

УДК 622.142.5:622.864

Т. Б. Рогова

## РОЛЬ ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДОСТОВЕРНОСТИ ЗАПАСОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ

В отличие от других секторов топливно-энергетического комплекса добыча угля в условиях подземной горной среды пока невозможна без присутствия людей, что требует постоянного внимания к вопросам обеспечения промышленной безопасности горных работ.

Основными причинами аварий с катастрофическими последствиями на угольных шахтах являются причины, обусловленные «человеческим» фактором [1], и несоответствие заложенных в проектах технических решений реальным горно-геологическим условиям (рис. 1). По мере реализации мероприятий по снижению влияния «человеческого» фактора аварийности, доля влияния горно-геологического фактора будет, несомненно, возрастать [2], что предполагает ужесточение требований к достоверности геологической информации.

Общеизвестно, что все технические и технологические проектные решения по строительству и эксплуатации шахт должны соответствовать геологическим условиям эксплуатации, установленным в ходе геологоразведочных работ и представляемых системой горно-геометрических (геологических) моделей.

Эти модели, построенные по результатам определения значений изучаемых характеристик в

геологоразведочных скважинах, обладают определенным уровнем погрешностей и могут содержать значительные ошибки. В ходе использования геологической информации ее погрешности и ошибки трансформируются в погрешности и ошибки технологических, инвестиционных и иных решений.

Именно ошибочная или недостоверная геологоразведочная информация ведет к неверной оценке ситуаций, а, следовательно, может явиться причиной принятия неверных и промышленно опасных технических решений, а вместе с тем и аварий. Поэтому качественная оценка достоверности геологической информации становится в настоящее время одной из главных проблем обеспечения безопасности горного производства.

Долгое время при рассмотрении вопросов промышленной безопасности угольных предприятий фактор достоверности геологической информации практически не учитывался. Во многом это было связано с тем, что действующие угольные шахты были обеспечены геологической информацией, сформированной в советской период по достаточно высоким требованиям к ее качеству.

В настоящее время ситуация коренным образом изменилась [2]:

