ISSN 0235-5531

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых горючих ископаемых

ПРИНЦИПЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЗВЕДАННОСТИ ЗАПАСОВ УГОЛЬНЫХ И СЛАНЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

МОСКВА 1991

gost.e-ecolog.ru

УДК 622.333:551.43

Принципы количественной оценки сложности геологического строения и разведанности запасов угольных и сланцевых месторождений / Варицкий А.Е., Внуков А.В., Богачева Л.Д., Хардикова Е.С. // М., 1991. - 42 с., ил. Геол., методы поисков, разведки и оценки м-ний тверд.горюч.ископаемых: Обзор. ВИЗМС. МГП "Геоинформмарк". - Библиогр.: с. 42 (6 назв.).

Выполнен анализ существующих методов оценки тектонической изученности угольных месторождений. Рассмотрены методы, основанные на принципе аналогии, и методы с использованием количественных показателей - коэффициентов дизъюнктивности и пликативности. Предложена методика оценки сложности тектонического строения, основанная на расчете ошибок интерполяции гипсометрии пласта способом последовательных разностей. По результатам апробации этой методики на участках различных бассейнов СССР установлена возможность объективного обоснования группы сложности геологического строения разведываемого участка. На основе количественной оценки изученности основных геолого-промышленных параметров угольной залежи предложена объективная категоризация разведанных запасов с использованием разработанной ранее авторами методики расчета плотности разведочной сети.

Редакционная коллегия

Ю.С.Быкадоров (председатель), М.В.Голицын, В.Я.Колесник (зам. председателя), Т.И.Кохановская, Л.А.Марфутов, В.С.Сокуров, В.Ф.Твердохлебов, А.А.Тимофеев

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКОНОМИКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ (ВИЭМС)

ГЕОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Обзорная информация

Выпуск 2

ПРИНЦИПЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РАЗВЕДАННОСТИ ЗАПАСОВ УГОЛЬНЫХ И СЛАНЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Издается с 1969 г. Москва 1991 Выходит 2 раза в год

УДК 622.333:551.43

А.Е.Виницкий, А.В.Внуков, Л.Д.Богачева, Е.С.Хардикова
(ВНИГРИуголь)

Введение

Внедрение количественных методов в практику обоснования видов, объемов углеразведочных работ и в оценку их результатов сдерживается недостаточной разработанностью методик объективной оценки сложности геологического строения месторождений и выдержанности геолого-промышленных характеристик залежей, а также отсутствием обоснованных, удовлетворяющих добывающую промышленность критериев их разведанности.

Если в отношении мощности пластов и качества угля (сланца) в Инструкции ГКЗ СССР (1983 г.) сделана первая попытка ввести некоторые количественные критерии для квалификации залежей по группам выдержанности и рекомендованы ориентировочные интервалы расстояний между разведочными скважинами с учетом этих групп, то в отношении оценки сложности геологического строения месторождений по-прежнему предлагается пользоваться качественными, зачастую неопределенными критериями и рекомендациями. Классификация разведанных запасов по категориям изученности также не содержит каких-либо количественных характеристик, позволяющих однозначно оценивать запасы в подсчетных блоках, так что эта оценка является

© ВИЭМС, 1991

субъективной и целиком зависит от квалификации ее авторов и последующей экспертизы.

Отказ от затратного принципа планирования углеразведочных работ ставит в ряд наиболее актуальных задачу разработки объективных критериев сложности геологического строения, изученности геолого-промышленных характеристик месторождений и разведанности запасов.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время существуют два основных метода оценки нарушенности угольных месторождений - метод типизации и аналитический метод.

Метод типизации основан на аналогии месторождений по степени сложности тектоники, где классификационными признаками являются морфологические особенности структур. На основании классификационных признаков возможно выделить несколько типов участков определенной сложности и сопоставить исследуемые участки с типовыми. Недостатком данного метода является то, что при учете большого количества признаков такая типизация является громоздкой, а небольшого количества - упрощенной.

Суть аналитического метода состоит в установлении количественных показателей, характеризующих складчатую или разрывную нарушенность угольных пластов и в нахождении значений этих коэффициентов для оцениваемых участков различной сложности. В литературе предложено немало методов количественной оценки нарушенности, однако, рассчитанные по различным методикам эти оценки значительно отличаются друг от друга.

Методы оценки тектонической нарушенности, основанные на принципе аналогии (методы типизации)

Во многих руководствах по методике разведки угольных месторождений (Донецкого, Печорского, Кузнецкого, Карагандинского бассейнов) обычно выделяют по сложности тектоники четыре группы разведочных участков: простые, усложненные, сложные и весьма сложные.

Разработанная К.В.Мироновым (1973) тектоническая группировка шахтных (карьерных) полей, предназначенная для обоснования методики разведки, может быть отнесена к такому же типу классификаций.

В основу ее положены степень нарушенности залегания пластов, характер структурных форм и разрывных нарушений, а также их взаимных сочетаний. По наиболее существенным особенностям тектоники шахтные (карьерные) поля подразделены на четыре группы:

I - угленосные площади (участки) с горизонтальным или очень пологим залеганием пород угленосной толщи, осложненным волнистостью и редкими разрывными нарушениями;

II - угленосные площади (участки) с пологим, наклонным и крутым залеганием пород угленосной толщи с выдержанными элементами залегания или с закономерным переходом от пологого к наклонному и от наклонного к крутому залеганию. Дополнительная складчатость и разрывные нарушения разрешаются в создании крупноблоковой структуры залегания угленосных отложений, причем в пределах каждого крупного блока элементы залегания пород сохраняют выдержанный или закономерно направленный характер изменения;

III - угленосные площади (участки): а) со сложноскладчатым залеганием пород угленосной толщи, с изменчивыми элементами залегания, интенсивным проявлением многочисленных разрывных нарушений, создающих мелкоблоковую структуру и б) с горизонтальным и очень пологим залеганием, но с интенсивным проявлением разрывных нарушений, создающих мелкоблоковую структуру залегания угленосных отложений;

IУ - угленосные площади (участки) с очень нарушенным залеганием угленосных отложений - резкой изменчивостью элементов залегания пород, интенсивным проявлением разрывов, создающих мелкоблоковую чешуйчатую структуру и зоны мелкоамплитудной нарушенности.

Описанная группировка достаточно полно отражает диапазон возможных вариаций различных проявлений тектонического фактора. Однако, как и в других подобных классификациях, отсутствие обоснованных количественных оценок снижает ее практическое значение для объективной квалификации месторождений по степени сложности разведки. В отличие от этой классификации, четырехчленное деление которой основано на учете степени сложности тектоники для разведки участка, группировка месторождений по сложности геологического строения, приведенная в "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев" [3] в качестве тектонообразующих критериев, использует не только степень сложности тектоники, но также мощность пластов, их выдержанность и сложность горно-геологических условий отработки. При этом для угольных месторождений пред-

назначаются три группы - I-я, 2-я и 3-я из четырех, предусмотренных классификацией запасов твердых полезных ископаемых. Подразумевается, что участков 4-й группы (весьма сложной) на угольных месторождениях нет.

Рассмотрим, как эта трехчленная группировка месторождений (участков) используется для целей разведки в упомянутой Инструкции ГКЗ СССР.

В примечании к табл.2 "Ориентировочные расстояния между выработками в плоскости пласта в тектонически однородных блоках" указывается, что на месторождениях 2-й группы "со сложными условиями залегания угольных (сланцевых) пластов или невыдержанным качеством угля (сланца)" расстояния между линиями и скважинами на линиях для категории В принимаются аналогичными указанным для категории А.

В п.3.9.2 инструкции для тектонически сложных месторождений 2-й и 3-й групп (особенно отличающихся повышенной газоносностью и выбросоопасностью) постулируется необходимость детализации мелкой складчатости, положения разрывных нарушений, их типов и амплитуд и ширины нарушенных зон. В п.3.10 в зависимости от группы сложности геологического строения дифференцируется необходимая степень выявления и разведки тектонических нарушений и зон нарушенных пород.

Остальные случаи упоминания групп сложности участков в "Инструкции ГКЗ" относятся к условиям категоризации запасов. Таким образом, фактически при определении методики разведки угольных месторождений, группы сложности геологического строения увязываются только с тектоническим фактором.

Единственное исключение - упоминание в примечании к табл.2 Инструкции месторождений 2-й группы "с невыдержанным качеством угля (сланца)", где требуется расстояния между линиями и скважинами на запасы категории В принимать аналогичными указанным для категории А, ошибочно, так как для невыдержанных пластов, согласно табл.2, вообще не предусматривается возможности получения запасов категории А.

По нашему мнению, при группировке месторождений для целей разведки группы следует выделять исключительно по проявлениям тектонического фактора: характеру тектонических структур, углам падения пород, степени нарушенности горного массива.

Перечисленные характеристики совместно с показателями мощности и выдержанности угольных пластов определяют в основном горно-геологические условия разработки и намечаемый способ вскрытия и

отработки месторождения. Однако показатели мощности и выдержанности угольных пластов должны быть отделены от группы сложности месторождения (участка), так как разные по мощности и выдержанности пласты могут быть на всех месторождениях и разведочных участках независимо от их тектонической сложности, и включение этих показателей в характеристику групп вносит только дополнительную неоднозначность в их трактовку. Так, в группировке Инструкции ГКЗ (п.2.I) ко 2-й и 3-й группам относятся месторождения (участки) с преобладанием как выдержанных, так и относительно выдержанных и невыдержанных пластов, что в сочетании с неконкретными, описательными критериями сложности тектоники размывает границы между группами. Поэтому группировку месторождений целесообразно проводить только по тектоническому фактору, а оценку сложности разведки производить по сочетанию группы сложности тектоники участка с группой выдержанности пластов. Следует отметить, что подход к оценке тектоники при разведке угольных месторождений для выбора методов и объемов разведочных работ на основе типизации участков по сложности их строения имеет ряд недостатков, присущих вообще классификационному подходу.

Во-первых, в настоящее время не разработаны четкие критерии и методические приемы определения групп сложности тектоники угольных месторождений и поэтому их выделение зачастую носит субъективный характер. Во-вторых, по данным предварительной разведки трудно безошибочно предсказать сложность тектонического строения, в связи с чем при проектировании детальной разведки возможны некоторые перестраховки в определении группы сложности и выборе густоты разведочной сети. И, в-третьих, на объектах детальной разведки с запасами углей обычно в несколько сот миллионов тонн часто выявляются различные по нарушенности и сложности строения участки, требующие дифференцированного подхода к их разведке и последующему освоению, однако, ГКЗ СССР при утверждении запасов квалифицирует сложность их строения в целом какой-либо одной преобладающей группой, что в последующем может дезориентировать проектные организации при решении вопросов промышленного освоения.

Методы оценки нарушенности с использованием количественных показателей

С целью устранения недостатков, присущих методам, основанным на принципе аналогии, ряд авторов разрабатывает подход к типизации участков по сложности тектоники, используя количественные показатели - коэффициенты пликативности и дизъюнктивности. Методики их расчета отличаются большим разнообразием. Приведем наиболее известные из них.

