МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ДОНБАССКАЯ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ

ЛАБОРАТОРИЯ

ВРЕМЕННОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТКАХ ДОНБАССА ПО ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

Ростов-на-Дону

1974

gost.e-ecolog.ru

Министерство геологии СССР
Донбасская научно-исследовательская лаборатория

Согласовано:

Руководитель проблемы,
профессор, д о к т о р
геол.-мин.наук
А. И. КРАВЦОВ
18 апреля 1974 г.

Утверждаю:

Заместитель министра
г е о л о г и и СССР
В. А. ЯРМОЛЮК
19 апреля 1974 г.

ВРЕМЕННОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТКАХ ДОНБАССА ПО ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

Ростов-на-Дону
1974

УДК 519.2 : 553.93/96.061.4 : 550.812.14 (477.61/62)

Настоящее руководство составлено по материалам научно-исследовательской работы "Выявление и изучение основных геологических факторов, влияющих на устойчивость углевмещающих пород, и прогноз устойчивости по материалам геологоразведочных работ". Исследования по данной теме выполнены в Донбасской научно-исследовательской лаборатории по заданию управления твердых горючих ископаемых Министерства геологии СССР. Руководство предназначается для геологов, занимающихся прогнозом устойчивости углевмещающих пород в очистных выработках. В основу предлагаемой методики положены научные принципы статистической обработки и использования результатов натурных наблюдений в шахтах, впервые предложенные профессором Московского горного института И.Л.Черняком и получившие дальнейшее развитие в результате исследований, проведенных в ДонбассНИЛ.

Опытно-промышленная проверка метода проведена в тресте "Артемгеология" МГ УССР. При этом установлена удовлетворительная сходимость расчетных и фактических данных, что свидетельствует о возможности его использования в Донецком и дальнейшей апробации в аналогичных угольных бассейнах страны.

Составители руководства – кандидат геолого-минералогических наук Б.В.СМИРНОВ (руководитель), инженеры Э.Л.БАРОНЬЯН, Ю.П.БРУЙКО, А.И.ДЫМНА, Б.Д. ТРУНОВ, Л.К.ШЕВЧЕНКО.

Научные редакторы – профессор, доктор геолого-минералогических наук Н.И.ПОГРЕБНОВ и профессор, доктор геолого-минералогических наук Г.Г.СКВОРЦОВ.

© Донбасская научно-исследовательская лаборатория (ДонбассНИЛ), 1974

ВВЕДЕНИЕ

Как показали специальные исследования, проведенные в ДонбассНИЛ, устойчивость пород кровли и почвы угольных пластов Донбасса и соответствующие условия разработки углей определяются довольно широким комплексом естественно-геологических и технологических факторов. Это обстоятельство в значительной мере сказывается на достоверности существующих методов прогнозирования, большинство которых основано на использовании ограниченного числа геологических и прочих критериев.

Другой особенностью горно-геологического прогнозирования является лишь относительная достоверность его результатов, то есть невозможность гарантированного получения абсолютно точных выводов о будущем состоянии интересующих нас объектов.

Многофакторной обусловленности горно-геологических процессов и явлений и вероятностному характеру прогнозов в значительной мере соответствуют статистические методы прогнозирования и, в частности, методы, основанные на применении теоремы Байеса. Приоритет использования этой теоремы для решения горно-геологических задач принадлежит профессору Московского горного института И.Л. Черняку (Заславский Ю.З., Зорин А. Н., Черняк И. Л. Расчеты параметров крепи глубоких шахт. Киев, "Техника", 1972).В Донбасской научно-исследовательской лаборатории теорема Байеса использована для распознавания различных по степени устойчивости ложных, непосредственных и основных кровель, а также непосредственных почв угольных пластов [x] применительно к прогнозированию горно-геологических процессов в

x) Здесь и далее понятия "ложная кровля", "непосредственная кровля", "основная кровля", "непосредственная почва" употребляются в соответствии с терминологией, рекомендованной Институтом горного дела им. А.А.Скочинского. (Горное дело. Терминологический словарь. М., "Недра", 1965).

будущих очистных выработках. Новизна разработанной, апробированной и рекомендованной для промышленного внедрения методики, отличающая ее от ранее применявшихся вариантов, заключается в использовании не упрощенного, а полного варианта формулы Байеса, в непосредственной оценке показателей распределения признаков по результатам массовых натурных наблюдений, учете механического и физико-химического взаимодействия элементов углевмещающих породных комплексов, в ряде случаев значительно влияющего на их поведение в подземных выработках. В последнем случае осуществляется системный подход к прогнозной оценке углевмещающих породных комплексов. Кроме того, обоснована возможность и целесообразность использования при прогнозировании некоторых новых геологических факторов и, в частности, показателей сернистости углей, влияющих на интенсивность пучения подстилающих их пород, а также положения участков угледобычи в складчатой структуре угленосных массивов.

