

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. А. Басаргин✉

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н. В. Мельникова» Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
✉ abaspirant@mail.ru

Аннотация: Приведены результаты оценки минеральных ресурсов с помощью геостатистических методов интерполяции в условиях влияния локальной и пространственной неопределенности для золоторудного месторождения «Агинское». Для получения вариограмм на основе расстояния / градиента и расстояния / относительной глубины для обработки данных геологического опробования на месторождении были использованы исследования альтернативных геостатистических методов. Были рассмотрены процессы использования двух геостатистических методов: индикаторного кригинга и последовательного индикаторного моделирования. На основе данных методов для каждой зоны были рассчитаны композиты, статистика и вариограммы на основе проб золота из разведочных скважин и эксплуатационных взрывных скважин. На основе индикаторного кригинга разведочных скважин была создана модель блока извлекаемых запасов, а на основе эксплуатационных взрывных скважин – модель блока контроля содержания. Модель извлекаемых запасов была откалибрована на основе модели контроля содержания и данных по выработанной части рудного тела. Результаты исследований могут быть полезными горнодобывающим компаниям для оптимизации работы карьера и количественной оценки минеральных ресурсов.

Ключевые слова: Агинское месторождение, разведочные скважины, эксплуатационные взрывные скважины, геостатистика, пространственная неопределенность, геостатистические методы

Благодарности, признательность, финансирование: работа выполнена при поддержке темы «Разработка фундаментальных основ моделирования, автоматизации и роботизации процессов горного производства для обеспечения оптимального управления и устойчивого функционирования горнотехнических систем» при ИПКОН РАН.

Для цитирования: Басаргин А.А. Применение методов геостатистического анализа для оценки ресурсного потенциала золоторудного месторождения. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(3):66-72. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-3-66-72>.

APPLICATION OF GEOSTATISTICAL ANALYSIS METHODS FOR ASSESSMENT OF THE RESOURCE POTENTIAL OF A GOLD ORE DEPOSIT

A. A. Basargin✉

Federal State Budgetary Institution of Science Institute for Problems of Comprehensive Development of Subsoil Academician N. V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
✉ abaspirant@mail.ru

Abstract: The article presents the results of assessing mineral resources using geostatistical interpolation methods under the influence of local and spatial uncertainty for the Aginskoye gold deposit. This paper presents a case study to support the use of alternative geostatistical methods that use distance/gradient and distance/relative depth variograms to process field geological sampling data. The processes of using two geostatistical methods are described in detail: indicator kriging and sequential indicator modeling. Based on these methods, composites, statistics and variograms were calculated for each zone based on gold samples from exploration wells (PS) and production blast holes (PBH). The model of the recoverable reserves block based on indicator kriging was created on the basis of exploration wells, and the model of the content control block was created on the basis of production blast holes. The

recoverable reserves model was calibrated based on the grade control model and data from the mined-out portion of the ore body. The research results can be useful to mining companies for optimizing quarry operations and for quantifying mineral resources.

Keywords: geostatistics, spatial uncertainty, geostatistical methods, Aginskoye field, production blast wells, exploration wells

Acknowledgments, funding, financial Support: The work was carried out with the support of the theme «Development of fundamental principles of modeling, automation and robotization of mining production processes to ensure optimal control and sustainable operation of mining engineering systems» at the IPKON RAN.

For citation: Basargin AA. Application of geostatistical analysis methods for assessment of the resource potential of a gold ore deposit. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(3):66-72. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-3-66-72>.

Введение

Геологическое моделирование золоторудного месторождения предполагает разделение минерализованной совокупности на однородные группы. Это делается путем группировки минерализации в соответствии с геологическими особенностями, такими как изменения, расслоение, структурная единица и однородность содержания.

У Агинского месторождения природа вулканического порфиrowого типа и его простая геометрическая конфигурация делают его менее сложным с точки зрения моделирования. Однако рассеянный характер месторождения означает, что придется потратить больше времени на моделирование «высоко содержащего» ядра месторождения, чтобы ограничить его влияние на область с более низким содержанием [1].

Составление интервала анализа, также известное как регуляризация, включает группирование анализа разных интервалов в стандартную длину. Композиты представляют собой 3D-точки, центр тяжести которых находится в середине составного интервала. Преимущество композитинга заключается в стандартизации веса, приписываемого каждому интервалу, и в корректировке изменчивости композитов в соответствии с масштабом, в котором будет разрабатываться месторождение. Преимуществом этого метода также является снижение общей изменчивости, что в свою очередь помогает при моделировании экспериментальных вариограмм. В случае Агинского месторождения композиты рассчитываются внутри каждой геологической оболочки.