Методы оценки дизъюнктивной нарушенности

Согласно рекомендации "Технических требований угольной промышленности к геологоразведочным материалам..." [6] в качестве показателя тектонической нарушенности принимается отношение суммарной длины нарушений - ℓ (в метрах) к площади - S (в гектарах)

$$K = \frac{\Sigma \ell}{S}, \ м/га \ . \qquad (I)$$

А.С.Криксин (1970) коэффициент дизъюнктивности предлагает определять отношением суммы установленных амплитуд (Σh) всех нарушений к длине принятого горизонта или изогипсы ($\Sigma \ell$) в пределах изучаемого шахтного поля или участка:

$$K_д = \frac{\Sigma h}{\Sigma \ell} \ . \qquad (2)$$

В.С.Огарков и Ю.И.Серегин (1970), В.П.Докиенко (1976), Р.Ш.Ходжаев и А.М.Зеваков (1972) вместе с амплитудой учитывают длину нарушения. Мера тектонической нарушенности (P_t) при этом определяется из выражения:

$$P_t = \frac{\Sigma HL}{S} \ , \qquad (3)$$

где H - вертикальная амплитуда дизъюнктива, L - протяженность дизъюнктива, S - площадь участка.

Н.А.Ко (1976) коэффициент дизъюнктивности предложил определять как количество разрывных нарушений на одном погонном километре простирания пласта на определенном горизонте:

$$K_д = \frac{n}{\Sigma L} \ , \qquad (4)$$

где ΣL - суммарная протяженность изогипс пласта, км; n - количество нарушений, рвущих замеренные изогипсы пласта.

Количество разрывных нарушений, встреченных на определенном горизонте (изогипсе), и протяженность изогипсы пласта определяются по гипсометрическим планам.

Л.П.Шпеталенко (1976) для оценки тектонической нарушенности месторождений о.Сахалин предлагает подсчитывать отношение суммарной мощности зон с признаками нарушений в скважинах, независимо от того, использованы они для тектонических построений или нет, ко всему объему выполненных буровых работ:

$$K = \frac{\Sigma m}{V} \cdot 100\,\% \quad , \qquad (5)$$

где m – мощность зон с признаками нарушений в скважинах, м; V – общий объем выполненных буровых работ, м.

Полученные показатели нарушенности были соотнесены с группировкой месторождений по сложности геологического строения для целей разведки ГКЗ СССР. Для 3-й группы по классификации ГКЗ показатель нарушенности месторождений о.Сахалин составил 15–28%, для 2-й группы – 4–12%. Предложенный Л.П.Шпеталенко показатель нарушенности практически не меняется от количества скважин, что позволяет определять его на ранних стадиях разведки, количественную характеристику проявлению разрывной тектоники, а также дает возможность конкретизировать представление о типах угольных месторождений о.Сахалин и вносит элемент объективности в метод аналогии, применяющийся при обосновании методики детальных геологоразведочных работ.

Ю.Н.Нагорным, Н.Н.Нагорным (1972) разработана методика прогноза степени нарушенности угольных пластов малоамплитудными разрывами с амплитудой смещения менее 10 м на примере Донецкого бассейна. Основу методики составляет выявление, изучение и прогнозирование не отдельных разрывных форм, а целых зон мелкой тектонической нарушенности угольных пластов.

Коэффициент тектонической нарушенности ($К_н$) угольных пластов малоамплитудными разрывами рассчитывается по этой методике отдельно для каждой из выделенных зон. Расчет производится по формуле:

$$K_H = \frac{\Sigma H \cdot L \cdot 1000}{S} \quad , \qquad (6)$$

где H – нормальная амплитуда каждого отдельно взятого разрыва внутри зоны, м; L – длина разрыва, м; S – площадь зоны в контуре горных выработок, $м^2$.

В зависимости от величины коэффициента выделены пять категорий нарушенности угольных пластов малоамплитудными разрывами. Для каж-

дой из этих категорий установлены следующие граничные значения коэффициентов нарушенности: I категория - менее I; II категория - от I до 5; III категория - от 5 до I0; IУ категория - от I0 до 50; У категория - свыше 50.

Значения коэффициентов и соответствующие им категории нарушенности могут быть использованы для прогноза степени нарушенности угольных пластов.

Разрывную нарушенность горного массива [6] в пределах исследуемого участка можно оценить как отношение нарушенного объема горных пород к общему объему горного массива по формуле

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i A_i d_i}{V} \quad , \qquad (7)$$

где K_p - коэффициент дизъюнктивной нарушенности горного массива; A_i - амплитуда разрывного нарушения, км; L_i - протяженность разрывного нарушения, км; d_i - ширина нарушенной зоны, км; V - объем горного массива исследуемого участка, км^3.

Коэффициенты разрывной нарушенности являются в основном безразмерными.

Методы оценки пликативной нарушенности

Известны также методы количественной оценки пликативной нарушенности. Расчет этих оценок часто базируется на построении дополнительных карт, разрезов и требует специальных измерительных операций, которые могут носить субъективный характер. В этом отношении заслуживают внимание следующие работы. В.Б.Посудиевский (I976) предложил оценивать пликативную нарушенность при помощи равных углов падения, а Ю.И.Приходько (I976) выражает ее изолиниями радиусов кривизны. Н.А.Ко (I976) интенсивность складчатости предлагает выражать коэффициентом пликативности ($К_п$), представляющим отношение фактической площади (S) пласта к площади ее проекции на наклонную плоскость (S_0). $К_п$ вычисляется по формуле:

$$K_п = \frac{S}{S_0} = \frac{\Sigma L \cdot \Sigma \ell}{\Sigma L_0 \cdot \Sigma \ell_0} \quad , \qquad (8)$$

где ΣL - суммарная протяженность изогипс пласта в пределах участка, км; ΣL_0 - суммарное расстояние между конечными точками замеренных изогипс по прямой, км; $\Sigma \ell$ - суммарная замеренная протяженность пласта по геологическим профилям, км; $\Sigma \ell_0$ - суммарное рас-

стояние между конечными точками замеренного на профиле пласта по прямой, км.

Длина изогипс пласта и расстояние между конечными их точками замеряются на гипсометрических планах. Причем чем больше замеров, тем точнее определяется коэффициент пликативности. Протяженность пласта по падению и расстояние между конечными точками пласта по прямой линии замеряются на геологических профилях, построенных вкрест простирания.

В.В.Лукинов и Л.И.Пимоненко [5] коэффициент складчатости (пликативной нарушенности) предлагают рассматривать как относительное изменение протяженности средних изогипс структур в пределах участка по формуле:

$$K_{\Pi} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{\ell}_i - \bar{\ell}_0}{\bar{\ell}_i} \quad , \qquad (9)$$

где $\bar{\ell}_i$ – длина средней изогипсы i-й структуры в пределах участка, не нарушенного крупными разрывными нарушениями, осложняющими складчатость, км; $\bar{\ell}_0$ – расстояние по прямой между концами средней изогипсы i-й структуры, км; n – количество структур в пределах участка.

Длины средней изогипсы и расстояние по прямой между концами средней изогипсы i-й структуры определяются по формулам:

$$\bar{\ell}_i = \frac{\sum_{1}^{K} \ell_K}{K} \quad , \quad \bar{\ell}_0 = \frac{\sum_{1}^{K} \ell_0}{K} \quad ,$$

где ℓ_K – длина всех изогипс структуры; ℓ_0 – расстояние по прямой между концами средних изогипс этой же структуры; K – количество изогипс, описывающих структуру в пределах участка.

Методы, совместно оценивающие разрывную и складчатую нарушенность

Некоторые авторы предлагают методику вычисления обобщенного показателя, который отражает как складчатую, так и разрывную нарушенность угольных пластов.

В работе Л.А.Марфутова и др. (1980) предложен сводный показатель дислоцированности, обобщающий количественную оценку степени нарушенности угольных пластов, который отражает три важнейших тектонических параметра – складчатую нарушенность, разрывную нарушенность и угол падения пласта. В.В.Лукинов и Л.И.Пимоненко [5] для

определения обобщенного коэффициента тектонической нарушенности предлагают формулу

$$K_T = \sqrt{K_y (K_д + K_п)} \quad , \qquad (10)$$

где K_T – коэффициент тектонической сложности участка; K_y – коэффициент, характеризующий углы наклона пород; $K_д$ – коэффициент дизъюнктивной нарушенности; $K_п$ – коэффициент пликативной нарушенности.

Предложенная формула, по мнению авторов, наиболее полно характеризует тектоническую сложность участка.

Безразмерные показатели дизъюнктивности и пликативности многими авторами были положены в основу типизации месторождений и участков для целей разведки, призванной устранить субъективность в определении группы их сложности.

Н.А.Ко (1976) для Карагандинского бассейна на этом принципе было выделено четыре группы участков по их дислоцированности (табл.1).

Таблица 1

Группировка участков Карагандинского бассейна по их дислоцированности

Дислоцированность	Коэффициент пликативности	Коэффициент дизъюнктивности
Простая	Менее 1,06	Менее 0,5
Относительно простая	1,06-1,10	0,51-1,0
Сложная	1,11-1,25	1,01-1,5
Очень сложная	Более 1,25	Более 1,50

В случае, если один и тот же участок по пликативности относится к одному типу сложности, а по дизъюнктивности к другому, тип сложности участка устанавливается по показателю, относящему этот участок к более сложной группе по дислоцированности.

В Классификации ВНИМИ (1970) на основе показателя степени дизъюнктивной нарушенности (м/га) для Кузнецкого бассейна выделено четыре группы сложности шахтных выемочных полей (табл.2).

При разработке группировки по тектонической сложности угольных месторождений, пригодных для открытых работ, А.В.Внуковым был использован коэффициент нарушенности, представляющий количество нарушений на 1 км^2 площади участка. С помощью коэффициента нарушенности месторождения были разделены на четыре группы:

Таблица 2

Группировка участков Кузнецкого бассейна по дизъюнктивной нарушенности

Группа сложности шахтных выемочных полей по степени дизъюнктивной нарушенности	Степень дизъюнктивной нарушенности, м/га
I	50
II	50–150
III	150–250
IУ	Более 250

– простого строения, коэффициент нарушенности ($К_н$) составляет 0–2;

– относительно сложного строения, $К_н$ – 2–3;

– сложного строения, $К_н$ – 3–5;

– весьма сложного строения, $К_н$ – 5–10 и более.

А.Г.Гарифулиным (1973) предложена типизация угленосных площадей Донецкого бассейна для целей разведки, в основу которой положены два квалификационных признака – степень проявления разрывных нарушений и интенсивность развития складчатых нарушений. В качестве показателя степени дизъюнктивной нарушенности принята суммарная протяженность всех разрывных нарушений, а за единицу количественного измерения степени складчатой нарушенности – суммарная протяженность осей складок (в км) на 10 $км^2$ площади разведочного участка. В соответствии с этим все разведанные участки по показателю степени складчатой нарушенности разделены на три группы: А – 0; Б – 0,1–2,0 и В – 2,1–4 и более. По величине показателя степени проявления разрывных нарушений участки разделены на пять типов, имеющих следующие интервалы значений: 0–4; 4,1–8,0; 8,1–12,0; 12,1–16,0 и более. Указанные пять типов выделяются в каждой группе складчатости. Всего, таким образом, выделено 15 таксонов (табл.3).