Применение вероятностно-статистического метода в предлагаемом варианте позволяет получать более надежные прогностические выводы, чем при использовании целого ряда ранее существовавших методов. Как показала проверка результатов прогнозирования на контрольных выборках, наиболее интересующие геологов и горняков-проектировщиков неподхватываемые ложные, неустойчивые непосредственные, труднообрушающиеся основные кровли и сильно пучащие непосредственные почвы правильно распознаются по формуле Байеса в 75–100% случаев.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА

Влияние геологических факторов на поведение углевмещающих пород в очистных забоях

Предлагаемый метод основан на использовании закономерностей, отражающих зависимость устойчивости боковых пород от различных геологических факторов. Результаты натурных наблюдений на 485 шахтах Донбасса позволяют вкратце сформулировать эти закономерности следующим образом.

1. Обрушаемость ложных кровель проявляет общую тенденцию к усилению при переходе от морских к континентальным

фациям. Наименьшей обрушаемостью характеризуются ложные, непосредственные и основные кровли, представленные опесчаненными и песчаными русловыми и морскими глинистыми литофациями.

2. Отчетливое повышение устойчивости и снижение интенсивности пучения почвы при переходе от аргиллитов к алевролитам и далее – к известнякам и песчаникам.

3. Общее повышение устойчивости пород и снижение интенсивности их пучения по мере увеличения степени постдиагенетического преобразования.

4. Усиление интенсивности пучения почвы при повышении содержания серы в углях.

5. Закономерное снижение обрушаемости кровель и интенсивности пучения почвы по мере повышения механической прочности пород.

6. Общая тенденция к снижению обрушаемости кровель и пучения почвы при повышении мощности слоев углевмещающих пород.

7. Уменьшение обрушаемости основной кровли при возрастании отношения мощности непосредственной кровли к выемочной мощности угольных пластов.

8. Снижение устойчивости непосредственной кровли при увеличении выемочной мощности угольных пластов.

9. Общая тенденция к усилению обрушаемости ложных кровель и снижению интенсивности пучения по мере увеличения углов падения.

10. Отчетливое снижение устойчивости по мере увеличения частоты трещиноватости.

11. Усиление обрушаемости кровель и интенсивности пучения почвы с глубиной (ниже границы зоны выветривания).

12. Усиление обрушаемости пород и интенсивности пучения с увеличением водопритоков.

Сила связи между наиболее существенными геологическими факторами и инженерно-геологическими особенностями элементов углевмещающих пород (ложных, непосредственных, основных кровель и непосредственных почв) характеризуется коэффициентами взаимной сопряженности, приведенными в табл. 1. Коэффициенты вычислены по методу, предложенному А.А. Чупровым и подробно описанному в работе Дж.Эдни

Юла и М. Дж. Кендэла "Теория статистики". (М., Госстатиздат ЦСУ СССР, 1960). Теоретически их величина может изменяться от нуля – при полном отсутствии связи между сопоставляемыми геологическими и инженерно-геологическими характеристиками объектов – до единицы, когда определенным геологическим признакам однозначно соответствуют лишь строго определенные инженерно-геологические типы кровель и почв.

Таблица 1

Коэффициенты взаимной сопряженности степени устойчивости кровель и почв угольных пластов Донбасса с геологическими факторами

Геологические факторы	Элементы углевмещающих комплексов			
	ложная кровля	непосредственная кровля	основная кровля	непосредственная почва
Фациальная принадлежность отложений	0,07	0,21	0,21	–
Литологическая принадлежность пород	0,02	0,06	0,29	0,12
Степень постдиагенетического преобразования осадков (марка угля)	0,14	0,15	0,14	0,22
Содержание серы в углях	–	–	–	0,22
Прочность пород	0,47	0,11	0,20	0,11
Мощность слоя	0,08	0,08	0,23	0,09
Отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности угольного пласта	–	–	0,19	–
Выемочная мощность угольного пласта	–	0,07	–	–
Положение участка в складчатой структуре	0,17	0,19	0,11	0,18

Продолжение табл.1

Геологические факторы	Элементы углевмещающих комплексов			
	ложная кровля	непосредственная кровля	основная кровля	непосредственная почва
Угол падения	0,12	0,05	-	0,08
Частота трещиноватости	-	0,11	0,20	-
Глубина разработки	0,09	0,08	0,18	0,12
Обводненность пород	0,02	0,05	0,09	0,12

Как видно из таблицы, практически во всех случаях коэффициенты взаимной сопряженности имеют низкие значения. Это значит, что ни один из исследованных факторов сам по себе или совместно с небольшим числом других элементов геологического строения не предопределяет поведения пород в подземных выработках, а, следовательно, в отрыве от большинства других не может использоваться для прогнозирования устойчивости.

Сущность многофакторного вероятностно-статистического распознавания

Для одновременного учета большого числа геологических факторов, позволяющего обеспечить достаточную надежность прогнозирования, используется теорема Байеса, являющаяся одной из фундаментальных теорем теории вероятности. Теорема Байеса формулируется следующим образом. Пусть $A_1, A_2, \ldots A_j$ – попарно несовместимые события, хотя бы одно из которых обязательно наступает, а B_i – некоторые события. Тогда вероятность реализации события A_j при условии, что наступили события B_i, выражается формулой (Заславский и др., 1972):

$$P(A_j \mid B_i) = \frac{P(A_j) \prod_{i=1}^{n} P(B_i \mid A_j)}{\sum_{j=1}^{m} P(A_j) \prod_{i=1}^{n} P(B_i \mid A_j)},$$

где $P(A_j \mid B_i)$ – условная вероятность события A_j при фактическом наступлении событий B_i;

$P(B_i \mid A_j)$ – вероятность реализации события B_i при данном A_j;

$P(A_j)$ – априорная вероятность наступления события A_j.

