



**А.Л. Панфилов**  
канд. геол.-мин. наук  
Горный университет<sup>1</sup>  
доцент кафедры геологии  
panfilov50@list.ru



**Т.Б. Рогова**  
д-р техн. наук  
КузГТУ<sup>2</sup>  
профессор кафедры  
маркшейдерского дела и геологии  
rogib@mail.ru



**С.В. Шаклеин**  
д-р техн. наук  
КФ ИВТ СО РАН<sup>3</sup>  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории геоинформационного  
моделирования  
svs1950@mail.ru

# Проектирование сети скважин эксплуатационной разведки вновь осваиваемых месторождений (на примере Новомосковского месторождения гипса)

1. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Россия, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, 2; 2. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. Россия, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28; 3. Кемеровский филиал Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук. Россия, 650025, Кемерово, ул. Рукавишниковая, 21.

*Отсутствие общепринятой методики обоснования плотности сети эксплуатационной разведки месторождений твердых полезных ископаемых обуславливает формальный подход недропользователей при составлении подраздела «Эксплуатационная разведка» в составе проектной документации на выполнение работ по освоению недр. Такая методика должна основываться на зависимости между плотностью сети и ожидаемой погрешностью геометризации, устанавливаемой по данным, полученным на стадии разведки. На примере Новомосковского месторождения гипса показана технология обоснования плотности сети скважин эксплуатационной разведки, позволяющая получать оценки изучаемого показателя с заданной точностью*

**Ключевые слова:** эксплуатационная разведка; плотность разведочной сети; погрешность геометризации; мощность потолочины

**В** соответствии с требованиями горного законодательства при освоении месторождения недропользователь обязан осуществлять эксплуатационную разведку, целью которой является своевременное получение достоверной информации, необходимой для оперативного планирования, безопасного и эффективного ведения горных работ. Обоснование плотности сети скважин эксплуатационной разведки должно содержаться в подразделе «Эксплуатационная разведка» в составе проектной документации на разработку месторождений полезных ископаемых [1], но часто подменяется изложением лишь общих соображений и подходов из-за отсутствия соответствующей методики. Это не позволяет недропользователю в полной мере исполнять принятые перед государством обязательства, что сказывается на уровне промышленной безопасности ведения горных работ, полноте использования недр [2] и осложняет контроль исполнения условий пользования недрами органами государственного геологического надзора. Поэтому вопрос обоснованности плотности сети скважин эксплуатационной разведки является актуальным.

Плотность сети эксплуатационной разведки должна обеспечивать получение оценок наиболее значимых характеристик месторождения с заданной точностью. Установление количественной связи погрешности геометризации характеристики и плотности сети эксплуатационной разведки на стадии составления проектной документации вновь осваиваемых месторождений усложняется тем, что исходная информация ограничена данными

разведки, поскольку данные горных работ отсутствуют.

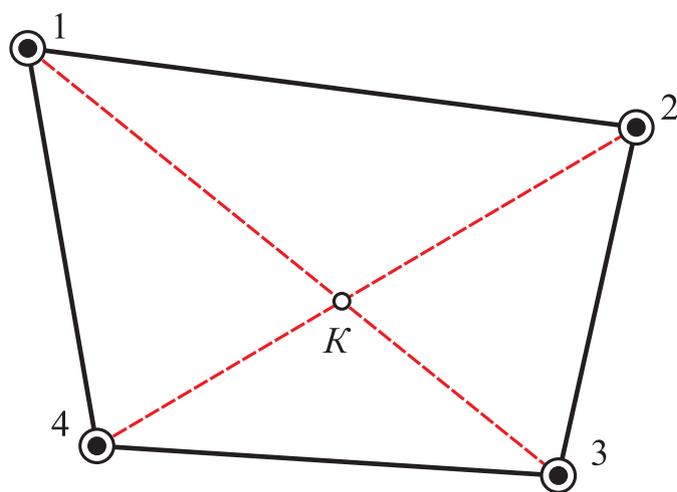
Методика предрасчета ожидаемой погрешности геометризации наиболее значимых характеристик месторождений по данным разведочных работ была разработана для угольных месторождений [3], рекомендована к практическому применению решениями НТС ФБУ ГКЗ (от 22.05.2007) и НТС ОЭРН (от 12.05.2011) и апробирована на месторождениях других видов минерального сырья [4, 5]. Область применения методики ограничена условием правомерности интерполяции количественных оценок наиболее значимых характеристик месторождения в пределах четырехугольных ячеек разведочной сети (оценочного блока). Интерполяция неправомерна, если в оценке общей изменчивости характеристики преобладает негеометризуемая компонента [2].