Другая группа авторов для разработки объективной разведочной типизации угленосных площадей используют единый количественный показатель, например, изменчивость углов падения пород угленосной толщи, изменчивость гипсометрии почвы или кровли угольного пласта (ошибка интерполирования). Так, И.П.Жингель [2] в качестве количественного показателя для оценки тектонической нарушенности угольных месторождений Кузнецкого бассейна использовал величину среднеквадратического отклонения углов падения по осям скважин и выделил по

Таблица 3

Типовые участки для групп, выделенных по степени проявления складчатости и разрывных нарушений (по А.Г.Гарифулину, 1973)

Группы по степени развития складчатости	Типы по степени проявления разрывных нарушений				
	I (0-4,0)	2 (4,I-8,0)	3 (8,I-I2,0)	4 (I2,I-I6,0)	5 (более I6,0)
А. Участки с моноклинальным, пологим или наклонным залеганием угольных пластов без существенного проявления складчатых деформаций. Показатель степени складчатой нарушенности 0	Трудовской Глубокий	Красноармейский Западный № 2	Западно-Донбасские № 4 и 29	Западно-Донбасская 55	Западно-Донбасская 21/22
Б. Участки со слабым развитием складчатых нарушений. Залегание угольных пластов пологое или наклонное, в отдельных местах осложнено линейными складками, флексурами и другими простыми складчатыми деформациями. Показатель степени складчатой нарушенности - от 0,I до 2,0	Абакумовский Глубокий	Раздорская	Шерловская	Терешковская	Самарская Капитальная
В. Участки с наиболее значительным проявлением складчатости. Показатель складчатой нарушенности - 2,I-4 и более	Новоаннов-ская	Самсоновская	Ломоватский Верхний	Лиховская	Зверевская Северная

этому показателю четыре группы сложности тектонического строения. К I группе отнесены участки, где средние квадратические отклонения углов падения (δ) в скважинах не превышает 5^0, ко II группе - участки с δ - 5-I5^0, к III группе - участки с δ - I5-25^0 и к IУ группе - участки с $\delta > 25^0$.

Э.М.Пах для месторождений Кузнецкого бассейна предлагает определение групп сложности тектонического строения производить по величине ошибки интерполяции гипсометрии пласта. Он считает, что величина ошибки интерполяции гипсометрического положения угольного пласта (Δh) отражает степень как дизъюнктивной, так и пликативной нарушенности шахтного или карьерного поля и может служить ее объективным показателем. Для определения групп сложности тектонического строения детально разведанных участков Кузнецкого бассейна им были построены графики зависимости усредненной ошибки интерполяции ($\Delta h_{ср}$, $м$) от расстояния между разведочными линиями.

Анализ графиков показал, что для месторождений I-й группы сложности преобладающие ошибки интерполирования Δh % почвы пласта составляют менее 4 м (при возможном участии пластопересечений не более I0% - до 8 м), а для 2-й группы Δh - до 8 м (при возможном участии пластопересечений до 25%, с ошибкой до I2 м); к 3-й группе относятся месторождения, имеющие ошибку геометризации Δh более I2 м. Очевидно, что выделение 4-й группы по значению ошибки интерполяции не предусматривается. По результатам этой работы автором составлен график для определения группы сложности тектонического строения детально разведанных участков Кузбасса (рис.I).

Несколько отличную от методики Э.М.Паха методику определения погрешности геометризации предложил В.И.Докиенко [6] . Для установления количественной характеристики изменчивости гипсометрии угольных пластов он использовал метод геометризации гипсометрии в проекции на наклонную плоскость - плоскость их среднего угла падения. В качестве числового показателя случайной составляющей изменчивости принято среднее квадратическое значение вторых разностей отклонений почвы пласта от плоскости среднего угла падения, которые позволяют исключить влияние на нее закономерных изменений. Вторые разности зависят от расстояний между точками замера и при использовании квадратной сети 500х500 м для участков северной части Красноармейского района Донбасса изменяются от 2,4 до 8,9 м.

Зависимость ошибки построения гипсометрии Δh от расстояния между скважинами исследовалась при разрежении разведочной сети I00, 200, ... I000 м.

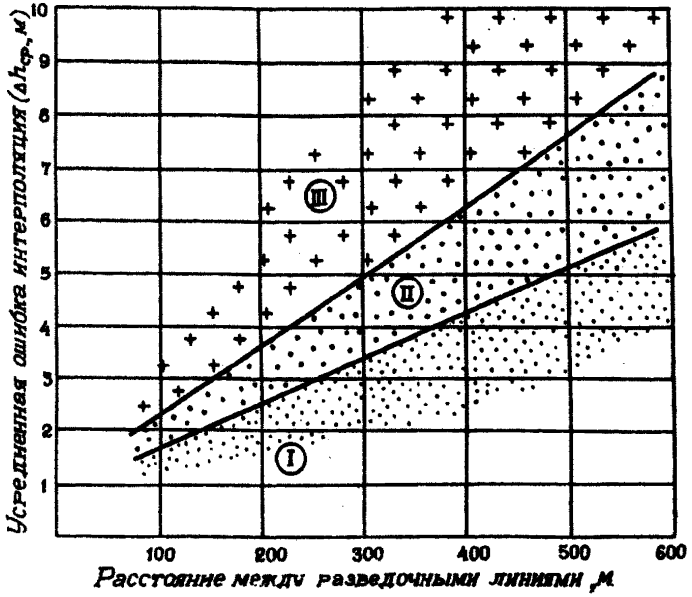

Рис.I. График для определения группы сложности тектонического строения детально разведанных участков Кузнецкого бассейна (принципиальная схема по данным Э.М.Паха)

I,П,Ш – группы сложности

Приращение ошибки построения гипсометрии на единицу расстояния уменьшается с увеличением расстояния между скважинами и при определенном его значении достигает минимума, после которого ошибка практически не увеличивается. Точка с минимальным приращением ошибки построения гипсометрии соответствует допустимой плотности разведочной сети.

Практические расчеты позволили установить для детальной разведки Красноармейского угленосного района Донбасса предельные значения ошибки Δh для гипсометрии угольных пластов в IC м и I3 м при изменчивости гипсометрии пласта в 4 м и 6 м. Достижение Δh менее названных значений при детальной разведке нецелесообразно, так как дополнительное сгущение сети практически не уточняет геометризацию угольного пласта и приводит к значительному удорожанию геологоразведочных работ.

В.С.Огарков и Ю.И.Серегин (I970) считают, что морфологический показатель сложности гипсометрии должен учитывать кривизну гипсометрической поверхности, при этом наиболее подходящим из известных

в аналитической геометрии является показатель, представляющий собой среднюю величину вторых последовательных разностей ряда замеров:

$$\bar{\Delta}'' = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i''}{K} \quad , \qquad (11)$$

где Δ_i'' – частные значения вторых разностей в ряде замеров; K – число вторых разностей; n – число замеров признака.

Показатель изменчивости поверхности должен также содержать характеристику масштаба морфологических элементов пликативной нарушенности угольных пластов, для чего используется средняя величина первых последовательных разностей $\bar{\Delta}'$. Общий показатель изменчивости (U) представляет собой сумму величин $\bar{\Delta}''$ и $\bar{\Delta}'$:

$$U = \bar{\Delta}'' + \bar{\Delta}' \quad , \qquad (12)$$

где U – показатель изменчивости гипсометрии угольных пластов, м; $\bar{\Delta}', \bar{\Delta}''$ – средние величины первых и вторых разностей в ряде замеров.

Показатель морфологической сложности не может быть использован для выражения абсолютной изменчивости гипсометрии угольных пластов. Он используется лишь как относительная мера для сравнения различно дислоцированных участков и прогнозирования величин тектонической нарушенности P_T.

Экспериментальными исследованиями по различно дислоцированным участкам была установлена прямая связь между величинами U и P_T. Полученная на основе фактического материала горных работ связь между показателями U и P_T выражается эмпирической формулой

$$P_T = \frac{U - 6}{3000} \quad . \qquad (13)$$

Прогнозирование величины P_T на ранних стадиях изучения месторождения позволяет более объективно судить о промышленной ценности разведуемых участков.

Как видно из приведенного, способы количественного выражения сложности тектоники разведанного участка можно объединить в следующие группы:

– оценки, основанные на учете выявленных на предыдущей стадии разрывных нарушений (количество, протяженность, амплитуда);

– оценки, построенные на учете длины изогипсы;

– оценки, основанные на учете изменчивости углов падения пород;

– оценки, основанные на величинах расчетных ошибок интерполяции.

Каждая из методик, рассмотренных в рамках указанных групп, имеет свои достоинства и недостатки, вытекающие из сущности используемых подходов. Одни из этих методик лучше учитывают дизъюнктивную, другие - пликативную тектонику, третьи - в целом характеризуют сложность тектоники без разделения ее по видам.

Методика оценки сложности тектоники угольных месторождений по величине расчетной погрешности интерполяции гипсометрии поверхностей

На наш взгляд, определенными преимуществами обладают методики, основанные на оценке ошибок интерполяции в определении гипсометрической отметки поверхностей, ограничивающих снизу или сверху угольный пласт.

Рассмотрим особенности количественной оценки погрешностей в определении гипсометрического положения каждой отдельной точки рассматриваемой топоповерхности. Отличие топофункции от других функций геолого-промышленных параметров угольной залежи заключается прежде всего в наличии легко выявляемых одного-двух крупных порядков изменчивости, соответствующих основной складчатости, осложняющей условия залегания угольной залежи, а также в наличии разрывов в топофункции, обусловленных дизъюнктивными тектоническими нарушениями.

Первая особенность - наличие низкочастотных составляющих топофункции, которые легко выявляются и поэтому не являются источником ошибок при интерполяции гипсометрических отметок - учитывается при расчете таких ошибок либо построением аппроксимационных поверхностей различных классов (методики, основанные на использовании ЭВМ), либо расчетом эмпирических ошибок интерполяции в направлении изогипс (методика Э.М.Паха), либо расчетом этих ошибок по способу последовательных разностей (Калинченко В.М., Баранов В.С., Внуков А.В. и др., 1978).

Вторая особенность - дискретность топофункции вследствие тектонических разрывов - заставляет производить расчет погрешностей интерполяции в пределах ненарушенных зон, что существенно сужает область их возможного использования либо приводит к необходимости искусственного восстановления непрерывности профилей путем совмещения их различных частей по плоскостям смесителей.

Расчетные средние ошибки интерполяции гипсометрической отметки, полученные с помощью упомянутых методик и с учетом вышеописанных особенностей реальных топофункций при разных расстояниях между точками замера, на определенном интервале изменения этих расстояний, называемом интервалом разведки ℓ_p, закономерно возрастают с разрежением сети от минимальной ошибки Δh_T (обусловленной техническими погрешностями и малоамплитудной изменчивостью на расстояниях в десятки и первые сотни метров) до максимальной Δh_M, обусловленной всеми пликативными и дизъюнктивными тектоническими нарушениями, существенно меньшими основной складчатости и выявленной дизъюнктивной нарушенности и проявляющимися на расстояниях в сотни метров и первых километров (рис.2). За пределами интервала разведки ℓ_p величина Δh на определенных расстояниях от него остается постоянной. При расстояниях, меньших предела интервала разведки ℓ_1, величина погрешности Δh_T складывается из независящей от шага сети технической погрешности и негеометризуемых высокопериодичных колебаний. При расстояниях, превышающих бо́льший предел интервала разведки ℓ_2, величина предельной погрешности Δh_M также остается практически постоянной и в этом качестве может служить объективной характеристикой сложности топоповерхности.

С учетом характера приведенной выше теоретической кривой изменения погрешностей интерполяции гипсометрической отметки

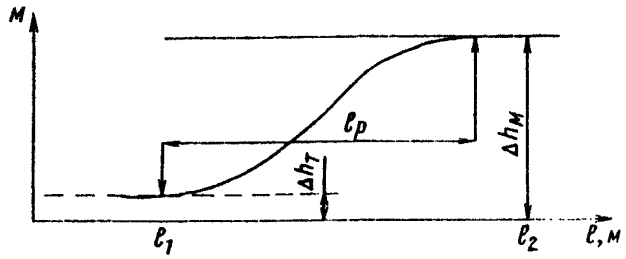

Рис.2. Теоретическая кривая зависимости средней ошибки интерполяции гипсометрии геологической поверхности от шага разведочной сети (ℓ)
Δh_T и Δh_M – нижний и верхний пределы ошибки интерполяции, ℓ_p – интервал разведки

топоповерхности рассмотрим методику их расчета и построения эмпирических графиков зависимости этих погрешностей от шага разведочной сети для разных разведочных полей.