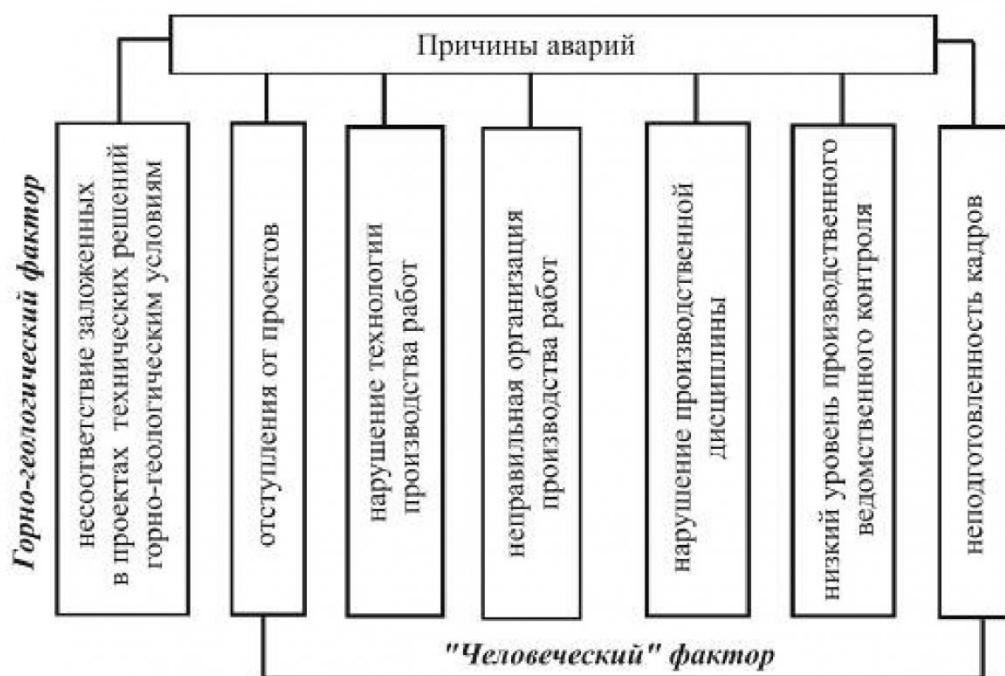


Рис. 1. Причины аварий на угольных шахтах с катастрофическими последствиями

- снизился уровень разведанности запасов, передаваемых в промышленное освоение;
- происходит переход горных работ на отработку нижних слабо разведанных горизонтов;
- резко повысилась стоимость геологоразведочных работ, что подталкивает собственников к сокращению их объемов, в качестве разведочных все чаще используются вскрывающие и подготовительные выработки, проходимые «вслепую», что несет в себе огромную потенциальную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций;
- существенно снизилась «геологическая информативность» горных работ, вызванная значительным увеличением параметров систем отработки.

Таким образом, в настоящее время наметились явные объективные предпосылки к возникновению совершенно новой проблемы обеспечения промышленной безопасности – недостаточного уровня достоверности геологической информации, используемой при проектировании и планировании горных работ.

Изменение складывающейся ситуации возможно только на основе решения задачи по определению необходимой и достаточной точности геологического изучения представляемых для эксплуатации недр. Основу такого решения составляют количественные методы оценки достоверности геологоразведочной информации. Действующая в России с 2008 года новая «Классификация запасов и природных ресурсов твердых полезных ископаемых» предусматривает обязательное использование при категоризации запасов количественных методов оценки их достоверности. Для условий угольных месторождений такие методы разработаны [3] и рекомендованы к применению решением экспертно-технического совета «Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых» (ФГУ «ГКЗ»).

Уровень достоверности горно-геологической информации определяется интересами горного бизнеса и государства, при этом помимо экономической эффективности должны быть учтены два

основных направления недропользования: обеспечение безопасности горных работ и полноты использования недр. Безопасность горных работ имеет, естественно, приоритетное значение.

Задача установления необходимой и достаточной точности горно-геологической информации наиболее эффективно может быть решена в рамках ранее предложенного горно-геометрического мониторинга достоверности запасов [4], за счет расширения его функций в направлении дополнительного учета геологических факторов, определяющих безопасность ведения горных работ (рис. 2).

Информационной основой такого мониторинга являются данные, полученные на уже освоенной части месторождения. Для этого производится количественная оценка достоверности запасов с использованием только геологоразведочных данных, а затем оценка достоверности этих же данных, но на основе их сопоставления с параметрами, полученными в процессе ведения горных работ.

В результате выявляются закономерности, позволяющие адаптировать технологию оценки достоверности разведемых параметров, используемых при выполнении прогнозов опасных явлений (формы, условий залегания и качественных свойств угольных пластов и вмещающих их пород), к реальным горно-геологическим условиям.

С позиции безопасности очень важен анализ результатов сопоставления горных и разведочных работ, позволяющий выявить приемлемый для объекта уровень погрешностей геологической информации, т. е. учесть особенности принятой технологии безопасного ведения горных работ.

При производстве оценки точности модели показателя пласта важно иметь возможность рассчитывать ожидаемые расхождения между фактическими и прогнозируемыми (на основе геологоразведочных материалов) его значениями в произвольных точках замера показателя.

В этих целях можно применить подход, осно-



Рис. 2. Цели и задачи мониторинга достоверности запасов

ванный на анализе законов распределения отношений  $t$ , связывающих фактические погрешности модели показателя ( $R_p$ ) и значения количественного критерия разведанности ( $\Delta$ ) [3]:  $R_p = t \cdot \Delta$ .

Для этого в каждом оценочном блоке отработанного участка пласта рассчитываются критерий разведанности ( $\Delta$ ) и величина фактической погрешности показателя, в качестве которой принимается среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) данных разведочных и горных работ по точкам его замера в оценочном блоке. По результатам сравнения строится расчетная таблица.

что является абсолютно необходимым, особенно в целях прогноза возможных нештатных и чрезвычайных ситуаций.