Критерием достоверности количественной оценки геологической характеристики в центре четырехугольной ячейки разведочной сети является расхождение между двумя интерполяционными ее значениями в точке пересечения диагоналей ( $K$  на **рис. 1**), соединяющих вершины ячейки (точечные оценки по скважинам), с учетом расстояний от вершин до точки пересечения диагоналей.

Зависимость устанавливается между погрешностью геометризации характеристики ( $m$ ) и средней площадью ячейки сети скважин в группе, объединяющих ячейки с относительно близкими площадями. Объединение ячеек в группы по площади дает возможность установить в пределах каждой группы эмпирическую вероятность  $P(m \leq M)$  того, что ожидаемая погрешность  $m$  не превысит некоторое заданное значение  $M$ .

Установление вида и параметров связи без объединения ячеек по интервалам величин площадей методически ошибочно и может приводить, вне зависимости от степени соответствия плотности сети измерений степени изменчивости геологической характеристики, к возникновению не только размытой, но и противостественной картины. Это связано с тем, что участки повышенной изменчивости имеют более низкую степень разведанности, чем простые, несмотря на то, что плотность разведочной сети по ним, как правило, выше. Более того, при идеально выполненных разведочных работах, ориентированных на достижение постоянного уровня погрешности, связь между погрешностью и площадью ячейки разведки должна отсутствовать.

Изложенные выше подходы были апробированы на уникальном по запасам Ново-



**Рис. 1.**  
Ячейка четырехугольной разведочной сети

**Таблица 1.**  
 Данные по группам ячеек разведочной сети

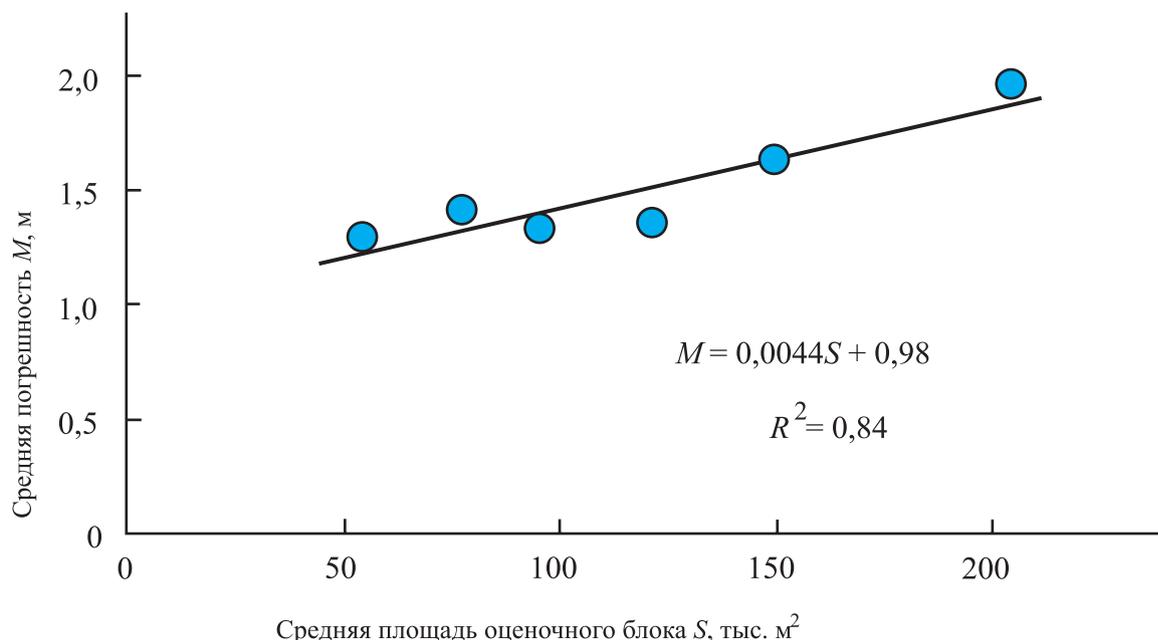
Интервал площади ячеек, тыс. м <sup>2</sup>	Среднее значение		Количество ячеек в группе	Количество ячеек, погрешность в которых превышает $M$	Эмпирическая вероятность $P(m \leq M)$
	площади $S$ , тыс. м <sup>2</sup>	погрешности $M$ , м			
менее 75	54,2	1,29	40	26	0,65
75–125	95,4	1,33	88	51	0,58
50–100	77,7	1,41	80	49	0,61
100–150	121,5	1,35	58	30	0,52
125–200	149,8	1,62	29	14	0,48
более 150	204,4	1,96	18	10	0,56