В практических приложениях события A_j обычно именуются гипотезами. Применительно к процедуре горно-геологического прогнозирования в качестве гипотез A_j может приниматься принадлежность вскрытых бурением пород к одной из заранее выделенных групп, характеризующихся разной степенью устойчивости в подземных выработках. Можно, например, подсчитать вероятности реализации гипотезы A_1, согласно которой непосредственная кровля относится к разряду устойчивых, гипотезы A_2 (кровля средней устойчивости) либо, наконец, гипотезы A_3 (кровля неустойчивая).

В качестве оценок априорной вероятности гипотез A_1, A_2 и A_3 используются показатели, характеризующие относительную встречаемость соответствующих типов кровель. В отличие от собственно априорных такие выборочные частости названы квазиаприорными вероятностями. Значения квазиаприорных вероятностей гипотез, проверка которых составляет сущность прогнозного распознавания различных типов кровель и почв угольных пластов, приведены в приложении 1.

Значения $P(B_i \mid A_j)$ в данном случае представляют собой вероятности принадлежности параметров, характеризующих те или иные из существенных факторов, к определенным интервалам либо группам B_i при условии реализации гипотезы A_j. Интервалы и группы B_i, позволяющие описывать и различать существенные сочетания определяющих факторов,

называются признаками. Так, например, через B_1' можно обозначить разработку углей на глубинах до 100 м, через B_1'' – 101–200 м, через B_1''' – 201–300 м и т.п. Эмпирические оценки вероятностей признаков для различных инженерно-геологических типов кровель и почв угольных пластов Донбасса приведены в приложениях 2–5. Они вычислены по результатам натурных наблюдений в действующих лавах, число которых составляет немногим менее тысячи.

Символом $\prod_{i=1}^{n} P(B_i \mid A_j)$ обозначается произведение вероятностей всех учитываемых признаков при данном A_j, а символом $\sum_{j=1}^{m}$ – сумма таких произведений, умноженных на соответствующие квазиаприорные вероятности, для всех выдвигаемых гипотез A_j.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Общие положения

Предлагаемая методика разработана применительно к прогнозному распознаванию основных типов ложных, непосредственных и основных кровель, а также непосредственных почв угольных пластов Донбасса, различающихся по степени устойчивости в очистных выработках. Перечень этих типов, а также факторов, по которым наиболее целесообразно производить распознавание, приведены в табл. 2 (цифрами в скобках обозначены приложения, содержащие данные о распределении признаков).

Горно-геологические особенности выделяемых типов кровель и почв, влияющие на безопасность и производительность работы очистных забоев, характеризуются следующим образом.

Частично подхватываемой называется ложная кровля, местами поддающаяся удержанию посредством призабойной крепи. Неподхватываемая ложная кровля повсеместно обрушается одновременно с выемкой угля и не поддается удержанию даже в пределах ограниченных по площади участков.

Таблица 2

Факторы, рекомендуемые для прогнозного распознавания основных типов кровель и почв угольных пластов Донбасса

Геологические и инженерно-геологические факторы	Элементы углевмещающих комплексов			
	ложная кровля	непосредственная кровля	основная кровля	непосредственная почва
Фациальная принадлежность отложений	(2-А)	(3-А)	-	-
Литологическая принадлежность пород	-	(3-Б)	(4-А)	(5-А)
Степень постдиагенетического преобразования пород (марочный состав углей)	(2-Б)	(3-В)	(4-Б)	(5-Б)
Содержание серы в углях	-	-	-	(5-В)
Прочность пород	(2-В)	(3-Г)	(4-В)	-
Мощность слоев	(2-Г)	(3-Д)	(4-Г)	-
Отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности пласта	-	-	(4-Д)	-
Выемочная мощность пласта	-	(3-Е)	-	-
Положение участка в складчатой структуре	(2-Д)	(3-Ж)	-	-
Угол падения	(2-Е)	-	-	(5-Г)
Частота трещиноватости	-	(3-З)	(4-Е)	-
Глубина разработки	(2-Ж)	(3-И)	-	(5-Д)
Обводненность пород	-	-	-	(5-Е)
Обрушаемость основной кровли	(2-З)	(3-К)	-	(5-И)
Деформируемость непосредственной почвы	-	(3-Л)	-	-
Квазиаприорная вероятность гипотез - $P(A_j)$	(1)	-	(1)	-

К неустойчивым непосредственным кровлям относятся слои пород или слоевые пачки, допускающие лишь небольшие по площади обнажения и требующие надёжного крепления сразу же вслед за выемкой угля. Как правило, они находятся в состоянии, когда даже незначительное изменение геологических условий, снижающее их несущую способность, приводит к необходимости прекращения горных работ из-за повышенной опасности. Среднеустойчивыми именуются непосредственные кровли, допускающие обнажение на относительно большой площади, без поддержания немедленно за выемкой. Со среднеустойчивыми кровлями бывают связаны такие опасные явления как коржение и куполение пород, обыгрывание крепи и т. п. Устойчивыми считаются непосредственные кровли, допускающие значительное обнажение; существенные осложнения в процессе ведения очистных работ для них не характерны (Горное дело. Терминологический словарь, 1965).