Практическое применение рассмотренных подходов к оценке точности планов изогипс и мощностей угля указывает на их высокую эффективность. Например, оценка материалов участка пласта XXI поля шахты «Березовская» показала, что ожидаемая погрешность определения отметок по гипсометрическому плану составляет 2,7 м, а мощности пласта по плану изомощностей – 26 см, по данным отработки фактические погрешности

Установление зависимости коэффициента  $t$  от вероятности  $P$

Критерий разведанности $\Delta$	фактическая $\sigma$	Погрешность				
		расчетная $R_p$ при $t$ :				
		0,5	0,6	...	1,9	2,0
0,23	0,29	0,125	0,138	...	0,434	0,460
0,09	0,27	0,045	0,054	...	0,171	0,180
...	...	...	...	...	...	...
0,08	0,33	0,040	0,048	...	0,152	0,160
Эмпирическая вероятность $P(\sigma \leq R_p)$	0,08	0,21	...	0,75	0,76	

В последней строке таблицы для каждого  $t$  определяется эмпирическая вероятность того, что расчетная погрешность не превысит фактическую (как отношение числа погрешностей, превышающих фактическую, к их общему числу).

На основе этих данных строится график (рис. 3) зависимости указанной вероятности от коэффициента  $t$ , с помощью которого по заданному уровню вероятности (обычно  $P=0,67$ ) устанавливается искомое значение величины  $t$  (1,43 на рис. 3). В процессе ведения мониторинга достоверности запасов коэффициент  $t$  постоянно уточняется,

составили, соответственно, – 2,5 м и 18 см.

По результатам мониторинга должен быть установлен уровень погрешности геологической информации, при котором на предприятии не наблюдалось аварийных и предаварийных ситуаций. В дальнейшем адаптированная технология оценки применяется к неотработанной части запасов, в результате чего технические службы шахт получают возможность принять своевременные решения по выполнению дополнительных геологоразведочных работ.

В целом, результаты количественной оценки и горно-геологического мониторинга достоверно-

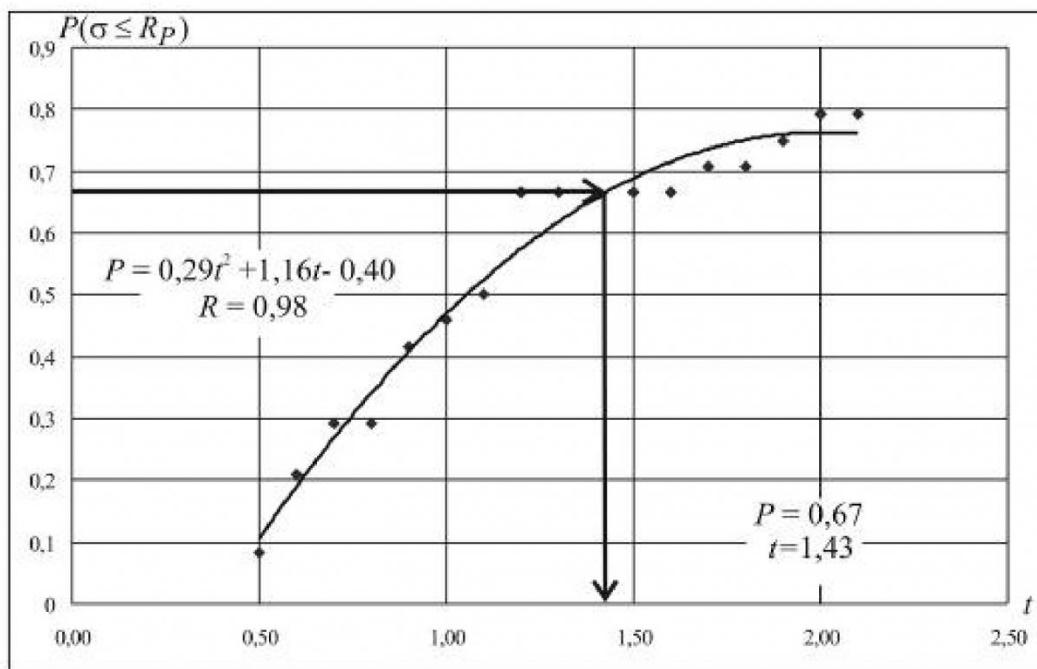


Рис. 3. Экспериментальная зависимость значения коэффициента  $t$  от вероятности  $P$

