

УДК 622.142.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ОТ КОЛИЧЕСТВА ПОДСЕЧЕНИЙ В ПОДСЧЕТНОМ БЛОКЕ

Кряжевских А.Е., студент ГМс-171, V курс

Научный руководитель: Т.Б. Рогова, д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

**Введение.** Важнейшей характеристикой запасов твердых полезных ископаемых является их достоверность, оценка которой является одной из наиболее значимых задач теории и практики геологоразведочных работ. Результаты ее решения используются при:

- дифференциации запасов по степени геологической изученности;
- выполнении стоимостной оценки объектов горного бизнеса;
- определении необходимых параметров разведочной сети;
- определении подготовленности месторождения к промышленному освоению, т.е. при оценке правомерности выполнения работ по проектированию нового и планированию развития горных работ на уже действующем горном предприятии.

Сложность оценки достоверности запасов постоянно увеличивается в связи с вынужденным вовлечением в отработку все более сложных по геологической структуре месторождений, что снижает эффективность традиционно применяемых для ее оценки интуитивных неформализованных экспертных подходов. В связи с этим использование количественных методов стало общемировым трендом. Первой в мире национальной государственной системой оценки запасов, признавшей это обстоятельство, стала российская система классификации запасов. Пункт 16 утвержденной приказом Минприроды России от 11 декабря 2006 г. № 278 Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых [1] прямо указывает, что «при квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя должны использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров».

Однако указанная Классификация не определяет принципиальный подход, который должен быть положен в основу количественных критериев оценки достоверности запасов.

В отечественной и иностранной литературе обсуждаются два существенно различных подхода к оценке разведенности геологических особенностей объекта.

В рамках первого подхода в качестве критерия используется погрешность (точность) оценки количества запасов, выражаемая в относительной мере (в процентах от их количества); в рамках второго – погрешность в определении пространственного положения тела полезного ископаемого и геометрических закономерностей изменения его свойств в недрах (погрешность геометризации). Без решения этой дилеммы невозможно сформировать рациональные методы количественной оценки достоверности запасов.

**Принципы подсчета и оценки запасов.** Подсчет и учет геологических запасов производится в недрах по единицам учета по подсчетным геологическим блокам, характеризующимся однородными качеством и условиями залегания полезного ископаемого, отвечающим установленным параметрам кондиций. Применительно к угольным месторождениям подсчетные блоки должны характеризоваться [2]:

- близкой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество угля;
- однородностью геологического строения, незначительной (не влияющей на технологию и эффективность горных работ) изменчивостью мощности, внутреннего строения пластов, их состава и состояния, основных показателей качества и технологических свойств угля;
- выдержанностью элементов залегания пластов, приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку);
- выдержанностью горно-геологических условий ведения горных работ;
- общностью горнотехнических условий разработки.

При этом количество запасов в пределах каждого блока может определяться с помощью различных способов. В практике разведки угольных месторождений наиболее распространены два традиционных способа: способ среднего арифметического, а в условиях очень сложных месторождений – способ вертикальных разрезов [2].

Сущность способа среднего арифметического состоит в том, что сложное тело полезного ископаемого, ограниченное в пределах рассматриваемого геологического блока снизу и сверху геометрически неправильными поверхностями топографического порядка, трансформируется в равновеликую по объему «пластины», площадь которой равна площади подсчетного контура пласта, угол наклона – среднему углу падения пласта, а толщина соответствует средней нормальной мощности пласта.

Главным условием правильности выполнения подсчета запасов методом геологических блоков, как подчеркивают авторы [2, 3], является корректное выделение их границ. Построение границ блоков осуществляется путем последовательного разделения подсчетного контура на однородные по приведенным характеристикам участки.

На первом этапе работы осуществляется выделение близких по степени разведенности участков пласта.

На втором этапе, в пределах равно-достоверных контуров пласт последовательно разделяется на более мелкие участки с границами, роль границ которых исполняют линии расщепления пласта, границы смены марочного состава, границы утвержденных предохранительных целиков и т.д.

На третьем этапе блокировки производится дальнейшее «дробление» блоков, при выполнении которого руководствуются требованиями к размерам блока, особыми условиями категоризации запасов и спецификой применения принятых способов подсчета [2]. При этом в качестве границ блоков дополнительно используются линии, соединяющие точки пластоподсечений. Пример выделенных границ «подсчетных блоков» на плане подсчета запасов пласта XXIV шахты «Первомайская» приведен на рис. 1.