Практический расчет ошибок интерполяции гипсометрических отметок геологических поверхностей по методу последовательных разностей выполняется следующим образом.

На оцениваемом участке выбирается разведочная линия с наибольшей густотой скважин. По ней строится гипсометрический профиль почвы (или кровли) пласта. Если разведочная линия пересекает выявленное разведкой разрывное тектоническое нарушение, т.е. гипсометрическая кривая оказывается разорванной, то производится смещение опущенной или приподнятой части профиля до совмещения разорванных частей гипсометрической кривой.

Через равные интервалы, примерно соответствующие по величине среднему расстоянию между скважинами, с гипсометрического профиля снимаются отметки, образующие ряд значений первого шага разрежения для расчета последовательных разностей. Для получения устойчивых результатов образуется второй вариант расчетного ряда путем смещения точек замера на полшага. Последовательные разности в отметках между смежными точками с учетом получаемого знака (сверху вниз по столбцу путем вычитания предыдущего значения из последующего) образуют ряд первых последовательных разностей Δ'. Вторые разности (Δ'') получаются путем вычитания предыдущего значения первых разностей из последующего, третьи (Δ''') – путем соответствующей операции со вторыми разностями, и т.д. В качестве ошибки интерполяции рассматривается среднеквадратическое значение последовательных разностей того порядка, при котором происходит стабилизация их значений. Среднеквадратическое значение последовательных разностей n-го порядка рассчитывается по формуле (1963):

$$\sigma_{\Delta^n} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{m} (\Delta^n)^2}{C_{2n}^{n} \cdot m}}, \qquad (14)$$

где C_{2n}^{n} – число сочетаний из 2 по n, равное $\frac{(2n)!}{2(n!)}$;

m – число разностей порядка n, т.е. Δ^n.

Каждый последующий шаг разрежения точек замера гипсометрических отметок для расчета последовательных разностей образуется путем увеличения предыдущего шага на полинтервала первого шага.

Так, если первый шаг был принят равным 200 м, то второй принимается 200+100=300 м, третий – 300+100=400 м и т.д. При этом число вариантов расчетного ряда при каждом шаге увеличивается на единицу: если первый шаг включает два варианта, то второй – три варианта, третий – четыре варианта и т.д.

В расчетной формуле (14) сумма квадратов разностей $\sum_{1}^{m}(\Delta^{n})^{2}$ так же, как и их общее количество m, берется в целом по всем вариантным рядам для каждого шага разрежения.

По рассчитанным значениям $\sigma_{\Delta^{n}}$ строятся графики, отражающие их изменение в зависимости от расстояния между точками замера. Полученный пучок кривых для последовательных разностей равных порядков характеризуется их постепенным снижением и выравниванием с возрастанием порядка разностей, что позволяет выявить порядок, при котором устанавливается уровень стабилизации максимального значения Δh_{M}, который и является объективной характеристикой сложности тектоники данного участка. На приведенном в качестве примера графике ошибок интерполяции почвы угольного пласта K_{7} на участке Караканском в Кузнецком бассейне этот уровень устанавливается по пятым последовательным разностям, начиная с расстояния между точками замера 400 м, и составляет примерно 1,8 м (рис.3). Уровень минимальной ошибки, обусловленной техническими погрешностями (Δh_{T}), как видно из графика, составляет 0,5 м.

Для повышения надежности оценки сложности участка рекомендуется провести такую же работу по другому профилю, желательно ориентированному в ортогональном направлении к первому. Полученная разница в уровнях стабилизации графиков по двум направлениям может объективно характеризовать анизотропность участка. В этом случае для квалификации участка по степени сложности строения следует принимать большую оценку.

Проведенная апробация описанной методики на разведочных участках в различных бассейнах СССР позволяет утверждать, что уровни стабилизации ошибок интерполяции гипсометрических отметок зависят только от сложности тектоники участка и не определяются структурно-генетическим типом бассейна. По результатам этой апробации составлен график (рис.4), на нем выделены области, в которых локализуются кривые ошибок интерполяций гипсометрических отметок геологических поверхностей для участков различных групп сложности геологического строения. На графике приведены эмпири-

рические кривые для участков трех групп сложности по разным угольным бассейнам СССР.

Пользуясь этим графиком, по данным эмпирического расчета ошибок интерполяции гипсометрических отметок почвы или кровли угольных пластов можно объективно установить группу сложности геологического строения оцениваемого участка.

Как видно из рис.4, графики, относящиеся к шахтным полям разных групп, четко отличаются прежде всего по величине предельной погрешности интерполяции Δh . Если для шахтных полей первой

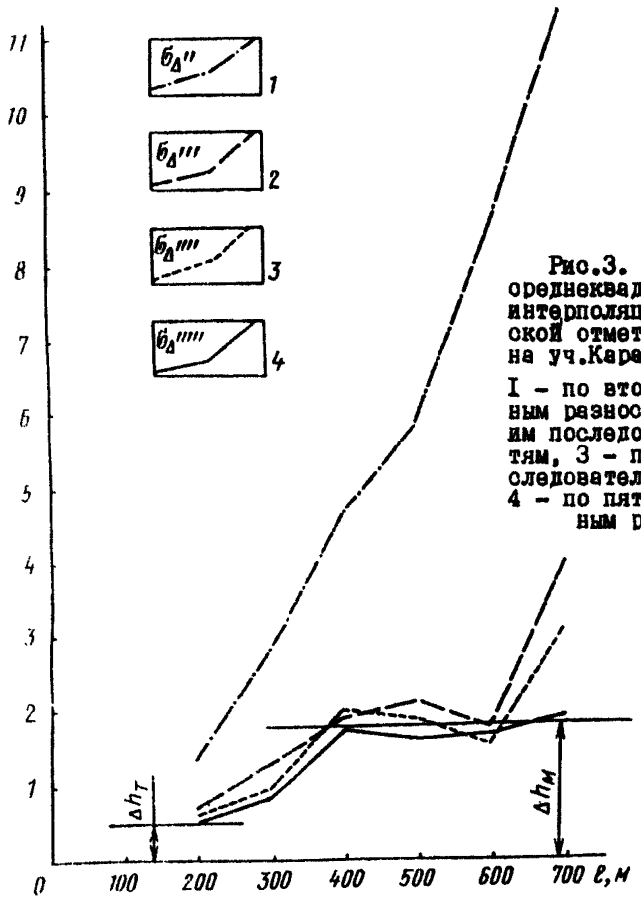

Рис.3. Зависимость оценки среднеквадратической ошибки интерполяции гипсометрической отметки почвы пл.К$_1$ на уч.Караканом в Кузбассе

I – по вторым последовательным разностям, 2 – по третьим последовательным разностям, 3 – по четвертым последовательным разностям, 4 – по пятым последовательным разностям

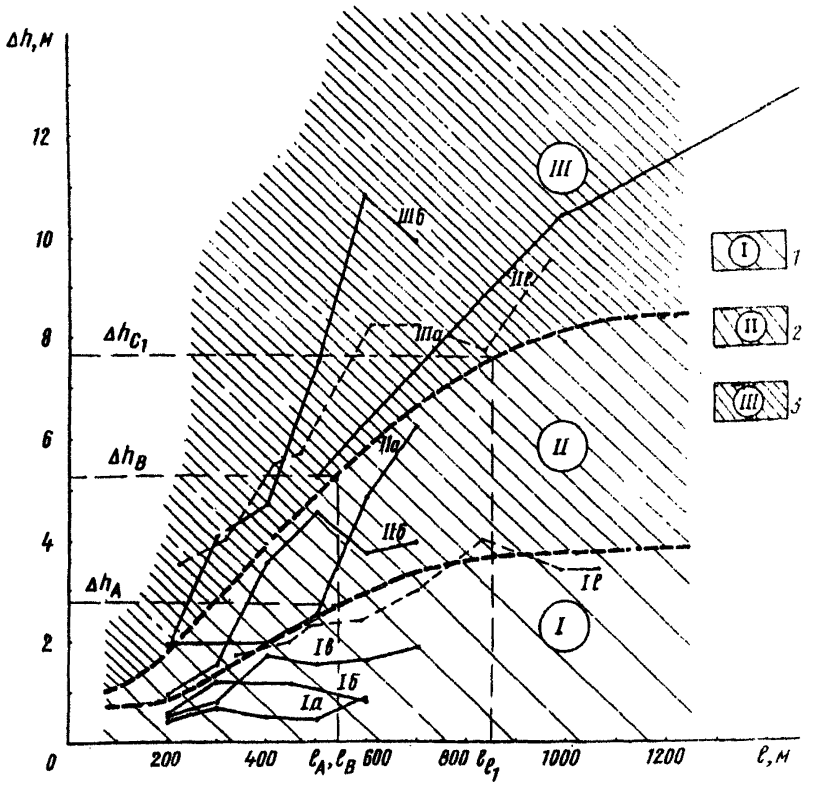

Рис.4. Зависимость средних эмпирических ошибок интерполяции гипсометрических отметок почвы угольного пласта (Δh) от расстояния между скважинами (ℓ) для участков различной сложности геологического строения по классификации ГКЗ СССР (Расчет методом последовательных разностей):
Участки I-й группы сложности: Iа, Iб – Назаровское месторождение в Канско-Ачинском бассейне (пл.Мощный); Iв – уч.Караканский в Кузнецком бассейне (пл.$К_7$); Участки 2-й группы сложности: IIа – уч.шх.Ускатокой в Кузнецком бассейне (пл.Кыргайский 20); IIб – Верхне-Толуманское месторождение в Южно-Якутском бассейне (пл. $Д_{15}$); Участки 3-й группы сложности: IIIа – поле шх.Обуховской I в Донецком бассейне (пл.$К_\ell$); IIIб – поле шх.Абайской в Карагандинском бассейне (пл.$К_{14}$). Расчет методом Э.М.Паха: Iℓ – поле шх. Красноярской в Кузбассе; IIℓ – поле шх.Томь-Усинской в Кузбассе. Области ошибок Δh для участков: 1 – 1-й группы сложности; 2 – 2-й группы сложности; 3 – 3-й группы сложности

группы верхний уровень стабилизации погрешности составляет 3,5–4,0 м, то для второй – 8–9 м, а для третьей – 10–12 м и более.