Труднообрушающимися (тяжелыми) мы называем основные кровли с бурными осадками, создающими повышенную опасность завала лав. Среднеобрушающимися относятся основные кровли, при осадках которых происходят воздушные удары и частично нарушается крепь очистных и обслуживающих их выработок, а легкообрушающимися – кровли, первичные и вторичные осадки которых без специальных наблюдений и измерений не фиксируются либо проявляются лишь в форме звуковых эффектов, не приводя к нарушению состояния выработок и установленной в них крепи.

Плавноопускающимися являются основные кровли, сближение которых с почвой в выработанном пространстве происходит непрерывно, без существенного нарушения сплошности слоев и отчетливо выраженного периодического усиления горного давления.

Непучащими мы называем непосредственные почвы, выдавливание которых в подземные выработки не ощущается. Слабопучащими называются почвы, смещение которых на контурах выработок происходит со скоростью не более 1 см в месяц, практически не влияя на эффективность горных работ. Умеренно пу-

ч а щ и м и считаются непосредственные почвы, смещающиеся со скоростью от 1 до 5 см в месяц. Основным типом осложнений, обусловленных таким пучением, является перекос рельсовых путей. **И н т е н с и в н о п у ч а щ и м и** являются непосредственные почвы, выжимание которых происходит с вертикальной скоростью более 5 см в месяц и обычно сопровождается выводом из строя деревянной, металлической и бетонной крепи. При наличии интенсивно пучащей почвы значительно чаще, чем в других случаях, до 3–4 раз в году, требуется производить ремонт подготовительных выработок и перестилать проложенные в них рельсовые пути.

Оценка геологических факторов, используемых при прогнозировании по материалам геологоразведочных работ

Ф а ц и а л ь н а я п р и н а д л е ж н о с т ь отложений должна определяться по результатам документации керна. Для реализации рекомендуемого метода достаточно различать фации глинистых осадков материкового моря (МГ), алевритовых осадков материкового моря (МА), глинистых осадков лагун и заливов (ПГ), песчано-алевритовых осадков зоны волновой ряби заливно-лагунного побережья (ПВ), глинисто-алевритовых и песчаных осадков приморских озер (ПО), углисто-глинистых осадков заливающихся частей обводненных торфяных болот (БЗ) и песчаных русловых осадков (АР). Критерии, позволяющие выделять эти фации, подробно охарактеризованы в атласе литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донбасса (Ботвинкина Л.Н., Жемчужников Ю.А., и др. Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна. М., Изд-во АН СССР, 1956).

Фация МГ распознается главным образом по глинистому составу относящихся к ней отложений, наличию остатков морской фауны, однородности (отмученности) и горизонтальной слоистости осадочного материала. Нередко отмечается послойное обогащение пород карбонатом. Наиболее характерна для отложений, непосредственно покрывающих угольные пласты.

Фация МА отличается от предыдущей лишь преимущественным развитием в породах терригенных частиц алевритовой размерности (более 0,005 мм), что обычно отражается на общем облике пород.

Фация ПГ различается по наличию глинистых отложений с неодинаковой степенью отсортированности, неясной "скрытогоризонтальной" или слегка волнистой слоистости, наличию остатков растительного детрита и фауны, характерной для опресненных вод (остракоды и др.). Соответствующие ей отложения обычно залегают непосредственно над угольными пластами.

Фация ПВ бывает представлена алевролитами и мелкозернистыми песчаниками со средней и непостоянной отсортированностью, неоднородностью гранулометрического состава, прерывистой мелковолнистой, мелкой косоволнистой и линзовидной слоистостью; принадлежащие к ней отложения обычно залегают на более тонкозернистых осадках фации ПГ.

Фация ПО выделяется по наличию аргиллитов, алевролитов и мелкозернистых, редко – среднезернистых песчаников с горизонтальной слоистостью, плитчатым расколом, обильными, расположенными по наслоению, растительными остатками, а также по малой (не более 1–2 м) мощности слоев. Характерным является залегание этой фации под болотными осадками почвы угольных пластов, частое чередование с отложениями фации ПВ, а нередко – залегание непосредственно над углем.

Фация БЗ различается по наличию углистых и углисто-листоватых аргиллитов с незначительной примесью мелкоалевритового материала, равномерно или послойно распределенного в породе. Текстура – тонкогоризонтально-слоистая, в большом количестве присутствует мелкая солоноватоводная фауна (антракозиды и др.), мощность слоев обычно не превышает 0,2–1,0 м.

Фация АР характеризуется разнозернистыми песчаниками, гравелитами, иногда – конгломератами, средне- и плохоотсортированными, с угловато-окатанными зернами, отчетливо слоистой текстурой, хорошо выраженной крупной косой однонаправленной слоистостью. Мощность слоев обычно не превышает 15–20 м, залегают они в междупластьях, лишь иногда

непосредственно соприкасаясь с кровлей и почвой угольных пластов.