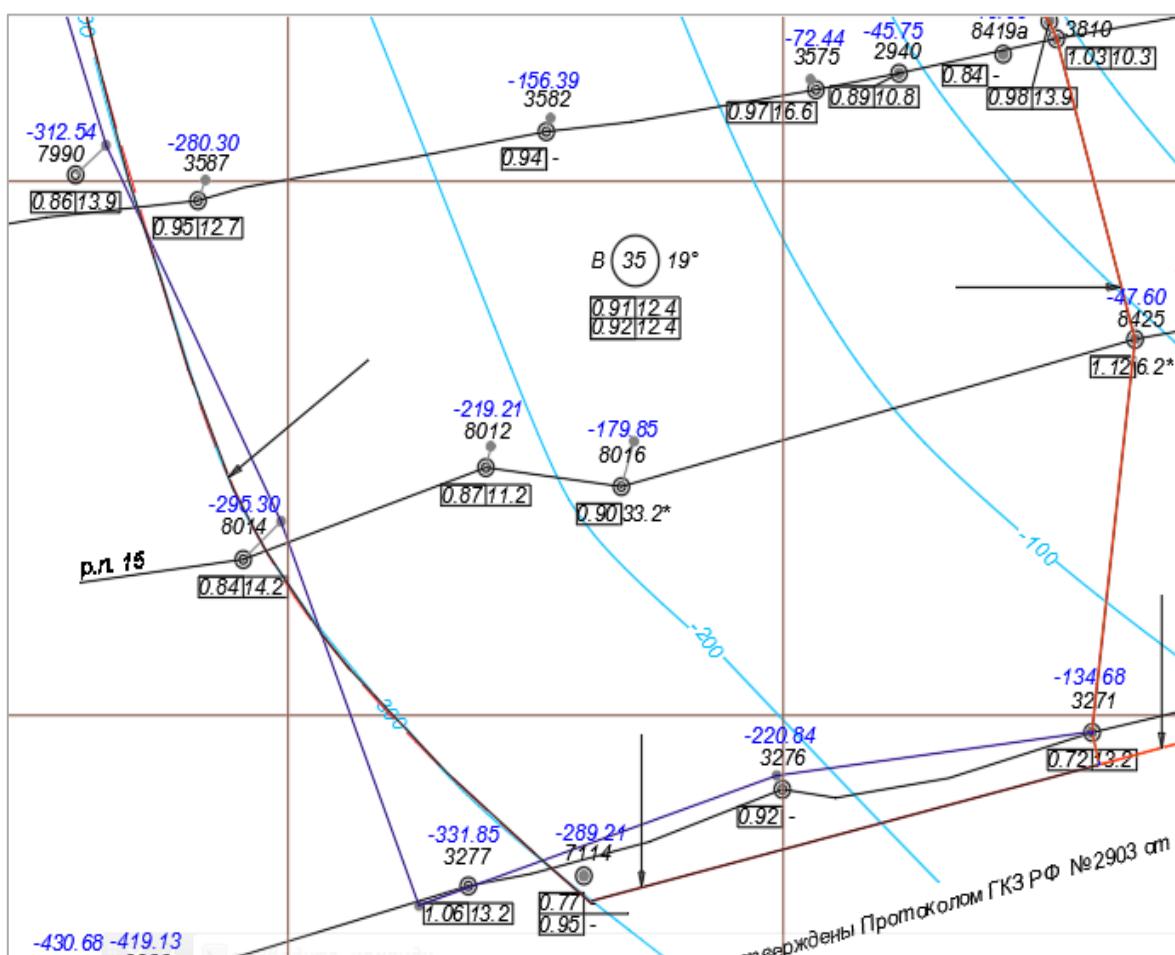


Рис. 1. Фрагмент плана подсчета запасов пласта XXIV  
шахты «Первомайская»

Достоверность запасов в пределах блока характеризуется специальной ранговой характеристикой – категорией запасов. В отечественной практике используются четыре категории: А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; в ориентированной на бизнес международной системе CRIRSCO – три категории: Оцененные (Measured), Выявленные (Indicated) и Предполагаемые (Inferred).

Поскольку подсчетный блок выделяется в пределах однородного по степени достоверности контура, то величина количественного критерия его разведенности не должна зависеть от величины блока.

Если погрешность геометризации структуры пласта и свойств угля в пределах подсчетного контура условно постоянна, т. е. соответствует требованиям одной и той же категории, то запасы расположенных в пределах этого контура подсчетных блоков также будут относиться к этой категории вне зависимости от их размеров.