Рекомендации по количественному обоснованию групп сложности геологического строения, выделяемых инструкцией ГКЗ

Учитывая вышеизложенное, нами предлагается в п.2.1 Инструкции ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям угля и горючих сланцев [4] группировку месторождений (участков) для целей разведки производить по тектоническому фактору, используя количественные показатели – ошибку интерполирования гипсометрии пласта и коэффициент дизъюнктивности. Предлагается в связи с многообразием геологического строения угольных месторождений вместо трех групп по Инструкции ГКЗ выделить четыре группы по тектонической сложности для целей разведки. В обобщенном виде, учитывающем установленные выше критерии, предлагается следующая формулировка квалификации месторождений (участков) по сложности тектоники для целей разведки:

– 1-я группа – месторождения с простыми складчатыми или крупноблоковыми структурами, с выдержанными элементами залегания. Залегание угольных пластов горизонтальное, реже пологое (ошибка интерполяции гипсометрии кровли или почвы пластов не превышает 3,5–4,0 м). Дизъюнктивные нарушения практически отсутствуют или проявлены слабо ($К_д$, по Н.А.Ко, менее 0,51). Количество нарушений на 1 км^2 составляет 0–2;

– 2-я группа – месторождения, приуроченные к относительно простым складчатым крупноблоковым структурам. Залегание угольных пластов – от горизонтального до пологого. Ошибка интерполяции гипсометрии почвы или кровли пластов не превышает 8–9 м. Дизъюнктивные нарушения развиты ($К_д$ = 0,51–1,0). Количество нарушений на 1 км^2 составляет 2–3. Горно-геологические условия отработки относительно простые;

– 3-я группа – месторождения сложного строения, со складчатостью нескольких порядков; складки имеют различную форму. Условия залегания угольных пластов сложные и характеризуются резкой изменчивостью – от наклонного до крутого. Ошибки интерполяции гипсометрии почвы или кровли пластов достигают 10–12 м и более. Разрывные нарушения проявлены интенсивно ($К_д$ = 1,01–1,5), коли-

чество их на I км^2 достигает 3-5. Горно-геологические условия отработки сложные;

- 4-я группа - месторождения очень сложного строения, характеризующиеся интенсивной пликативной дислокацией, развитием структурных форм разного порядка от мелких складок до мелкоблокового строения. Характерны крайне изменчивые элементы залегания угольных пластов. Ошибки интерполяции гипсометрии почвы или кровли пласта превышают I5 м. Разрывные нарушения многочисленны, разного типа и направления ($К_д$ более I,50). Количество их на I км^2 - 5-I0 и более.

Несмотря на мелкоблоковое строение и изменчивость элементов залегания пластов, эксплуатация таких месторождений может быть рентабельной при высокой угленасыщенности, главным образом, за счет выдержанных и относительно выдержанных по мощности и зольности пластов с углями ценных технологических марок.

Таким образом, принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе обосновывается в каждом конкретном случае исходя из количественной оценки - степени складчатой и разрывной нарушенности залегания, а также сложности горно-геологических условий разработки основных угольных пластов, содержащих не менее 70% запасов месторождения.

На крупных месторождениях, отличающихся неоднородностью тектонического строения, отнесение отдельных их частей к группам тектонической сложности для целей разведки может производиться дифференцированно, с учетом данных, определяющих различие в тектонике.

КАТЕГОРИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИЗУЧЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЛЕЖИ

Среди многих требований, которым должны удовлетворять разведанные запасы промышленных категорий А,В,$С_I$ и предварительно оцененные запасы категории $С_2$, можно выделить три группы требований к изученности основных геолого-промышленных характеристик, относящихся: I) к количеству запасов; 2) к качеству полезного ископаемого; 3) к условиям его залегания.

Рассмотрим возможность использования этих требований для количественного обоснования категоризации разведанных запасов.

Обоснование категоризации разведанных запасов на основе оценок точности и достоверности их количественных характеристик

Требования к изученности характеристик, определяющих количество запасов – площади распространения пласта, его мощности, объемной массы угля – могут иметь количественное выражение и регламентироваться заказчиком и потребителем геологоразведочной информации в лице угледобывающей отрасли. Это позволяет использовать такие требования в качестве критериев степени разведанности конкретных геологических блоков, если имеется возможность сопоставить их с фактически достигнутой точностью и достоверностью оцениваемых количественных характеристик запасов. Основная сложность при этом состоит именно в получении достаточно надежной оценки точности и достоверности определения этих характеристик при данных объемах исследований. Таким образом, задача сводится к установлению однозначного соответствия между характеристиками разведочной сети (плотностью, расстоянием между скважинами) и обеспечиваемой этой сетью точностью оценки характеристик количества запасов с достоверностью, уровень которой в целом удовлетворяет в настоящее время добывающую промышленность. При этом целесообразно в качестве критерия выбрать требование к точности оценки не отдельных геолого-промышленных характеристик запасов (мощности пласта, объемной массы угля, площади подсчета), а общей цифры запасов, имея в виду, что в ней интегрируются требования к точности оценки отдельных сомножителей формулы их подсчета.

Отметим, что такой подход будет конструктивным лишь в том случае, если прогнозируемая расчетная величина погрешности в запасах на конкретном объекте будет получена с использованием общей, интегральной изменчивости всех составляющих формулы их подсчета ($Q=mdS_1\sec\alpha$). Такая изменчивость названа нами относительной вариацией запасов V_Q^2 :

$$V_Q^2=\frac{D_m}{m^2}+\frac{D_d}{d^2}+\frac{D_{S_1}}{S_1^2}+\frac{D\sec\alpha}{\sec^2\alpha}\quad , \qquad (15)$$

где Q – запасы, тыс.т; V_Q^2 – относительная вариация запасов, m – средняя мощность пласта, м; d – объемная масса угля, т/м^3; S_1 – проекция площади на горизонтальную плоскость, км^2;

α – средний угол падения пластов на участке, град.; D – дисперсия соответствующего показателя.

По величине относительной вариации запасов V_Q^2, а также установленной требованиями угольной промышленности необходимой точности подсчета запасов – 10% для запасов категорий А и В и 15% для $A+B+C_1$ (1970) и некоторой принятой вероятности выполнения этих требований Р (с коэффициентом вероятности Стьюдента t) можно рассчитать количество скважин для данной площади оценки.

Значения коэффициента вероятности (t) были получены эмпирическим путем при сопоставлении разведанных и отработанных запасов на одних и тех же месторождениях Донбасса. Выявилась прямая пропорциональная зависимость между t^2 и площадью оценки запасов S, т.е.:

$$t^2 = t_1^2 \cdot S \quad , \tag{16}$$

где t_1^2 – квадрат коэффициента вероятности t, относящегося к некоторой единичной площади, принятой нами равной 1 км^2.

Значения t_1^2, полученные по данным анализа разведанных и отработанных запасов различных промышленных категорий, приводятся в табл.4.

Таблица 4

Значения констант ΔQ, t_1^2 и Р (t) для различных категорий запасов

Категория запасов	А	В	C_1	C_2
Величина допустимой погрешности в запасах ΔQ (%)	10	10	20	40
Квадрат коэффициента единичной вероятности t_1^2	2,42	1,38	2,44	3,50
Доверительная вероятность, Р (t_1)	0,90	0,70	0,75	0,80

Расчет оценок дисперсий геолого-промышленных параметров, участвующих в формуле подсчета запасов, и основные формулы для расчета разведочной сети приведены ниже [1].

Дисперсия оценки мощности пласта по "n" скважинам рассчитывается по формуле:

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} (m_i - \bar{m})^2}{n-1} \quad , \tag{17}$$

где m_i – конкретное значение мощности в i-й скважине; D_m – дисперсия мощности после исключения линейного тренда, $\overline{m}$ – среднеарифметическое значение мощности.

Дисперсия оценки объемной массы угля определяется через дисперсию его зольности DA^d:

$$D_d = DA^d \cdot \kappa^2 \quad , \tag{18}$$

где κ – коэффициент регрессии, зависящий, главным образом, от степени метаморфизма угля и может быть принят приближенно 0,01; DA^d – определяется так же, как D_m .

Дисперсия оценки площади за счет погрешности в определении углов падения определяется по эмпирической формуле:

$$\frac{D_{S^{угл}}}{S^2} = 0{,}014\,(1-\cos\alpha)^2 \quad . \tag{19}$$

Таким образом, относительная вариация запасов для пластов, кондиционных по мощности и качеству в пределах оцениваемого однородного участка (т.е. без ошибки площади за счет оконтуривания). составит:

$$V_Q^2 = \frac{D_m}{m^2} + \frac{DA^d \cdot \kappa^2}{d^2} + 0{,}14\,(1-\cos\alpha)^2 \quad . \tag{20}$$

При разведке пластов, кондиционных по мощности и качеству не на всей площади разведочного участка, часто наибольший вклад в суммарную вариацию запасов вносит дисперсия за счет их оконтуривания. Относительная дисперсия оценки за счет граничного эффекта при оконтуривании составляет (Матерон Ж., 1968):

$$\frac{D_{S^{оконт}}}{S^2} = \frac{1}{n^2}\left[\frac{N_1}{6} + 0{,}0609\,\frac{N_2^2}{N_1}\right] \quad , \tag{21}$$

где n – общее число квадратных ячеек внутри контура, N_1 и N_2 – половины количества оконтуривающих элементов a_1 и a_2 при замене плавного контура ломаным (рис.5а) выбираются с условием $N_2 \geq N_1$.

Величина $const(T) = \dfrac{\frac{N_1}{6} + 0{,}0609\,\frac{N_2^2}{N_1}}{\sqrt{n}}$ является постоянной для данного контура и представляет меру его изменчивости (контурный модуль).

Тогда

$$\frac{D_{S^{оконт}}}{S^2} = \frac{const(T)}{n\sqrt{n}} \quad . \tag{22}$$

Если часть контура представляет собой границы, не влияющие на точность оконтуривания (границы участка, выходы пластов, условные границы по изогипсе и т.д.), то оконтуривающие элементы по этим границам в расчет не принимаются (рис.5,б).

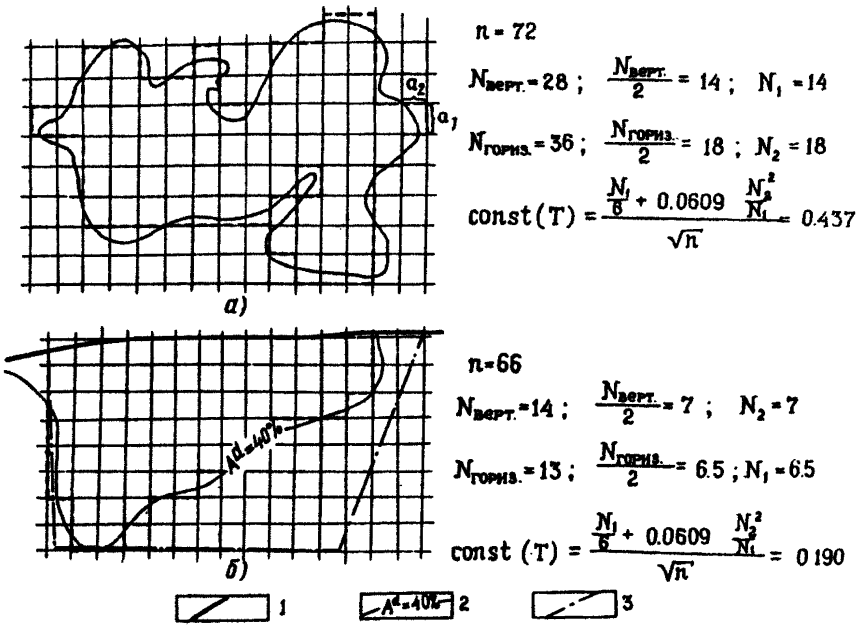

Рис.5. Примеры расчета контурного модуля *const* (T) по И.Матерону

а – при полном оконтуривании, б – при неполном оконтуривании; 1 – выход пласта, 2 – граница кондиционной зольности; 3 – граница участка

Основные формулы для расчета параметров разведочной сети приводятся ниже.

Для пластов, кондиционных на всей оцениваемой площади S, количество скважин n составит:

$$n = \frac{V_Q^2 \cdot t^2}{(\Delta Q_{доп})^2} \quad , \tag{23}$$

где V_Q^2 принимается по формуле (20), $t^2 = t_1^2 \cdot S$, t_1^2 и $Q_{доп}$ принимаются из таблицы.