Литологическая принадлежность пород определяется по керну разведочных скважин путем его макроскопического изучения и сопоставления с образцами эталонной коллекции.

Степень постдиагенетического преобразования пород следует оценивать по марочному составу сопутствующих им углей. Последний устанавливается соответственно данным углехимических анализов по выходу летучих или по результатам изучения отражательной способности углей и, как правило, бывает известен геологам уже на ранних стадиях разведки.

Содержание серы в углях также устанавливается по данным химического изучения керновых проб.

Прочность пород на сжатие определяется в лабораторных условиях или различными косвенными методами.

В качестве наиболее вероятной мощности ложной кровли необходимо принимать расстояние между верхним контактом угольного пласта и ближайшей к нему поверхностью ослабления, связанной с наличием углистых прослойков в аргиллитах, резких стратиграфических контактов, поверхностей размыва, трещин пластовой отдельности и т. п. Мощность непосредственной кровли оценивается расстоянием от поверхности ложной кровли до нижнего контакта первого надугольного слоя относительно прочных пород (песчаников или известняков) с мощностью более 0,7 м. При значительной удаленности таких пород от разрабатываемого пласта в качестве вероятной мощности непосредственной кровли должна приниматься пятикратная выемочная мощность разведуемого пласта (совместно с ложной кровлей).

Отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности угольного пласта при определении типа основной кровли следует приближенно оценивать частным от деления расчетной мощности непосредственной кровли на нормальную мощность угольного пласта.

Мощность основной кровли оценивается толщиной слоя пород, залегающего над непосредственной кровлей.

Мощность непосредственной почвы – толщина слоя механически слабых пород, залегающих в промежутке между разведуемым пластом и нижележащим, ближайшим к нему слоем относительно прочных песчаников или известняков.

Положение разведуемого участка в складчатой структуре описывается его принадлежностью к нижним, средним либо верхним частям крыльев синклиналей и антиклиналей. Полный профиль соответствующих складок отстраивается путем простейшей графической реконструкции размытых частей разреза продуктивной толщи на геологическом разрезе.

Углы падения угольных пластов и вмещающих их пород так же, как и в предыдущем случае, следует определять по результатам графических построений - геологическим разрезам.

Частота трещиноватости "n" оценивается по формуле:

$$n = \frac{1}{h \cdot \sin \alpha},$$

где α - угол между направлением трещин данной системы и осью скважины, по керну которой они фиксируются;

h - среднее расстояние между соседними трещинами наиболее интенсивно развитой системы по той же скважине.

Обводненность пород оценивается по значениям расчетных водопритоков в выработки по данным гидрогеологических исследований.

Геологический смысл и способы выражения других существенных геологических факторов в специальном пояснении не нуждаются.

Предлагаемая методика предусматривает дифференцированную оценку устойчивости отдельных слоев и слоевых пачек углевмещающих пород в следующей последовательности:

а) основная кровля,
б) непосредственная почва,
в) ложная кровля,
г) непосредственная кровля.

При ручном варианте расчета необходимо заранее подготавливать специальные таблицы, одна из которых (табл. 3) приводится здесь в качестве примера. В первый столбец расчетной таблицы заносятся все возможные типы прогнозируемых кровель и почв, например, устойчивая, среднеустойчивая и неустойчивая непосредственная кровли. В столбец 2 записываются квазиаприорные вероятности этих типов из прило-

Таблица 3

Вычисление вероятности гипотез о принадлежности непосредственной кровли к различным типам по устойчивости

Возможные типы непосредственной кровли – A_j	Квазиаприорные вероятности гипотез $P(A_j)$ [x]	Вероятности признаков											$P(A_j)\prod_{i=1}^{n} P(B_i \mid A_j)$	$P(A_j \mid B_i)$
		Фациальная принадлежность	Литологическая принадлежность	Степень постдиагенетических преобразований	Прочность	Мощность слоев	Выемочная мощность пласта	Частота трещиноватости	Глубина	Обрушаемость основной кровли	Деформируемость непосредственной кровли			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14
Устойчивая A_1	0,075	0,500	0,258	0,516	0,400	0,115	0,016	0,500	0,175	0,436	0,813		$0,115 \times 10^{-6}$	0,101
Средней устойчивости A_2	0, 458	0,719	0,211	0,419	0,364	0,083	0,049	0,476	0,158	0,336	0,711		$0,832 \times 10^{-6}$	0,731
Неустойчивая A_3	0,469	0,560	0,165	0,228	0,289	0,100	0,072	0,420	0,142	0,289	0,519		$0,191 \times 10^{-6}$	0,168
				ИТОГО:				$\sum_{j=1}^{m} \prod_{i=1}^{n} P(A_j)\, P(B_i \mid A_j)$					$1,138 \times 10^{-6}$	

[x] В данном случае $P(A_j)$ учитывается лишь для большей наглядности примера, т. к. установлено, что использование значений квазиаприорных вероятностей при распознавании типов непосредственных кровель достоверности прогнозирования не повышает.