московском месторождении гипсового камня, расположенном в Тульской области. В пределах горного отвода участка месторождения по сети, близкой к квадратной, пробурено 176 разведочных скважин. Гипсовая залежь сложного строения мощностью до 30 м залегает на глубине 120 м. В составе залежи выделены водозащитная гипс-доломитовая потолочина, промышленная пачка гипса и нижняя – доломитовая пачка с прослоями гипса. Параметры камерно-столбовой системы разработки промышленной пачки гипса зависят от мощности потолочины, которая меняется от 0 до 15 м. Оценка мощности потолочины осуществляется по данным бурения скважин эксплуатационной разведки. Практикой освоения Новомосковского месторождения гипса пред-

усматривается, что на участках с мощностью потолочины более 6,5 м допустима сеть эксплуатационной разведки с расстоянием между скважинами в 60 м, а на участках с мощностью потолочины менее 6,5 м применяется сеть 30×30 м.

Для оценки точности геометризации мощности потолочины было выделено 164 ячейки разведочной сети, которые по диапазону изменения площадей были разделены на шесть групп (*табл. 1*). Согласно методике [4] установлена правомерность интерполяции оценок мощности потолочины в межскважинном пространстве и рассчитана погрешность ее геометризации.

Графическое представление данных *табл. 1* отражено в форме поля корреляции,



**Рис. 2.**  
 Зависимость погрешности геометризации мощности потолочины в оценочном блоке от его площади

Таблица 2.

Данные по группам ячеек разведочной сети с повышением уровня вероятности оценок

Интервал площади ячеек, тыс. м <sup>2</sup>	Средняя площадь $S$ , тыс. м <sup>2</sup>	Увеличенная в 1,5 раза погрешность $M$ , м	Количество ячеек в группе	Количество ячеек, погрешность в которых превышает $M$	Эмпирическая вероятность $P(m \leq M)$
менее 75	54,2	1,94	40	29	0,73
75–125	95,4	2,00	88	72	0,82
50–100	77,7	2,11	80	62	0,78
100–150	121,48	2,02	58	46	0,79
125–200	149,8	2,43	29	23	0,79
более 150	204,4	2,94	18	14	0,78

на **рис. 2**. Аппроксимация функции  $m = f(S)$  прямой показывает высокую степень зависимости ожидаемой погрешности геометризации от площади ячейки.

Вероятность того, что ожидаемая погрешность геометризации потолочины будет меньше величины  $M$ , низкая (0,5–0,6) и неприемлема по условиям обеспечения промышленной безопасности. Если увеличить уровень

погрешности в 1,5 раза, вероятность того, что ожидаемая погрешность геометризации будет меньше значения  $M = 1,95$ , возрастает до технически приемлемого значения 0,8 (**табл. 2**).

Линейная зависимость между погрешностью и площадью ячейки разведочной сети, при использовании которой в 80% случаев расчетная погрешность геометризации не превысит заданную, приведена на **рис. 3**.