В случае оценки достоверности по критерию погрешности количества запасов следует предположить возможность изменения этой погрешности по мере изменения размеров подсчетного блока (т. к. при заданной плотности разведочной сети увеличение размеров блока приведет к изменению количества расположенных в них скважин). Однако значимость изменения этой погрешности неизвестна, что предполагает необходимость ее экспериментального установления.

**Методика проведения исследований.** Погрешность подсчета количества запасов зависит от погрешностей характеристик, используемых для его выполнения: мощности пласта, площади подсчета и угла падения пласта и кажущейся плотности угля. Определение погрешностей всех используемых при подсчете параметров трудоемко. Однако, если хотя бы по одному из них будет иметь место изменение погрешности в степени, приводящей к изменению оценки категории запасов в результате изменения размера блока, то это уже будет являться доказательством неправомерности применения относительной погрешности подсчета количества запасов в качестве критерия категоризации.

Наиболее просто можно проследить изменение погрешности подсчета запасов по фактору изменения погрешности определения мощности пласта, которая, как известно, является наиболее изменчивой его характеристикой.

Методика оценки погрешности величины подсчетной мощности пласта в условиях уже действующих предприятий заключается в сравнении данных геологоразведки с данными горных работ. Подготовка исходных данных для производства оценки погрешности сводилась к нанесению на план положений пластоподсечений и замеров в горных выработках, в которых были определены мощности пласта.

Все исследования в данной работе производились по материалам пласта XXIV шахты «Первомайская». Анализируемый участок: лавы 410, 412 (рис. 2). Пласт XXIV имеет простое строение, относится к тонким пластам. Он отрабатывается стругом на полную мощность, присечка пород не производится, что обеспечивает корректность сопоставления данных геологоразведки и горных работ.

**Моделирование выделения «подсчетных блоков».** Для выделения «подсчетных блоков», был применен способ многоугольников [4], называемый иногда способом ближайшего района профессора А. К. Болдырева.

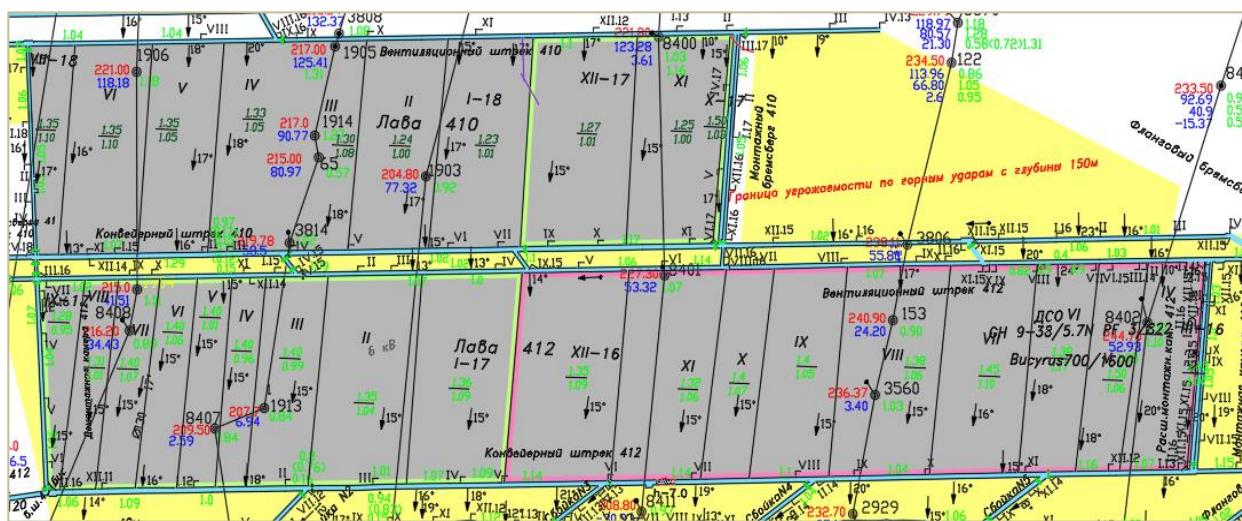


Рис. 2. Фрагмент плана горных выработок пласта XXIV

Сущность способа заключается в том, что оконтуренное тело полезного ископаемого разбивается на ряд многогранных призм, основаниями которых являются многоугольники, а высотой – мощность тела. Любая точка многоугольника, построенного вокруг разведочной скважины, должна быть ближе к ней, чем к другим скважинам (рис. 3).