Для пластов, кондиционных на части оцениваемой площади, расчетные формулы будут:

$$n=\left[\sqrt[3]{\frac{\gamma}{2\alpha}+\sqrt{\left(-\frac{\beta}{3\alpha}\right)+\left(-\frac{\gamma}{2\alpha}\right)}}+\sqrt[3]{\frac{\gamma}{2\alpha}-\sqrt{\left(-\frac{\beta}{3\alpha}\right)+\left(-\frac{\gamma}{2\alpha}\right)}}\right]^2 \quad (24)$$

при $\left[\left(-\frac{\beta}{3\alpha}\right)+\left(-\frac{\gamma}{2\alpha}\right)\right]\geq 0$,

$$n=\frac{4\beta}{3\alpha}\left(\cos\frac{\varphi}{3}\right) \quad (25)$$

при $\left[\left(-\frac{\beta}{3\alpha}\right)+\left(-\frac{\gamma}{2\alpha}\right)\right]<0$,

где $\alpha=(\Delta Q_{доп})$; $\gamma=const(T)$; $\cos\varphi=\frac{\gamma}{2\alpha\sqrt{\left(\frac{\beta}{3\alpha}\right)^3}}$; $\beta=t^2\cdot V_Q^2$.

Плотность разведочной сети определяется делением расчетного количества скважин n на площадь S :

$$C=\frac{n}{S}\ скв/км^2 ,$$

расстояние между скважинами по квадратной сети:

$$\ell=\frac{1}{\sqrt{C}} .$$

Независимо от того, для какой промышленной категории производился расчет, за величину S принимается площадь балансовых запасов всего разведочного участка. Расчетное количество скважин для различных частей разведочного участка устанавливается путем умножения плотности сети, полученной для всего разведочного участка, на соответствующую площадь оценки.

В описанной методике нас интересует решение обратной задачи – оценки разведанности запасов. Для этого по выделенным блокам производится расчет необходимой плотности разведочной сети для категоризации запасов по промышленным категориям А, В и C_1 либо C_2. Расчетные величины сравниваются с фактической плотностью разведочной сети для категоризации запасов в пределах каждого блока и на этом основании дается предварительное заключение о категории запасов, которое уточняется в соответствии с данными разведанности условий их залегания.

Для упрощения пользования этой методикой нами были составлены номограммы для определения плотности сети на запасах категории А для разведочных участков с площадью внутри контура балансовых запасов I км^2, I0 км^2 и I00 км^2 (рис.6,7,8). Плотность

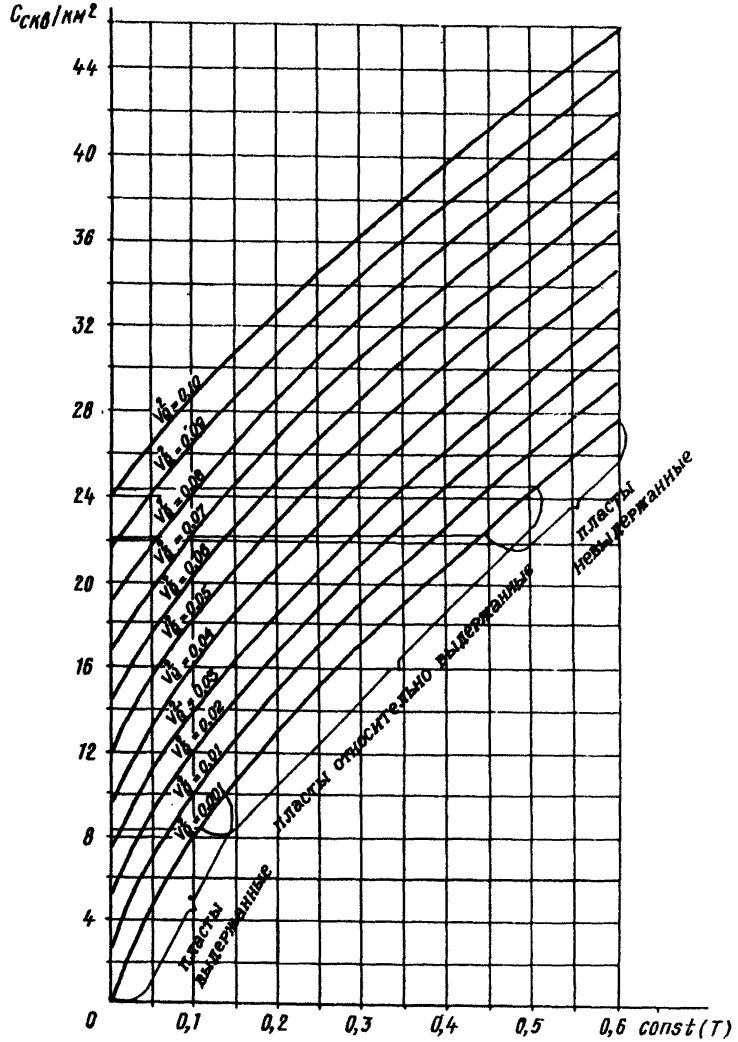

Рис.6. Номограмма для определения плотности сети на запасах категории А ($S_{уч.}$ = I км^2)

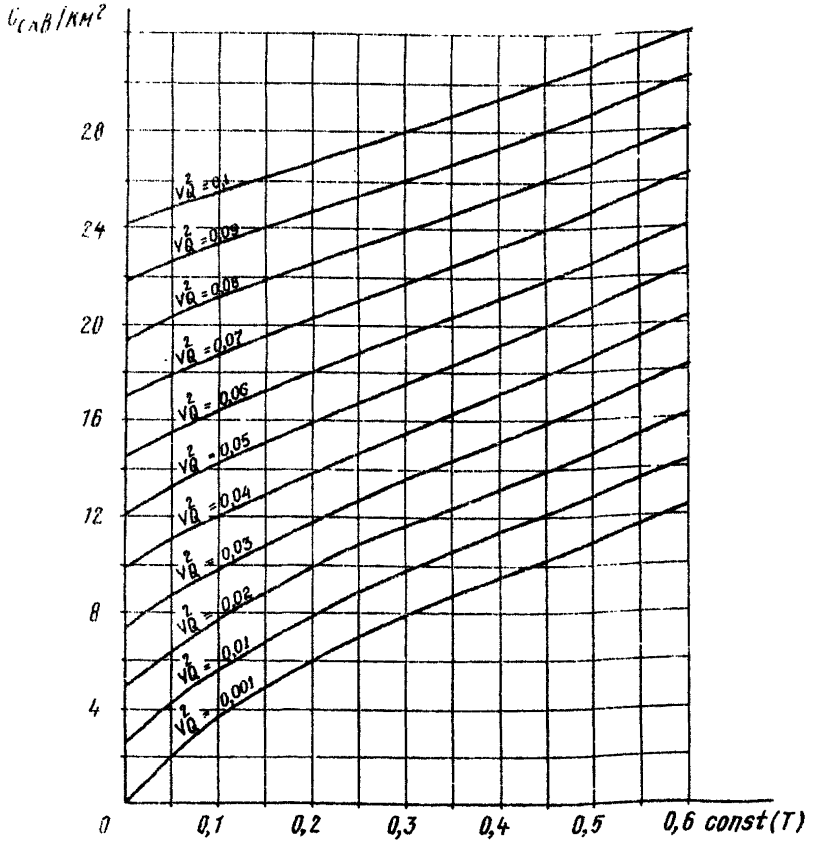

Рис.7.Номограмма для определения плотности сети на запасах категории А ($S_{уч.}$ = 10 км^2)

сети на блоках запасов категории А для конкретных участков определяется путем интерполирования результатов, полученных по этим номограммам, плотность сети на блоках запасов других категорий – из величины плотности сети на запасах категории А с помощью переходных формул:

$$C_B = 0{,}57\ C_A,$$
$$C_{C_1} = 0{,}25\ C_A,$$
$$C_{C_2} = 0{,}09\ C_A.$$

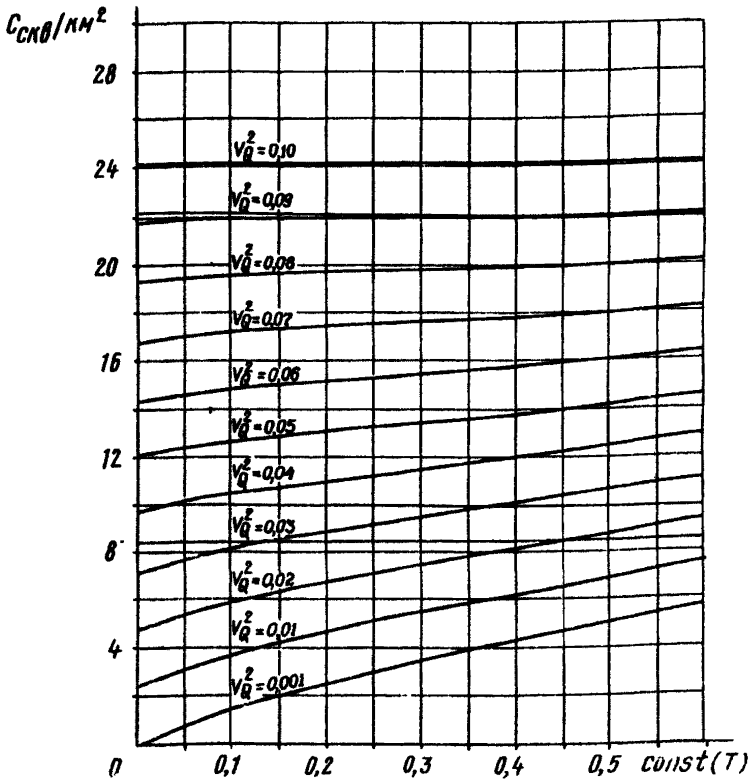

Рис.8. Номограмма для определения плотности сети на запасах категории А ($S_{уч.}$ = 100 км^2)

Рассмотрим на конкретном примере методику объективной категоризации запасов на основе сопоставления плотности сети, фактически достигнутой в подсчетном блоке, и плотности, необходимой для достижения точности и достоверности количественных характеристик запасов, достаточных для их отнесения к определенной категории.

Пусть нам необходимо оценить правильность отнесения к категории В запасов подсчетного блока площадью 3,4 км^2, в пределах которого имеется (вместе с граничными) 15 пластопересечений, по данным которых в блоке определены следующие оценки геолого-промышленных параметров:

- коэффициент вариации мощности пласта V_m = 20%;
- среднеквадратическое отклонение зольности угля σA^d = 5%;
- объемная масса угля при зольности A^d в блоке d = 1,63т/м^3;
- средний угол падения пород в блоке α = 21^0;
- контурный модуль площади балансовых запасов $const(T)$ = 0,27.

Площадь распространения балансовых запасов на участке $S_{уч}$ = 23 км^2.

Рассчитаем величину относительной вариации запасов в данном блоке (без вариации площади за счет оконтуривания):

$$V_Q^2 = \frac{D_m}{m^2} + \frac{DA^d \cdot \kappa^2}{d^2} + 0{,}14(1-\cos\alpha)^2 , \qquad (26)$$

где $\frac{D_m}{m^2} = \left(\frac{V_m}{100}\right)^2 = 0{,}04$; $\frac{DA^d \cdot \kappa^2}{d^2} = \frac{(\sigma A^d)^2 \cdot (0{,}01)}{d^2} = 0{,}0009$,

$0{,}14\ (1-\cos\alpha)^2 = 0{,}14(1-0{,}9334)^2 = 0{,}0006$,

$V_Q^2 = 0{,}040 + 0{,}0009 + 0{,}0006 = 0{,}0415$.