Анализ непрерывности, который можно определить как методологию исследования пространственной непрерывности переменных, распределенных в пространстве, является основой геостатистического исследования. Время, потраченное на этом этапе на исследование, понимание и описание данных, приведет к использованию более точных предположений в вариографическом анализе и окажет серьезное влияние на ошибку, связанную с оценкой [2–5].

После установления пространственной непрерывности минерализации с помощью вариографии следующим шагом будет оценка содержания месторождения в неотобранных участках. Этого можно достичь, используя методы интерполяции, такие как обратное расстояние, простой кригинг, обычный кригинг, индикаторный кригинг, логарифмический кригинг, кокригинг, вероятностный кригинг и т.д.

Долгое время оценку запасов ресурсов было не с чем сравнивать. После того как была создана модель блоков ресурсов, оценки можно было сравнить с реальностью только во время кампании по массовому отбору проб на ранней стадии разведки или во время эксплуатации рудника. Методика анализа изменчивости и чувствительности оценок содержания месторождения отсутствовала, что в большинстве случаев приводило к завышению оценки содержания.

Цель исследований: оценка минеральных запасов золотого месторождения Агинское с помощью метода нелинейной интерполяции и оценка неопределенности минерализации посредством условного моделирования.

Объект исследований

Месторождение «Агинское» находится в пределах архейского зеленокаменного пояса. Это единственное месторождение вкрапленного Au-Cu вулканопорфирового типа, расположенное в поясе.

Месторождение состоит из двух пластов. Эти зоны расположены в промежуточной порфировой вулканической толще, внутри которой встречаются вытянутые зоны гидротермальной брекчии.

Минерализация может быть охарактеризована как вкрапленная в ядре и прожилке или смещенная к краям. Судя по всему, существовало как минимум две фазы минерализации. Первая была богата медью, а вторая – золотом. Минерализация имеет азимут 35° и падение от 60° до 70° на северо-запад. Примерно 25 % золота находится в свободном состоянии и извлекается гравиметрическим методом (рис. 1).

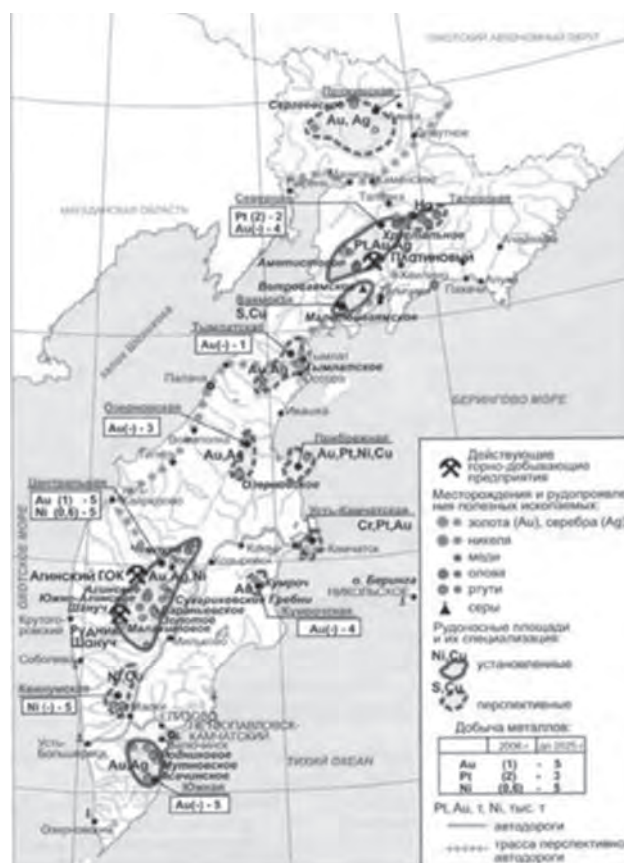


Рис. 1. Агинское месторождение золота / Fig. 1. Aginskoye gold deposit

Агинское золотое месторождение расположено в центральной части Камчатской области, на территории Быстринского административного района, в 90 км к юго-западу от пос. Эссо и в 95 км к северо-западу от с. Мильково, с которым имеется связь грунтовой дорогой протяженностью 127 км.