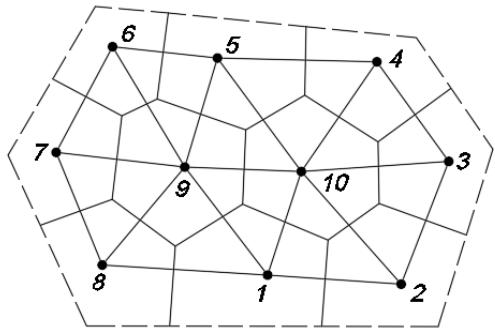


Рис. 3. Схема выделения «подсчетных блоков» способом А.К. Болдырева

«Подсчетным блокам» (многоугольникам) присваивались номера, соответствующие номерам скважин, вокруг которых они были построены. В целом в пределах отработанного контура пласта удалось выделить 14 элементарных «подсчетных блоков». Для каждого блока в программе AutoCAD была определена площадь.

В дальнейшем данные элементарные «подсчетные блоки» объединялись в группы по 2, 3, 6, 10 и 14 «блоков», принимая их за один «единий блок». Объединение производилось многовариантно, подбором различных комбинаций соседних элементарных «подсчетных блоков». Целью данных объединений являлась оценка зависимости погрешности определения подсчетной мощности пласта в блоке от числа входящих в него скважин.

**Определение подсчетных параметров в блоке по данным геологической разведки.** Запасы угля в геологическом блоке определяются по формуле

$$Q = \bar{m} \bar{d} S \sec \bar{\delta}; \quad (1)$$

где  $\bar{m}$  – принятая к подсчету средняя нормальная мощность пласта угля в блоке;  $\bar{d}$  – принятая к подсчету средняя кажущаяся плотность угля в блоке;  $S$  – площадь проекции подсчетного блока;  $\bar{\delta}$  – принятый к подсчету средний угол падения пласта в блоке.

При определении погрешности подсчета запасов из четырех параметров в формуле (1), которые именуются подсчетными параметрами блока, в целях решения поставленной задачи достаточно оценить только влияние погрешности средней мощности пласта угля в подсчетном блоке  $\bar{m}$ . Условно будем считать, что три остальных подсчетных параметра были определены безошибочно и не будут принимать участия при оценке погрешности подсчета запасов.

По плану подсчета запасов пласта XXIV были определены значения мощности угольного пласта в каждой разведочной скважине. Значение мощности угольного пласта по разведочной скважине было отнесено к соответствующему «подсчетному блоку». Таким образом, были получены мощности угольного пласта по каждому элементарному «подсчетному блоку» по данным геологической разведки.

**Определение подсчетных параметров в блоке по данным эксплуатации.** Для каждого многоугольника А. К. Болдырева (элементарного «подсчетного блока») определена фактическая мощность пласта по данным горных работ. Для ее определения в элементарном «подсчетном блоке» была измерена площадь каждого месячного контура отработанного участка лавы, мощность пласта которого приведена на плане горных выработок.

Далее были определены средневзвешенные по площади значения мощности пласта угля в каждом элементарном «подсчетном блоке» по данным эксплуатации.

**Расчет погрешности подсчета запасов в блоке.** Погрешность определения мощности пласта в «подсчетном блоке» рассчитывались как разность средневзвешенной мощности пласта угля по данным эксплуатации и мощности пласта по данным геологической разведки.

Расчет погрешности производился как для каждого элементарного «подсчетного блока», так и для их групп, объединяющих по 2, 3, 6, 10, 14 «блоков». При объединении двух элементарных «подсчетных блоков» сформировано 24 комбинации, при объединении трех блоков – 12, шести – 10 комбинаций, 10 – 8 комбинаций и при объединении 14 блоков – одна комбинация. При объединении элементарных «подсчетных блоков», значения мощности угольного пласта по данным геологической разведки находились как среднее арифметическое значение мощности по рассматриваемым «блокам».

При объединении «подсчетных блоков» значения мощности угольного пласта по данным эксплуатации определялось как средневзвешенное значение мощности по отработанным участкам, входящим в данные блоки.

Значение площади «подсчетных блоков» при их объединении находили суммированием площадей рассматриваемых «блоков».

**Анализ полученных результатов, формирование вывода.** По результатам расчетов был построен график зависимости относительной погрешности подсчета запасов от числа скважин в подсчетном блоке (рис. 4).