Определим плотность сети для запасов категории В. По номограмме на рис.7 определим плотность сети в блоках запасов категории А для участка площадью 10 км^2 по величинам $V_{Q_i}^2 = 0{,}0415$ и $const(T) = 0{,}27$. Она составит 15,3 скв/км^2.

По номограмме на рис.8 определим плотность сети на блоках категории А по тем же параметрам для площади участка 100 км^2. Она составит 11,6 скв/км^2.

Определим способом интерполяции плотность сети на запасах категории А для участка площадью балансовых запасов 23 км^2:

$$15{,}3 - \frac{15{,}3 - 11{,}6}{100-10}(23-10) = 14{,}76 \text{ скв/км}^2.$$

Для запасов категории В необходимая и достаточная плотность сети будет равна:

$C_B = 0{,}57 \cdot C_A = 0{,}57 \cdot 14{,}76 = 8{,}42$ скв/км^2.

Для запасов категории C_I расчетная плотность сети будет:

$C_{C_I} = 0{,}25 \cdot C_A = 0{,}25 \cdot 14{,}76 = 3{,}69$ скв/км^2.

Фактическая плотность сети в оцениваемом блоке равна:

$$C_Ф = \frac{15 \text{ скв}}{3{,}4 \text{ км}^2} = 4{,}4 \text{ скв/км}^2.$$

Таким образом, запасы оцениваемого блока не могут быть отнесены к категории В, а должны квалифицироваться по категории C_1.

В приведенном выше примере принято, что количество скважин в подсчетном блоке достаточно для того, чтобы получить оценку вариации запасов с удовлетворительной надежностью, но обычно число скважин в подсчетном блоке явно недостаточно для сколько-нибудь удовлетворительной надежности такой оценки. Поэтому при практических расчетах приходится пользоваться более надежной усредненной оценкой, использующей данные не только оцениваемого, но и других блоков стратиграфически однородной площади подсчета запасов. Однако для этой цели некорректно воспользоваться оценкой общей вариации запасов, полученной в целом для однородной площади подсчета, так как в этой оценке будут принимать участие и низкочастотные гармоники изменчивости (в том числе трендовая составляющая), которые не вносят вклад в погрешности оценок геолого-промышленных параметров и потому не должны влиять на оценку степени разведанности.

Низкочастотные составляющие изменчивости геолого-промышленных параметров большей своей частью исключаются при оценке изменчивости отдельно по подсчетным блокам. Если воспользоваться терминологией однофакторного дисперсионного анализа, они представляют собой дисперсию между группами (блоками), в то время как остальные составляющие общей изменчивости, которые являются источником погрешностей из-за дискретности разведочной сети, представляют внутригрупповую (внутриблоковую) дисперсию. Именно исходя из последней, следует оценивать разведанность запасов в подсчетных блоках.

Средняя оценка внутриблоковой дисперсии $\overline{V}^2_{Q_i}$ может быть получена из оценок $V^2_{Q_i}$ по всем N подсчетным блокам, в каждом из которых имеется n_i пластопересечений:

$$\overline{V}^2_{Q_i} = \frac{\sum_{i=1}^{N} V^2_{Q_i}(n_i - 1)}{\sum_{i=1}^{N}(n_i - 1)} \qquad (27)$$

С помощью оценки $V^2_{Q_i}$ и контурного модуля $const(T)$ по номограмме рассчитывается или определяется плотность сети пересечений пласта для квалификации запасов по категориям разведанности во всех подсчетных блоках, в которых рассчитанная по блоку

вариация запасов V^2_{Qi} не отличается от $\bar{V}^2_{Qi}$ настолько, что их различие становится статистически значимым.

Статистическая проверка гипотезы о равенстве неизвестных дисперсий по их оценкам V^2_{Qi} и $\bar{V}^2_{Qi}$ выполняется с помощью F-критерия при уровне значимости 0,05 и степенях свободы $f_1 = n_i - 1$ и $f_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(n_i - 1)}{N}$. Если отношение $\frac{V^2_{Qi}}{\bar{V}^2_{Qi}}$ по i-му блоку превышает табличное $F_{0,05}$, то расчет или определение по номограмме плотности сети пересечений для квалификации запасов проводится не по $\bar{V}^2_{Qi}$, а по V^2_{Qi}.

Приведем пример оценки изученности по категориям запасов пласта I Перелюбского месторождения горючих сланцев Волжского сланцевого бассейна по результатам предварительной разведки (табл.5). На плане подсчета запасов было выделено восемь подсчетных блоков площадью 14,1-28,9 км, в каждом из которых имеется от 10 до 46 разведочных пересечений пласта. В каждом блоке была определена по формуле (Посудиевский А.Б., 1976) относительная вариация запасов, в которую основной вклад вносит изменчивость мощности пласта $\frac{D_m}{\bar{m}^2}$. Изменчивость за счет объемной массы в связи с выдержанностью качества горючего сланца оказалась невелика и была принята для каждого блока равной расчетной $\frac{DA\sigma \cdot K^2}{d^2}$ по всему пласту - 0,0036. В связи с горизонтальным залеганием пластов вариация запасов за счет углов падения отсутствует. Контурный модуль по пласту составил $const\,(T) = 0,3198$. Средняя оценка внутриблоковой вариации $\bar{V}^2_{Qi}$, рассчитанная по формуле (27), составила 0,0131. Среднее число пластопересечений в блоке $\bar{n}_i = 23$. Эмпирическое отношение дисперсий $\frac{V^2_{Qi}}{\bar{V}^2_{Qi}}$ для всех блоков оказалось меньше табличного $F_{0,05}$ со степенями свободы $n_i - 1$ и $\bar{n}_i - 1$. Поэтому при определении плотности сети по всем блокам принималась оценка $\bar{V}^2_{Qi} = 0,0131$.

По результатам сопоставления расчетных значений плотности сети для категорий C_1 и C_2 с фактической плотностью сети пересечений пласта в подсчетных блоках запасы в блоках 1-4 были квалифицированы по категории C_1, а в блоках 5-8 - по категории C_2.

Такая категоризация запасов была выполнена по остальным предварительно разведанным пластам месторождения и впоследствии успешно защищена в ЦКЗ Мингео СССР.

Таблица 5

Оценка разведанности запасов подсчетных блоков пласта I на участке предварительной разведки Перелюбского месторождения горючих сланцев

Номер блока	Площадь блока, км²	Кол-во пересечений пласта в блоке	Относительная вариация запасов $V^2_{Q_i}$	Значения F-критерия		Значение $V^2_{Q_i}$, принятое для расчета плотности сети	Контурный модуль const(T)	Фактическая плотность сети в блоке (скв/км²)	Расчетная плотность сети для запасов категорий (скв/км²)		Рекомендуемая категория запасов
				Эмпирич. $\frac{V^2_{Q_i}}{\overline{V}^2_{Q_i}}$	Табл. $F_{0,05}$ f_1, f_2				C_I	C_2	
I	I6,4	37	0,0I02	0,78	I,96	0,0I3I	0,3I98	2,25	I,60	0,60	C_I
2	28,9	46	0,0I25	0,95	I,93	0,0I3I	0,3I98	I,59	I,60	0,60	C_I
3	I4,I	29	0,0I35	I,03	2,00	0,0I3I	0,3I98	2,06	I,60	0,60	C_I
4	I5,6	2I	0,02I0	I,60	2,07	0,0I3I	0,3I98	I,34	I,60	0,60	C_I
5	I8,7	I0	0,0063	0,48	2,35	0,0I3I	0,3I98	0,53	I,60	0,60	C_2
6	I7,2	I2	0,0093	0,7I	2,27	0,0I3I	0,3I98	0,70	I,60	0,60	C_2
7	I6,4	I4	0,0I38	I,05	2,23	0,0I3I	0,3I98	0,85	I,60	0,60	C_2
8	25,8	I2	0,0267	2,04	2,27	0,0I3I	0,3I98	0,47	I,60	0,60	C_2

Примечание. $\overline{n}_i = 23$; $V^2_{Q_i} = 0,0I3I$.

Использование требований к изученности качества углей при оценке разведанности их запасов

Требования к изученности качества углей, приведенные в нормативных документах ГКЗ Мингео СССР и Минуглепрома СССР, влияют на оценку разведанности запасов в трех аспектах:

1) изученность абсолютных величин показателей качества углей по керновым пробам при их сопоставлении с действующими кондициями влияет на достоверность определения народнохозяйственного значения запасов (балансовые, забалансовые, неподсчитываемые), а также на надежность оценки их количества за счет сложности контура площади распространения;

2) изученность изменчивости показателей качества в пределах подсчетных блоков (с учетом действующих кондиций) в значительной мере определяет квалификацию запасов в блоках по категориям разведанности, а в целом для участка – правильность его классификации по степени сложности геологического строения для целей разведки;

3) изученность влияния зольности угля на кажущуюся плотность непосредственно определяет точность оценки количества запасов в подсчетном блоке.

Эти аспекты, как следует из изложенного в предыдущем разделе, полностью учтены в методике оценки суммарной относительной вариации запасов и сложности контура площади подсчета, которые определяют разведанность запасов при данной плотности сети пересечений пласта. Поэтому отдельно вопрос о количественных критериях изученности качества угля (сланца) при оценке разведанности запасов не рассматривается.

Обоснование категоризации разведанных запасов по показателю изученности условий их залегания

Кроме характеристики надежности оценки количества запасов и качества полезного ископаемого, необходимой компонентой обоснования разведанности запасов является характеристика изученности условий залегания пластов, т.е. характеристика изученности пространственного положения разведанных запасов.

По нашему мнению, в качестве наиболее приемлемой меры изученности пространственного положения запасов месторождения может

быть принят уже рассмотренный выше показатель, названный ошибкой геометризации гипсометрии пласта.

Э.М.Пех в 1983 г. предложил для месторождений Кузбасса для категоризации запасов определять величину ошибки геометризации почвы пласта по гипсометрическим или подсчетным планам с использованием геологических разрезов как разность между фактическими и прогнозными абсолютными отметками почвы или кровли угольного пласта. Прогнозная отметка рассчитывалась им по правилам интерполяции между соседними точками (подсечениями), находящимися на прямой, близкой к простиранию пласта.

Кроме расчета ошибок интерполяции указывалась авторская категоризация запасов у искомого подсечения и фиксировалась нарушенность в пределах линии интерполяции или вблизи нее.

Обработка полученной информации заключалась в интервальных расчетах средних значений ошибок интерполяции ($\Delta h_{ср.}$), средних расстояний интерполяции ($\ell_{ср}$) и построении графиков зависимости между ними. Анализировалась правильность авторских геологических построений и достоверность выделенных категорий запасов. Предложено для выделения категории запасов А принять значение ошибки геометризации Δh (%) в основном до 4 м, при единичных пластопересечениях (не более 10%) до 8 м; категория В выделяется со значением Δh в основном до 8 м, при некотором участии (до 25%) пластопересечений со значением Δh до 12 м. Выделение запасов категории C_1 ошибками интерполяции не ограничивается.