Месторождение открыто в 1964 году. Поисковые и разведочные работы проводились с 1973 до 1985 года.

По разведанным запасам Агинское золоторудное месторождение относится к средним по России – 35 тонн золота. При довольно небольших параметрах рудные тела Агинского месторождения отличаются высокой концентрацией золота, в среднем составляющим 43 г/т. В наиболее богатых рудных столбах содержание золота достигает от 1 до 5 кг/т.

Материал и методы исследования

В горнодобывающей промышленности условное моделирование используется для оценки [5–7]:

- изменчивости пространственного распределения минерализации;
- анализа рисков / чувствительности в процессе планирования горных работ;
- дополнительного бурения в зависимости от неопределенности содержания;
- влияния размера блока на изменчивость руды.

Для оценки золоторудного месторождения «Агинское» было использовано 314 эксплуатационных взрывных скважин (ЭВС) из базы данных, которые содержат в общей сложности 30 060 проб золота.

Эти пробы были объединены в трехметровые интервалы скважины, начиная с муфты. Составное расстояние было выбрано с учетом общего падения рудного тела. При составном интервале 3 м и падении рудного тела 60° это дает расстояние по вертикали примерно 2,5 м между каждым образцом.

В таблице 1 приведены статистические данные для одно-метровых анализов для каждой зоны.

Для базы данных анализа РС композиты не были рассчитаны. Поскольку большая часть базы данных содержит пробы, взятые через каждые 5 м, и лишь недавно были введены интервалы отбора проб в 10 м (табл. 2).

Для Агинского месторождения методом оценки пространственной непрерывности были выбраны традиционные вариограммы на основе индикаторно-преобразованных составных данных. Выбор был продиктован использованным методом интерполяции, в данном случае индикаторным кригингом. Преимущество индикаторного преобразования заключается в разбиении кумулятивной функции распределения на интервалы. Объединение этих интервалов даст лучшее определение расчетной кумулятивной функции распределения. Преобразование индикатора также имеет то преимущество, что исключает дополнительный этап поиска выбросов (данных с аномально высокими значениями) и соответствующей обработки их. Вместо этого все выбросы сохраняются такими, какие они есть. Это связано с тем, что вариограммы индикатора рассчитываются на основе дискретизации значения оценки на 0 и 1 [8–10].

При рассмотрении выбора метода интерполяции необходимо учитывать некоторые основные критерии, чтобы определить, подходит ли этот метод или нет.

Критерии включают в себя:

- тип месторождения (порфировое, колчеданное, эпиптермальное);
- изменчивость минерализации (эффект самородка, выбросы);
- непрерывность минерализации (метры, километры);
- тип контакта (жесткий, мягкий);
- количество выборок для интерполяции (достаточно данных в каждой зоне);
- продвижение проекта (ранняя стадия разведки, уплотняющее бурение);
- объем проекта (обзор, технико-экономическое обоснование);
- сроки проведения исследования (неделя, месяц).

Преимущество индикаторного кригинга заключается в создании различных моделей непрерывности для разных направлений на разных пороговых значениях, что улучшает определение вариограммы, которая будет использовать

Таблица 1 / Table 1

Статистика анализа эксплуатационных взрывных скважин / PBH analysis statistics

Зона	Количество образцов	Максимум	Минимум	Среднее	Медиана	Стандартное отклонение	Вариация	Кoeffициент вариации	Количество образцов >0,5	Среднее >0,5
ALL	30,060	108,15	0,00	0,62	0,19	2,15	4,63	3,50	8,314	1,85
HW	9,182	42,99	0,00	0,27	0,27	0,84	0,71	3,14	1,160	1,30
CORE	7,767	103,01	0,00	1,22	0,62	2,76	7,63	2,26	4,413	1,98
FW	8,923	108,15	0,00	0,41	0,12	2,02	4,08	4,88	1,509	1,83
87S	4,188	100,08	0,00	0,69	0,23	2,80	7,84	4,07	1,232	1,93

Таблица 2 / Table 2

Статистика анализа РС / PB analysis statistics

Зона	Количество образцов	Максимум	Минимум	Среднее	Медиана	Стандартное отклонение	Вариация	Кoeffициент вариации	Количество образцов >0,5	Среднее >0,5
ALL	189,415	73,54	0,00	0,65	0,34	1,02	1,04	1,57	73,991	1,36
HW	69,163	73,54	0,00	0,34	0,19	0,61	0,37	1,79	13,039	1,07
CORE	65,828	63,02	0,00	1,13	0,80	1,29	1,66	1,15	45,392	1,51
FW	48,925	69,03	0,00	0,46	0,24	0,84	0,71	1,83	13,605	1,19
87S	5,499	22,93	0,00	0,53	0,34	0,70	0,50	1,33	1,955	1,08

ся в интерполяции. Преимуществом этого метода также является оценка локальной неопределенности оценок, которую можно использовать для анализа рисков и принятия решений.