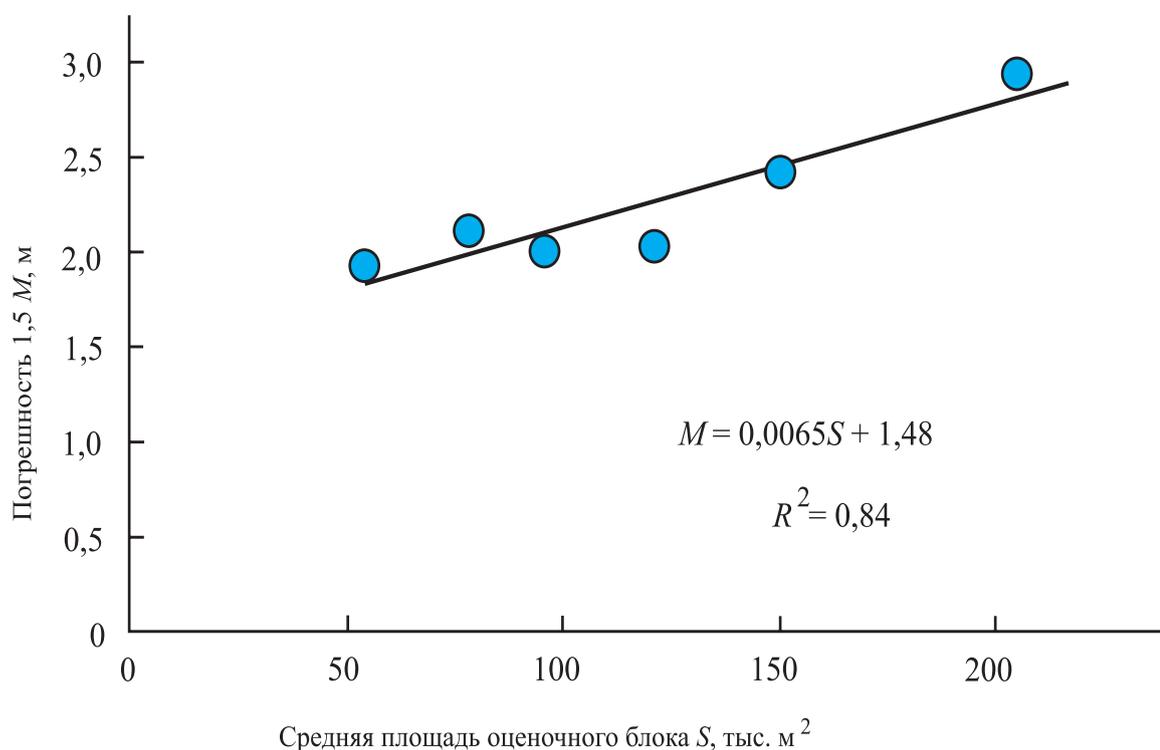


Рис. 3.

Зависимость погрешности геометризации мощности потолочины в оценочном блоке от его площади, обеспечивающая 80-процентный уровень вероятности получения требуемого результата