жения 1. В последующие вертикальные столбцы заносятся вероятности геологических и прочих признаков, относящихся к факторам, приведенным в табл.2. Значения этих вероятностей берутся из приложений 2–5. Заметим, что табл. 3 заполнена применительно к следующему комплексу геологических данных, характеризующих оцениваемую непосредственную кровлю, сложенную алевролитами фации ПГ в зоне развития антрацитов: прочность при сжатии – 524 кг/см^2, мощность – 8,1 м, выемочная мощность пласта – 1,7 м, частота трещиноватости – 2 ^{1}/м, глубина залегания – 439 м. Допустим также, что предварительно проведенная оценка основной кровли позволила отнести ее к группе среднеобрушающихся, а непосредственная почва оценена как непучащая.

При отсутствии или недостаточной надежности определения какого-либо из факторов (например, фациальной принадлежности пород, частоты трещиноватости и т. п.) соответствующие столбцы не заполняются (ставится знак прочерка).

После занесения в расчетные таблицы исходных данных (в примере – столбцы 1–12) вероятности построчно перемножаются, а полученные произведения записываются в предпоследний (в примере – тринадцатый) столбец. Затем эти произведения суммируются, в результате чего получается знаменатель используемой формулы Байеса. Делением на этот знаменатель каждого из частных произведений получаем вероятности реализации соответствующих типов кровель или почв (в рассматриваемом примере 0,101 – для устойчивой, 0,731 – для среднеустойчивой и 0,168 – для неустойчивой непосредственных кровель). Окончательную диагностику распознаваемого объекта необходимо производить, исходя из принципа наибольшей вероятности. Так, например, в приведенном выше случае непосредственную кровлю следует оценивать как потенциально среднеустойчивую.

Совершенно аналогичным образом производится прогнозное распознавание ложных и основных кровель, а также непосредственных почв.

Для сокращения затрат времени на расчеты по формуле Байеса необходимо переходить к вычислениям с помощью ЭВМ. В этих случаях по данным буровых работ следует составлять инженерно-геологические паспорта пластопересечений по форме, приведенной в табл. 4.

Таблица 4

Инженерно-геологический паспорт пластопересечения

(образец)

Экспедиция (партия)	Месторождение (участок)	Угольный пласт	№ скважины

Геологические и инженерно-геологические факторы	Элементы углевмещающих комплексов			
	ложная кровля	непосредственная кровля	основная кровля	непосредственная почва
1	2	3	4	5
Фациальная принадлежность отложений	ПГ	ПГ	-	-
Литологическая принадлежность пород	-	алевролит	песчаник	аргиллит
Степень постдиагенетического преобразования пород (марочный состав углей)	А	А	А	А
Содержание серы в углях (%)	-	-	-	1,2
Прочность пород при сжатии ($кг/см^2$)	283	524	1650	-
Мощность слоев (м)	0,75	8,1	10,9	-
Отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности	-	-	4,8	-
Выемочная мощность пласта (м)	-	1,7	-	-
Положение участка в складчатой структуре	верхняя часть крыла	верхняя часть крыла	-	-

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
Угол падения (град.)	18	-	-	18
Частота трещиноватости ($^1/_м$)	-	2,0	0,5	-
Глубина разработки (м)	439	439	-	439
Обводненность пород ($м^3$/час)	-	-	-	0

Паспорта передаются в вычислительный центр, где они обрабатываются по стандартной или специально составленной программе.

Обобщение результатов прогнозирования

Результаты распознавания наиболее вероятных типов кровель и почв по отдельным скважинам следует обобщать посредством составления прогнозных карт устойчивости, оконтуривая на них микрорайоны, характеризующиеся преобладанием тех или иных инженерно-геологических типов ложных, непосредственных, основных кровель и непосредственных почв.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Квазиаприорные вероятности о принадлежности кровель и почв угольных пластов Донбасса к различным инженерно-геологическим типам – $P(\Lambda_j)$

Гипотезы	Квазиаприорные вероятности
I. Ложная кровля	
а) не образуется	0,398
б) частично подхватывается	0,231
в) не подхватывается	0,371
II. Непосредственная кровля	
а) устойчивая	0,075
б) средней устойчивости	0,456
в) неустойчивая	0,469
III. Основная кровля	
а) труднообрушающаяся	0,090
б) среднеобрушающаяся	0,325
в) легкообрушающаяся	0,525
г) плавноопускающаяся	0,060
IУ. Непосредственная почва	
а) непучащая	0,457
б) слабо пучащая	0,206
в) умеренно пучащая	0,262
г) интенсивно пучащая	0,075

Приложение 2

Вероятности геологических и прочих признаков, используемых для прогнозирования обрушаемости ложной кровли

Геологические факторы и признаки	Степень обрушаемости ложной кровли		
	ложная кровля не образуется	частично подхватывается	не подхватывается
1	2	3	4
А. Фациальная принадлежность пород			
фация МГ	0,177	0,135	0,118
фация ПГ	0,691	0,702	0,699
фация ПВ	0,071	0,059	0,075
фация ПО	0,010	0,015	0,030
фация БЗ	0,051	0,089	0,078
Б. Степень постдиагенетического преобразования пород (марочный состав углей)			
Д + Г	0,234	0,313	0,308
Ж + К	0,352	0,051	0,245
ОС + Т	0,195	0,102	0,133
ПА + А	0,219	0,534	0,314
В. Прочность пород при сжатии, кг/см^2			
менее 200	0	0	0,236
201 - 600	0,325	0,833	0,709
601 - 800	0,225	0,167	0,036
более 800	0,450	0	0,019