Приведенные выше (см.рис.4) графики зависимости ошибок геометризации от расстояния между разведочными пересечениями для различных структурно-морфологических типов угольных месторождений показывают, что характер изменения ошибок геометризации на всех угольных месторождениях в пределах определенного интервала расстояний, названного интервалом разведки, постоянен. На этом интервале ошибки геометризации возрастают интенсивно и их градиент зависит от группы сложности геологического строения участка. Вне интервала разведки график заметно выполаживается, приобретая асимптотический характер. Таким образом, характер кривых ошибок геометризации в значительной степени зависит от расстояний между выработками; на них возможно выделить участки быстрого возрастания (ошибка геотметризации Δh) и участок, где увеличение ошибок с ростом расстояний между выработками замедляется (ошибка геометризации $\Delta h_{м}$). Наличие участка возрастания Δh (т.е. интервала

разведки) позволяет использовать эти графики для количественной оценки разведанности пространственного положения залежи.

Расчет величин ошибок геометризации, выполненный нами по большому числу угольных месторождений различного геолого-промышленного типа, запасы которых утверждены в ГКЗ СССР и успешно отрабатываются, показал, что при ошибках геометризации (Δh) менее 8 м запасы могут рассматриваться как разведанные по категориям А, В и C_I, а при больших ошибках – только как предварительно оцененные по категории C_2.

В разделе предлагаемой методики оценки сложности тектоники угольных месторождений на основе эмпирических данных по различным угольным бассейнам установлены предельные значения ошибок интерполяции гипсометрии почвы или кровли угольного пласта на разведочных участках разных групп сложности ($\Delta h_м$). На графиках зависимости ошибки интерполяции от расстояния между точками замера точка достижения уровня стабилизации Δh на абсциссе отмечает максимальный предел интервала разведки ($\ell_р$), за которым увеличение шага замера гипсометрии не приводит к увеличению средней ошибки Δh (см.рис.4). Уровень стабилизации средних гипсометрических погрешностей $\Delta h_м$, как уже говорилось, объективно характеризует степень сложности тектоники участка, а изменение Δh в пределах интервала разведки $\ell_р$ в зависимости от расстояния между точками замера может быть использовано для характеристики степени разведанности участка в отношении тектонического фактора. Однако для этого следует задаться обоснованными предельными значениями величины Δh, допустимыми для каждой категории разведанности запасов (А, В, C_I).

Э.М.Пах, как было сказано выше, предлагает принять величины ошибки геометризации для выделения категории А в основном до 4 м при единичных пересечениях (до 10%) не более 8 м, категории В – в основном до 8 м при участии до 25% значений до 12 м, категории C_I – без ограничения по величине Δh. Следует отметить, что эти цифры установлены Э.М.Пахом путем прямого расчета ошибок геометризации как разности между фактическим и интерполированным значениями отметок по разработанной им методике. Эта методика предусматривает определение интерполяционного значения отметки методом линейной интерполяции, а это ведет к завышению погрешностей. Поэтому приведенные выше критические значения Δh неприменимы к рассчитанным нами графикам, построенным на основе метода

последовательных разностей и оценивающим погрешности нелинейной интерполяции.

Рассмотрим возможность обоснования предельных значений ошибки нелинейной интерполяции гипсометрии почвы или кровли пласта для блоков различных промышленных категорий запасов с учетом рекомендаций Инструкции ГКЗ СССР [3] о расстояниях между скважинами на блоках запасов категорий А, В и C_I (см.табл.2).

Приведенные в табл.2 Инструкции ГКЗ ориентировочные расстояния между разведочными линиями и скважинами в линиях относятся к тектонически однородным блокам, т.е. могут быть распространены только на месторождения I-й группы сложности геологического строения. Примечание к таблице дает указание о расстояниях между линиями и скважинами на блоках запасов категории В для месторождений 2-й группы сложности. Пользуясь этими данными, определим минимальные рекомендуемые плотности сети скважин для блоков различных категорий запасов. Для месторождений I-й группы это будут:

- в блоках запасов категории А - 800х400 м = 0,32 км^2;

I/0,32 = 3 скв/км^2;

- в блоках запасов категории В - I200х600 м = 0,72 км^2;

I/0,72= I,4 скв/км^2;

- в блоках запасов категории C_I - 2000хI000 м = 2,0 км^2;

I/2,0 = 0,5 скв/км^2;

Для месторождений 2-й группы эти значения составят:

- в блоках запасов категории В - 800х400 м = 0,32 км^2;

I/0,32 = 3 скв/км^2;

- в блоках запасов категории C_I - I200х600 м = 0,72 км^2;

I/0,72 = I,4 скв/км^2.

Этим плотностям сети соответствуют средние расстояния между скважинами (по квадратной сети) для месторождений I-й группы:

- в блоках запасов категории А-550 м, (ℓ_A = $=\sqrt{\text{I скв}/\text{3 скв/км}^2}$ = 0,55 км);

- в блоках запасов категории В - 850 м, (ℓ_B = $=\sqrt{\text{I скв/I,4 скв/км}^2}$ = 0,85 км);

- в блоках запасов категории C_I - I400 м (ℓ_{C_1} = $=\sqrt{\text{I скв/0,5 скв/км}^2}$ = I,4 км).

Для месторождений 2-й группы:

- в блоках запасов категории В - 550 м (ℓ_B = $=\sqrt{\text{I скв/3 скв/км}^2}$ = 0,55 км);

в блоках запасов категории C_1 – 850 м, (ℓ_{C_1} = $\sqrt{1 \text{ скв}/1{,}4 \text{ скв}/\text{км}^2}$ = 0,85 км).

Используем рассчитанные максимальные расстояния между скважинами в блоках различных категорий запасов для обоснования максимальных погрешностей интерполяции гипсометрических отметок поверхностей почвы или кровли угольных пластов с помощью графика зависимости этих погрешностей от расстояний между скважинами на рис.4.

Максимальному расстоянию между скважинами для блоков категории А участков I-й группы (ℓ_A = 550 м) соответствует граничное со 2-й группой значение погрешности интерполяции ≈ 3 м (см.рис.4). Это значение следует принять в качестве критерия (предельного значения) для выделения блоков категории А.

Максимальному расстоянию для блоков категории В участков I-й группы (ℓ_B = 850 м) соответствует предельное значение погрешностей ≈3,7 м, находящееся уже в зоне асимптотического выполаживания на графике рис.4 границы между областями погрешностей для участков I-й и 2-й групп, т.е. в зоне, где уже отсутствует зависимость между величиной погрешности и расстоянием между скважинами. Поэтому максимальное значение Δh_M для блоков категории В определим по линии максимальных погрешностей на участках 2-й группы, разделяющей области погрешностей для участков 2-й и 3-й групп. Максимальному шагу замеров в блоках категории В на участках 2-й группы (ℓ_B = 550 м) соответствует предельное значение Δh_M, равное ≈5 м. Для блоков категории C_1 участков 2-й группы (ℓ_{C_1} = 850 м) максимальное значение Δh_M будет равно ≈8 м.

Таким образом, предельные значения ошибок интерполяции гипсометрии отнесения блоков подсчетных запасов к разным промышленным категориям (Δh_M) составляют: в блоках категории А – 3 м, В – 5 м; C_1 – 8 м.

Эти значения Δh_M предлагается использовать в качестве критериев для квалификации запасов в разведочных подсчетных блоках по промышленным категориям по признаку разведанности тектоники. Для этого на эмпирическом графике зависимости величины погрешности гипсометрии от расстояния между скважинами данного участка-пласта определяются соответствующие указанным критериям максимально допустимые расстояния для каждой категории запасов, которые затем сравниваются со средними расстояниями между скважинами в оцениваемых подсчетных блоках. Так, для поля шахты Абай-

ской в Карагандинском бассейне по пласту $к_{14}$ (см.график Шб на рис.4) к категории А должны быть отнесены запасы в блоках, где расстояния между скважинами не превышают 250 м (по критерию Δh_A = 3 м), к категории В - 400 м (Δh_B = 5 м) и к категории C_I - 500 м (Δh_{C_1} = 8 м).

Как следует из рис.4, значимость критерия максимальной погрешности гипсометрии различна для разведочных участков разных групп сложности геологического строения. Если для участков I-й группы может быть использован только критерий Δh_A - для блоков категории А (так как область фактических погрешностей на участках I-й группы лежит ниже уровней критериев для категорий В и C_I), то для участков 2-й группы действительны критерии Δh_A (кат. А) и Δh_B (кат.В), а для участков 3-й группы - все три критерия - Δh_A, Δh_B и Δh_{C_1} (кат. А, В и C_I).

Дальнейшее накопление статистических данных по ошибкам геометризации в зависимости от расстояний между выработками может привести к уточнению количественных критериев разведанности пространственного положения залежей для разных категорий запасов.

В заключение следует отметить, что предлагаемая методика количественной оценки степени разведанности пространственного положения запасов через вычисление ошибки геометризации представляется достаточно объективной, а выведенные в ней предельные значения ошибок для различных категорий запасов могут быть использованы как дополнительные количественные критерии в Инструкции классификации запасов ГКЗ СССР.

Заключение

Рассмотренные методы оценки сложности геологического строения месторождений и разведанности запасов по промышленным категориям, так же как и соответствующие им количественные критерии, могут быть использованы при разведке участков разных геолого-промышленных типов независимо от структурно-генетической позиции бассейна или месторождения. Их применение в практике геологоразведочных работ позволит значительно снизить вероятность ошибок в обосновании геолого-геофизических углеразведочных комплексов и в оценке результатов разведки, сказывающихся на подготовленности месторождения к промышленному освоению. Для этого необходимо узаконить использование научно обоснованных количественных мето-

дик и критериев в отчетах о геологоразведочных работах путем введения их в нормативные документы (инструкции, утвержденные методические рекомендации) ГКЗ и Мингео СССР.

Литература

1. ВИНИЦКИЙ А.Е., БОГАЧЕВА Л.Д. Методика расчета плотности сети скважин детальной разведки на угольных месторождениях Донецкого бассейна // Новые методы поисков и разведки месторождений твердых горючих ископаемых. – Л. – 1984. – С.34–43.

2. ЖИНГЕЛЬ И.П. Метод выявления зон тектонической нарушенности на угольных месторождениях Кузбасса. Разведка и охрана недр, 1985, № 8, с.26–28.

3. ИНСТРУКЦИЯ по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев. – М. – 1983. – С.1–47.

4. ИНСТРУКЦИЯ о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету запасов углей и горючих сланцев. – М. – 1984. – С.1–40.

5. ЛУКИНОВ В.В., ПИМОНЕНКО Л.И. Оценка тектонических условий залегания угленосных отложений. – С.13. Деп. ВИНИТИ, 1989.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ требования угольной промышленности к геологоразведочным работам и исходным геологическим материалам, представляемым для проектирования шахт и разрезов. – М.: 1986. – С.1–35.

Оглавление

Введение I

Анализ существующих методов оценки нарушенности угольных месторождений 2

Методы оценки тектонической нарушенности, основанные на принципе аналогии (методы типизации) 2

Методы оценки нарушенности с использованием количественных показателей 6

Методы оценки дизъюнктивной нарушенности 6

Методы оценки пликативной нарушенности 8

Методы, совместно оценивающие разрывную и складчатую нарушенность 9

Методика оценки сложности тектоники угольных месторождений по величине расчетной погрешности интерполяции гипсометрии поверхностей I6

Рекомендации по количественному обоснованию групп сложности геологического строения, выделяемых Инструкцией ГКЗ 22

Категоризация запасов углей на основе количественной оценки изученности основных геолого-промышленных параметров залежи 23

Обоснование категоризации разведанных запасов на основе оценок точности и достоверности их количественных характеристик ... 24

Использование требований к изученности качества углей при оценке разведанности их запасов 36

Обоснование категоризации разведанных запасов по показателю изученности условий их залегания 36

Заключение 4I

Литература 42

gost.e-ecolog.ru