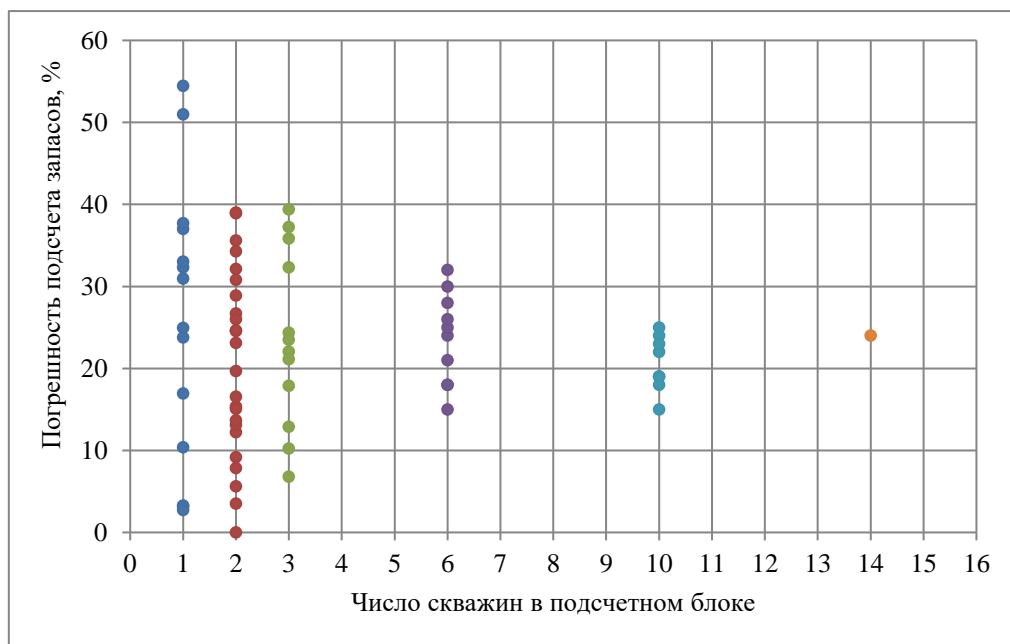


Рис. 4. График зависимости погрешности подсчета запасов от числа скважин в подсчетном блоке

При выполнении анализа полученных результатов следует иметь в виду существующие представления о допустимой погрешности подсчета запасов для различных категорий (таблица).

Таблица  
Представления о допустимой погрешности запасов для различных категорий

Автор	Категория запасов			
	A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Барышев Н. В.	20	30–60	–	–
Каллистов Н. Л.	15–20	25–30	40–45	–
Крейтер В. М.	15–20	20–30	30–60	60–90
Джездалов А. Т.	20	30	40	–
Сергеев С. П.	10–12	30–40	50–60	–
Козак А. М.	15–20	25–30	35–40	50–60
Богацкий В. В.	15	30	45	–
Краевский (Польша)	12,5	15	25	–
Венгерская геологическая служба	10	20	30	50
Югославская геологическая служба	15	30	50	–
Болгарская геологическая служба	10–20	30	50	–
Кубинская геологическая служба	10	20	30	40
Феттвайс (Германия)	20	20–40	40–60	60–80
Среднее значение погрешности, %	15	25	40	–

Из графика следует, что при одной и той же плотности разведочной сети, при наличии в блоке только одной скважины, запасы в пределах отработанных участков пласта по критерию фактической погрешности их подсчета должны быть отнесены ко всем существующим категориям А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; при наличии двух и трех скважин – к категориям А, В, С<sub>1</sub>; при наличии шести и 10 скважин – к категориям А и В.

Таким образом, изменения размеры подсчетного блока можно в пределах одного и того же контура пласта получить принципиально различные оценки категорий его запасов. Это явно указывает на то, что применение относительной погрешности подсчета запасов в качестве количественного критерия достоверности приводит к неоднозначным субъективным оценкам.

Выполненные исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

- оценивать категорию запасов по относительной погрешности подсчета запасов недопустимо;
- формированию геологических блоков для подсчета запасов должен предшествовать процесс выделения близких по степени разведанности участков пласта.

### **Список литературы**

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: приказ МПР РФ от 11.12.2006 № 278. – М., 2006. – 6 с.
2. Подсчет запасов угольных месторождений: учеб. пособие / Т. Б. Рогова, С. В. Шакlein. – Кемерово: Издательство КузГТУ, 2010. – 136 с.
3. Геометрия недр. Особенности геометризации угольных месторождений: учеб. пособие / Т. Б. Рогова, С. В. Шакlein. – Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2018. – 182 с.
4. Букринский, В. А. Геометрия недр / В. А. Букринский. – Москва : Изд-во МГГУ, 2002. – 549 с.