1	2	3	4
Г. Мощность ложной кровли, м			
менее 0,2	0,217	0,300	0,339
0,2 - 0,4	0,495	0,380	0,371
0,4 - 0,6	0,217	0,240	0,226
более 0,6	0,071	0,080	0,064
Д. Положение в складчатой структуре (части крыльев складок)			
нижние	0,158	0,100	0,273
средние	0,579	0,500	0,373
верхние	0,263	0,400	0,354
Е. Углы падения, град.			
0 - 15	0,562	0,522	0,511
16 - 25	0,201	0,304	0,219
26 - 45	0,134	0,109	0,125
более 45	0,103	0,065	0,145
Ж. Глубина разработки, м			
менее 200	0,165	0,146	0,152
201 - 400	0,523	0,521	0,449
401 - 600	0,243	0,229	0,253
более 600	0,069	0,104	0,146
З. Обрушаемость основной кровли			
Труднообрушающаяся	0,062	0,024	0,104
Легко- и среднеобрушающаяся	0,938	0,976	0,896

Приложение 3

Вероятности геологических и прочих признаков, используемых для прогнозирования устойчивости непосредственных кровель

Геологические факторы и признаки	Типы непосредственных кровель по устойчивости		
	Устойчивые	Средней устойчивости	Неустойчивые
1	2	3	4
А. Фациальная принадлежность пород			
фация МГ	0,333	0,070	0,200
фация МА	0	0,018	0,060
фация ПГ	0,500	0,719	0,560
фация ПВ	0	0,105	0,120
фация ПО	0	0,053	0,020
фация АР	0,167	0,035	0,040
Б. Литологическая принадлежность пород			
аргиллит	0,710	0,720	0,750
алевролит	0,258	0,211	0,165
аргиллит, перекрытый алевролитом	0,032	0,069	0,085
В. Степень постдиагенетического преобразования (марочный состав углей)			
Д + Г	0,193	0,257	0,291
Ж + К	0,210	0,201	0,281
ОС + Т	0,081	0,123	0,200
ПА + А	0,516	0,419	0,228

1	2	3	4
Г. Прочность пород при сжатии, кг/см^2			
менее 200	0	0,011	0,050
201 - 400	0,550	0,596	0,640
401 - 600	0,400	0,354	0,289
более 600	0,050	0,039	0,021
Д. Мощность непосредственной кровли, м			
менее 2,0	0,246	0,178	0,195
2,1 - 4,0	0,197	0,230	0,240
4,1 - 6,0	0,164	0,256	0,170
6,1 - 8,0	0,213	0,134	0,135
8,1 - 10,0	0,115	0,093	0,100
более 10,0	0,065	0,109	0,160
Е. Выемочная мощность пласта, м			
менее 0,60	0,031	0,093	0,128
0,61 - 0,80	0,391	0,290	0,225
0,81 - 1,00	0,172	0,257	0,278
1,01 - 1,20	0,203	0,175	0,162
1,21 - 1,40	0,156	0,098	0,095
1,41 - 1,60	0,031	0,038	0,040
более 1,60	0,016	0,049	0,072
Ж. Положение в складчатой структуре (части крыльев складок)			
нижние	0,100	0,075	0,172
средние	0,800	0,750	0,598
верхние	0,100	0,175	0,230

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
3. Частота трещиноватости, $^1/_м$			
менее 1	0,196	0,114	0,115
1 - 2	0,500	0,476	0,420
2 - 3	0,282	0,255	0,245
3 - 10	0,022	0,155	0,185
более 10	0	0	0,035
И. Глубина разработки, м			
менее 100	0	0,030	0,018
101 - 200	0,140	0,172	0,193
201 - 300	0,281	0,294	0,220
301 - 400	0,246	0,178	0,245
401 - 500	0,175	0,156	0,142
501 - 600	0,070	0,081	0,100
601 - 700	0,070	0,053	0,034
более 700	0,018	0,036	0,048
К. Обрушаемость основной кровли			
труднообрушающаяся	0,062	0,083	0,061
среднеобрушающаяся	0,438	0,336	0,299
легкообрушающаяся	0,500	0,536	0,586
плавноопускающаяся	0	0,045	0,054
Л. Типы непосредственной почвы по интенсивности пучения			
непучащая и слабо пучащая	0,813	0,711	0,519
умеренно и интенсивно пучащая	0,187	0,289	0,481

Приложение 4

Вероятности геологических и прочих признаков, используемых для прогнозирования обрушаемости основных кровель

Геологические факторы и признаки	Типы основных кровель по обрушаемости			
	трудно-обрушающиеся	средне-обрушающиеся	легко-обрушающиеся	плавно-опускающиеся
1	2	3	4	5
А. Литологическая принадлежность пород				
аргиллит	0,066	0,127	0,310	0,117
алевролит	0,198	0,203	0,291	0,100
песчаник	0,593	0,576	0,318	0,217
известняк	0,143	0,094	0,081	0,566
Б. Степень постдиагенетического преобразования (марочный состав углей)				
Д + Г	0,088	0,272	0,337	0,400
Ж + К	0,143	0,194	0,203	0,350
ОС + Т	0,132	0,164	0,158	0,183
ПА + А	0,637	0,370	0,302	0,067
В. Прочность пород при сжатии, кг/см^2				
менее 400	0,024	0,073	0,239	0,032
401 - 600	0,176	0,255	0,324	0,111
601 - 800	0,200	0,256	0,236	0,206
801 - 1000	0,318	0,252	0,154	0,428
1001-1200	0,141	0,071	0,024	0,112
более 1200	0,141	0,003	0,023	0,111