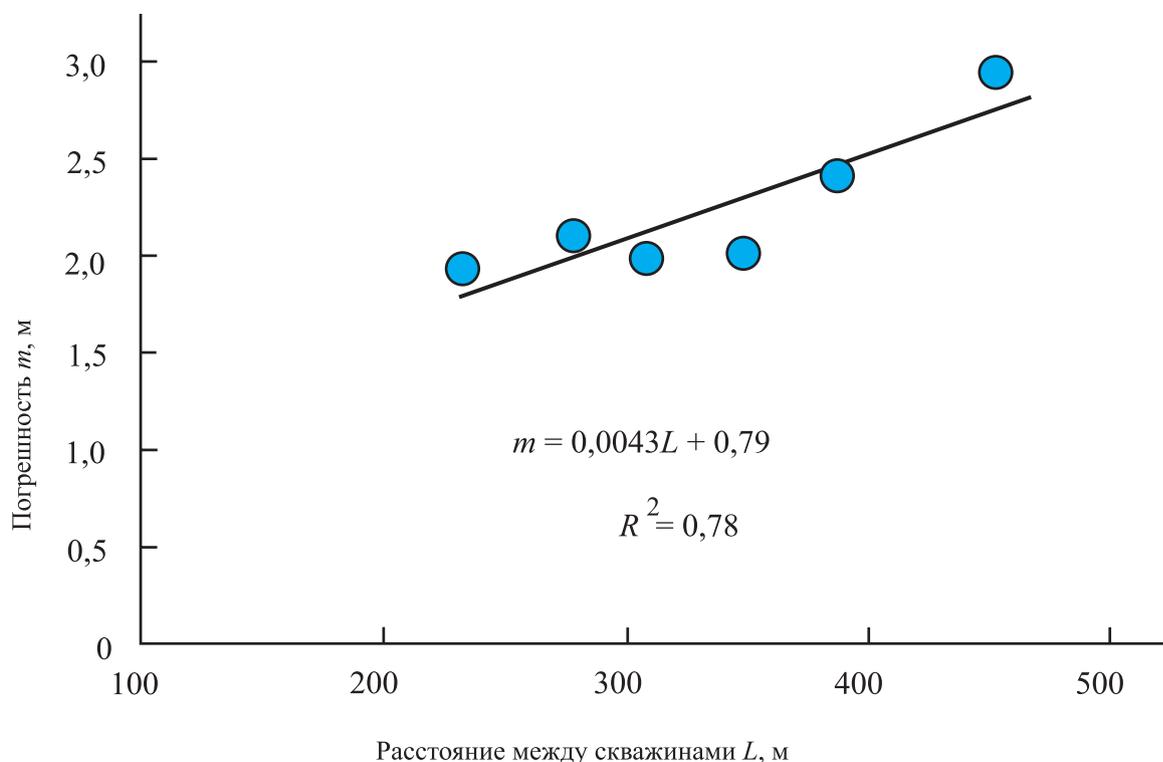


Рис. 4.

Зависимость погрешностей геометризации мощности потолочины в оценочном блоке от расстояния между скважинами, обеспечивающая 80-процентный уровень вероятности получения требуемого результата

Исходя из того, что по объекту сеть скважин близка к квадратной, приведенная на рисунке зависимость может быть преобразована в зависимость погрешности от расстояния между скважинами (рис. 4).

Для определения проектного расстояния между скважинами эксплуатационной разведки по сети  $L \times L$  (м) для условий Новомосковского месторождения зависимость, приведенную на рис. 4, следует преобразовать в выражение

$$L = 232,6m - 184$$

Используя данное выражение, можно рассчитать с вероятностью 0,8, что при ожидае-

мой погрешности  $m$  геометризации мощности потолочины в 1 м расстояние между скважинами квадратной сети следует принять в 50 м ( $L = 232,6 \times 1,0 - 184 = 48,6 \approx 50$  м). Разведочная сеть с расстояниями между скважинами в 150 м позволит оценить мощность потолочины с погрешностью в 1,5 м ( $L = 232,6 \times 1,5 - 184 = 161 \approx 150$  м).

Таким образом, применение количественных методов оценки погрешности геометризации геологических характеристик позволяет на основе геологоразведочных данных обосновать в проектной документации на разработку месторождений плотность сети эксплуатационной разведки.

#### Литература

1. Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья. Приказ МПР РФ № 218 от 25.06.2010. Доступно на: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072721/> (обращение 23.01.2016).
2. Шаклеин С.В. Направления совершенствования российской системы оценки достоверности запасов твердых полезных ископаемых в контексте обеспечения безопасности горных работ / С.В. Шаклеин, Т.Б. Рогова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 6. С. 19–24.
3. Шаклеин С.В. Методы оценки достоверности разведанных запасов участков угольных месторождений / С.В. Шаклеин, Т.Б. Рогова // Недропользование XXI век. 2007. № 6. С. 25–29.

4. Временная методика количественной оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров запасов месторождений общераспространенных полезных ископаемых Кемеровской области: Администрация Кемеровской области. Кемерово. 2008. 17 с.