сти запасов позволяют повысить уровень безопасности ведения горных работ по геологическому

фактору неопределенности информации о состоянии недр.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников Е. Л. Проблемы безопасности шахтерского труда: причины и направления решений / Е. Л. Резников // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы VIII-й Междунар. науч.-практич. конф., 19–20 октября 2009. – Кемерово: КузГТУ, 2009. – С. 10–15.
2. Росстальной Е. Б. Роль геологического фактора в обеспечении промышленной безопасности / Е. Б. Росстальной, С. В. Шакlein, Т. Б. Рогова // Недропользование XXI век. 2007. – № 2. – С.64-68.
3. Шакlein С. В. Методы оценки достоверности разведанных запасов участков угольных месторождений / С. В. Шакlein, Т. Б. Рогова // Недропользование XXI век. – 2007. – № 6. – С. 25–26.
4. Шакlein С. В. Мониторинг достоверности запасов и его использование для оценки сырьевой базы угольных компаний / С. В. Шакlein, Т. Б. Рогова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2009. – № 4. – С. 35–38.

Автор статьи:

Рогова  
Тамара Борисовна  
- канд.техн.наук, доц. каф. маркшейдерского дела, кадастра и геодезии  
КузГТУ  
Email.: Rogtb@mail.ru

**УДК 622:232.75**

**В. И. Храмцов, А. В. Ремезов, К. А. Бубнов, А. В. Бедарев**

## АНАЛИЗ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МОЩНОСТЬЮ ОТ 0,71 ДО 1,7 М НА ШАХТАХ «ЧЕРТИНСКАЯ-ЮЖНАЯ» И «АБАШЕВСКАЯ»

### Анализ работы очистного забоя №605 пл. 6 ООО «Шахты «Чертинская-Южная» Геологическая характеристика пласта 6

Угольный пласт 6 - стратиграфически верхний пласт Чертинского месторождения, который объединяет нижележащую от пласта 5 группу пластов от 6 до 12. Выше в 14 - 18 м. залегает ранее отработанный, пласт 5.

Строение пласта сложное, состоит из двух-трех угольных пачек, разделенных прослойями алевролита

ходах увеличивается до 20-40° и более. В пределах шахтного поля присутствует участок забалансовых запасов по мощности менее 0,7м.

При ведении очистных работ (комплекс КД-80) в юго-западном крыле шахтного поля в направлении на северо-восток (аз. пад. забоя 60°) непосредственная кровля зачастую вела себя как «ложная», присутствовали многочисленные купола и заколы.

Оптимальная длина очистного забоя при струговой выемке угля составляет от 200м до 300м, этот

Таблица 1. Результаты работы очистного забоя № 605 за 2007-2008 гг.

	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Добыча, тыс. т	32	50,2	60,8	70	56,5	51,7	64,1
Среднесуточная максимальная добыча, т./сут	2390	3010	3300	4100	2800	2900	3080

мощностью 0,01-0,14м., увеличивается в направлении на юго-запад. Мощность пласта 0,71-1,25м. колебания в пределах выемочного столба  $\pm$  10-30% при средней 1,0 м.

Коэффициент крепости угля по проф. Протодьяконову - 1,4, сопротивление резанию 237 - 241 кгс/см.

Гипсометрия пласта слабоволнистая, угол падения в зоне планируемых горных работ 0 - 13 °, на вы-

параметр в значительной степени зависит от значения сопротивления угля резанию и наличием твердых включений в угольном пласте, для условий ООО «Шахта «Чертинская-Южная» это значение составляет- 237-241кгс/см., а оптимальная длина очистного забоя составляет - 252м.

Подбор сечения и расположения штреков относительно пласта зависит от конструктивных особенно-