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5
Г. Мощность основной кровли, м				
менее 2,0	0,065	0,104	0,324	0,213
2,1 - 4,0	0,054	0,117	0,151	0,394
4,1 - 6,0	0,120	0,104	0,148	0,115
6,1 - 8,0	0,087	0,104	0,082	0,049
8,1 - 10,0	0,065	0,099	0,082	0.065
10,1 - 12,0	0,044	0,080	0,042	0,016
12,1 - 14,0	0,087	0,045	0,036	0,016
14,1 - 16,0	0,108	0,063	0,036	0,033
16,1 - 18,0	0,054	0,042	0,025	0,033
18,1 - 20,0	0,044	0,072	0,012	0,033
20,1 - 22,0	0,044	0,021	0,012	0
22,1 - 24,0	0,098	0,021	0,009	0
более 24,0	0,130	0,128	0,041	0,033
Д. Отношение мощности непосредственной кровли к выемочной мощности пласта				
менее 2,0	0,489	0,438	0,180	0,656
2,1 - 4,0	0,185	0,188	0,167	0,082
4,1 - 6,0	0,152	0,158	0,169	0,049
6,1 - 8,0	0,076	0,072	0,130	0,016
8,1 - 10,0	0,033	0,054	0,107	0,049
более 10,0	0,065	0,090	0,247	0,148
Е. Частота трещиноватости, ^{1}/м				
менее 0,5	0,381	0,080	0,029	0,189
0,5 - 1,0	0,413	0,482	0,455	0,352
1,1 - 2,0	0,142	0,312	0,324	0,243
2,1 - 4,0	0,032	0,072	0,092	0,108
4,1 - 10,0	0,032	0,054	0,088	0,108
более 10,0	0	0	0,012	0

Вероятности геологических и прочих признаков, используемых для прогнозирования пучения непосредственной почвы

Геологические факторы и признаки	Типы почв по интенсивности пучения			
	непучащие	слабопучащие	умеренно пучащие	интенсивно пучащие
1	2	3	4	5
А. Литологическая принадлежность пород				
аргиллит	0,388	0,466	0,546	0,634
алевролит	0,491	0,485	0,401	0,355
песчаник	0,121	0,049	0,053	0,011
Б. Степень постдиагенетического преобразования (марочный состав углей)				
Д + Г	0,105	0,249	0,385	0,455
Ж + К	0,245	0,336	0,355	0,261
ОС + Т	0,229	0,144	0,138	0,136
ПА + А	0,421	0,271	0,122	0,148
В. Содержание серы в углях, %				
0 - 1,5	0,453	0,449	0,091	0,178
1,6 - 2,5	0,190	0,241	0,182	0,178
2,6 - 4,0	0,143	0,069	0,485	0,311
более 4,0	0,214	0,241	0,242	0,333
Г. Углы падения, град.				
0 - 15	0,461	0,530	0,568	0,472
16 - 25	0,186	0,162	0,161	0,236

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5
26 - 35	0,063	0,091	0,069	0,123
36 - 45	0,040	0,055	0,038	0,045
более 45	0,250	0,162	0,164	0,124
Д. Глубина разработки, м				
менее 100	0,040	0,013	0,013	0,011
101 - 200	0,238	0,109	0,138	0,122
201 - 300	0,259	0,239	0,184	0,154
301 - 400	0,142	0,230	0,243	0,197
401 - 500	0,111	0,200	0,147	0,164
501 - 600	0,069	0,048	0,128	0,154
601 - 700	0,050	0,087	0,075	0,088
более 700	0,091	0,074	0,072	0,110
Е. Обводненность пород, $м^3$/час				
0	0,604	0,480	0,561	0,378
0,1 - 1,0	0,236	0,227	0,179	0,354
1,1 - 5,0	0,109	0,227	0,141	0,232
более 5,0	0,051	0,066	0,119	0,036
Ж. Обрушаемость основной кровли				
труднообрушающаяся	0,094	0,060	0,041	0,094
среднеобрушающаяся	0,334	0,323	0,322	0,313
легкообрушающаяся	0,508	0,550	0,628	0,547
плавноопускающаяся	0,064	0,067	0,009	0,046

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

В в е д е н и е 3

Теоретические основы метода 4

Методика прогнозирования 9

П р и л о ж е н и я 21

ВРЕМЕННОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТКАХ ДОНБАССА ПО ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

Редактор Т. Кохановская

Ответственный за выпуск М. Зубавленко

ПК 05950 Объем 1,5 п. л. Тираж 500 Цена 15 коп.

gost.e-ecolog.ru

Отпечатано в ДонбассНИЛ Заказ 280-74 27.6.74г.