5. Толкач О.М. Оцінка точності визначення структурних та якісних показників пірофілітових сланців / О.М. Толкач, Р.В. Соболевський // Вісник Житомирського державного технологічного університету. 2012. № 2. С. 185–189.

---

---

UDC 550.812.14:622.142.5

**A.L. Panfilov**, PhD, associate professor department of geology of National mineral resources university (University of mines)<sup>1</sup>, panfilov50@list.ru

**T.B. Rogova**, doctor of engineering science, professor of the department of surveying and geology of Kuzbass state technical university named after Gorbachev<sup>2</sup>, rogtb@mail.ru

**S.V. Shaklein**, doctor of engineering science, leading researcher of the laboratory of geoinformation modeling of Kemerovo branch of the Institute of computing technologies Siberian branch of the Russian academy of sciences<sup>3</sup>, sv51950@mail.ru

1. National mineral resources university (University of mines). 21st Line, St Petersburg 199106, Russia. 2. Kuzbass state technical university named after Gorbachev. 28 Vesennaya street, Kemerovo, 650000, Russia. 3. Kemerovo branch of the Institute of computing technologies Siberian branch of the Russian academy of sciences. 21street, Kemerovo, 650025, Russia.

## Designing a network of wells operational exploration newly developed fields (for example, the Novomoskovsk deposit of gypsum)

**Abstract.** The lack of a common methodology study density of the network of operational exploration of solid minerals leads to a formal approach in the preparation of subsoil under “operational intelligence” as part of the project documentation for the execution of works on the development of mineral resources. This technique should be based on the relationship between the density of the network and the expected error geometrisation established from data obtained in the exploration stage. For example, the Novomoskovsk deposit of gypsum technology study shows density of the network of operational exploration wells, allowing to obtain estimates of the studied index with a given accuracy.

**Keywords:** operational intelligence; the density of the exploration network; geometrisation error; power potolochiny

---

### References

1. *Ob utverzhdenii trebovaniy k strukture i oformleniiu proektnoi dokumentatsii na razrabotku mestorozhdenii tverdykh poleznykh iskopaemykh, likvidatsiiu i konservatsiiu gornykh vyrabotok i pervichnuu pererabotku mineral'nogo syr'ia. Prikaz MPR RF № 218 ot 25.06.2010* (On approval of requirements for the structure and design of project documentation for the development of deposits of solid minerals, liquidation and conservation of mining and primary processing of mineral raw materials. MNR Order number 218 of 25.06.2010). Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072721/> (accessed 23 January 2016).
2. Shaklein S.V., Rogova T.B. Napravleniia sovershenstvovaniia rossiiskoi sistemy otsenki dostovernosti zapasov tverdykh poleznykh iskopaemykh v kontekste obespecheniia bezopasnosti gornykh rabot [Directions of perfection of the Russian system of evaluation of proven reserves of solid minerals in the context of mining safety]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2010, no 6, pp. 19–24.
3. Shaklein S.V., Rogova T.B. Metody otsenki dostovernosti razvedannykh zapasov uchastkov ugol'nykh mestorozhdenii [Methods for assessing the reliability of proven reserves of coal deposits plots]. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2007, no 6, pp. 25–29.
4. *Vremennaia metodika kolichestvennoi otsenki tochnosti i dostovernosti opredeleniia osnovnykh podschetnykh parametrov zapasov mestorozhdenii obshcherasprostranennykh poleznykh iskopaemykh Kemerovskoi oblasti: Administratsiia Kemerovskoi oblasti* [Temporary methodology for quantifying the accuracy and reliability of the determination of the basic calculation parameters of reserves of deposits of minerals Kemerovo region administration of the Kemerovo region]. Kemerovo, 2008, 17 p.
5. Tolkach O.M., Sobolevs'kii R.V. Otsinka tochnosti viznachennia strukturnikh ta iakisnykh pokaznykh pirofilitovykh slantsiv [Evaluation of accuracy of structural and qualitative indicators schist]. *Visnik Zhitomir's'kogo derzhavnogo tekhnologichnogo universitetu*, 2012, no. 2, pp. 185–189.