, статистического, кибернетического и аналитического подходов.

Эмпирический подход наиболее приемлем в случаях, когда природа и причинная обусловленность геологических процессов и явлений весьма сложны или выяснены слабо. Реализацией эмпирического подхода служит метод экспертных оценок, основанный на использовании интуиции высококвалифицированных специалистов. Применение метода сводится к упорядоченному опросу экспертов и к ранжированию, т.е. расстановке всех потенциально существенных факторов по мере убывания или возрастания их относительной значимости с учетом экспертных оценок.

Статистический подход заключается в установлении и измерении связи между отдельными предварительно намеченными факторами и интересующими компонентами инженерно-геологических ситуаций. Для оценки силы связи между количественными показателями (максимально допустимой площадью незакрепленных пород и их прочностью, скоростью подъема почвы и глубиной) вычисляются коэффициенты парной корреляции. Связь между показателями, не поддающимися количественной оценке (например, между степенью обрушаемости пород и их литологической принадлежностью) выражается посредством коэффициентов взаимной сопряженности.

Проведенные исследования свидетельствуют, что для прогнозирования устойчивости углевмещающих пород Донбасса должны учитываться факторы, связь которых с соответствующими инженерно-геологическими показателями характеризуется коэффициентами взаимной сопряженности (по А.А.Чупрову), превышающими 0,09-0,11.

К статистическим методам факторного анализа относится исследование уравнений регрессии, получаемых с помощью ЭВМ и выражающих связь между количественными характеристиками инженерно-геологических условий и двумя или более параметрами, относящимися к интересующим факторам. При любом виде уравнений регрессии типа $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ значение фактора, измеряемого параметром x_i, может быть оценено показателем влиятельности

$$Q = \frac{f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, x_i^{max}, \ldots, \bar{x}_n) - f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, x_i^{min}, \ldots, \bar{x}_n)}{\bar{y}},$$

где x_i^{max} и x_i^{min} – экстремальные, т.е. наибольшие и наименьшие из числа возможных значения параметра x_i; $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$ – средние значения параметров, относящихся к другим факторам; $\bar{y}$ – среднее значение функции, характеризующей компоненты инженерно-геологических условий.

Показатель влиятельности численно равен относительному изменению инженерно-геологической характеристики объекта при максимально возможном изменении параметра x_i и сохранении значений других параметров на среднем уровне.

Кибернетический подход к оценке факторов предусматривает анализ сложных многофакторных связей с применением ЭВМ. Наиболее перспективны алгоритмы, основанные на последовательном переборе и оценке информативности различных сочетаний признаков, оценке формы и ориентировки области близо-

сти признаков в многомерном пространстве, а также машинные методы случайного поиска с адаптацией, главных компонент, линейного программирования, эвристической самоорганизации.

Статистический и кибернетический подходы осуществимы при достаточном объеме натурных данных, позволяющих сопоставлять исследуемые факторы с реальным поведением пород на шахтах и карьерах.

Аналитический подход реализуется в результате исследования математических моделей, описывающих детерминированные связи между инженерно-геологическими условиями и определяющими их факторами. Его достоинство заключается в строгости и однозначности решений, а недостаток – в пока что крайне ограниченном количестве математических описаний инженерно-геологических процессов и явлений.

Комплексное применение охарактеризованных подходов позволило установить оптимальный набор факторов, учет которых необходим и достаточен для прогнозной инженерно-геологической оценки углевмещающих пород Донецкого бассейна:

	Ложная кровля	Непосредственная кровля	Основная кровля	Непосредственная кровля
Фациальная принадлежность отложений	+	+	–	–
Литологическая принадлежность слоев		+	+	+
Степень литификации осадков	+	+	+	+
Прочность пород	+	+	+	–
Деформационные свойства пород	–	+	+	+
Сернистость угля и пород	–	–	–	+
Мощность слоев	+	+	+	–
Выемочная мощность угольных пластов	–	+	+	–
Структурная позиция участков	+	+	–	–
Углы падения	+	–	–	+
Частота трещиноватости	+	+	+	–
Обводненность массива	–	–	–	+
Глубина разработки	+	+	–	+
Форма и размеры выработок	–	+	–	+
Направление и скорость подвигания забоев	+	+	–	+
Способ управления горным давлением	+	+	+	+

Примечание. Знаком „+" отмечены наиболее существенные факторы, подлежащие учету.

Как видно из этих данных, характер и интенсивность инженерно-геологических процессов и явлений на шахтах Донбасса определяются достаточно обширной группой различных факторов, что осложняет прогнозирование. Исследования, проведенные в ДонбассНИЛ, позволяют рекомендовать для практического использования при многофакторном инженерно-геологическом прогнозировании вероятностно-статистический метод обобщения и интерпретации фактического материала. Метод, разработанный применительно к Донбассу, основан на применении теоремы Байеса и позволяет распознавать инженерно-геологические типы углевмещающих пород по данным разведочного бурения. Проверка показала, что наиболее опасные для горняков ложные, неустойчивые непосредственные, трудносбрушающие основные кровли и склонные к пучению почвы угольных пластов правильно распознаются в 75-100% случаев. Вероятностно-статистический метод весьма перспективен для прогнозирования внезапных выбросов и горных ударов на шахтах. Среди других подходов к многофакторному прогнозированию как наиболее перспективные могут быть отмечены методы автоматического распознавания образов с помощью ЭВМ.