При использовании таких методов, как обычный и простой кригинг, неопределенность возникает из-за дисперсии ошибок. Использование дисперсии ошибки кригинга может ввести в заблуждение, поскольку дисперсия зависит не от значения данных, а от местоположения данных и используемой вариограммы [11].

Результаты исследований

Одним из хороших подходов для описания и понимания пространственной корреляции является использование графических инструментов, таких как графики и карты. В данном случае использовалось сочетание карт местоположения и контурных карт уклонов. Сначала были созданы карты для разных уступов и разных геологических зон. Однако из-за небольшого количества данных, доступных для каждого ступа, для создания согласованных карт было решено сгруппировать данные целиком. На основе этих контурных карт можно получить предварительную информацию, связанную с ориентацией рудного тела (рис. 2).

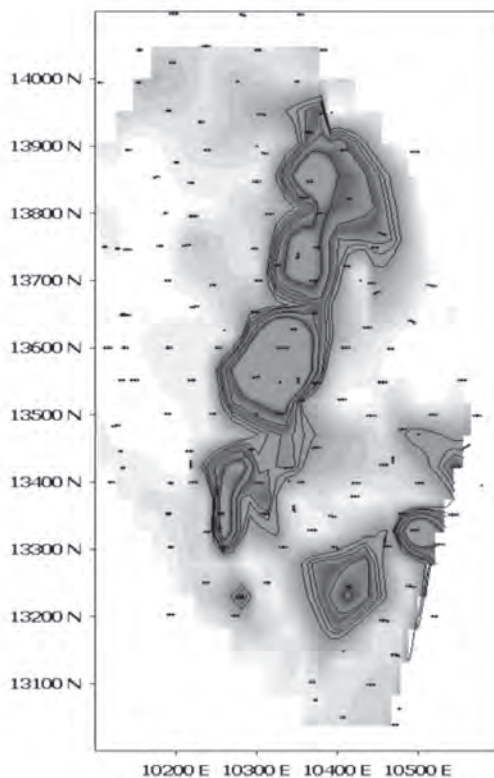


Рис. 2. Контурная карта оценок /
Fig. 2. Contour score map

В целом распределение содержаний, по-видимому, имеет преимущественную ориентацию примерно от 10° до 30° северо-северо-востока. Никакого явного падения от одного тела к другому не видно. Однако смещение рудного тела с востока на запад можно проследить от верхних уступов к нижним, что указывает на падение минерализации в западном направлении [12].

Анализ пространственной непрерывности осуществляет-

ся с помощью вариограммы. Вариограммы рассчитываются на разных интервалах расстояний (лаговом расстоянии), для разных ориентаций (азимута, падения) и для разных размеров конического поиска (угла допуска). Для Агинского месторождения методом оценки пространственной непрерывности месторождения были выбраны вариограммы на основе индикаторно-преобразованных составных данных анализов для ЭВС и данных анализов для РС. Выбор был продиктован использованным методом интерполяции, в данном случае индикаторным кригингом. Преимущество индикаторного преобразования заключается в разбиении кумулятивной функции распределения (КФР) на интервалы. Это устраняет неблагоприятное влияние анализа более высокого класса на оценку.

Из графиков кумулятивной функции распределения, представленных ниже (рис. 3 и 4), мы можем наблюдать подъем кривой по мере увеличения содержания для обоих наборов данных. Это указывает на увеличение изменчивости образцов по мере увеличения содержания, что типично для месторождения вкрапленного золота. С другой стороны, графики КФР не показывают какой-либо точки перегиба, что означает, что в обоих наборах данных присутствует только одна совокупность.

Вариограммы были разработаны для каждого набора данных и каждого порогового значения. Сначала была рассчитана всенаправленная вариограмма, чтобы установить эффект самородка во всех направлениях. Эффект самородка можно определить как отсутствие непрерывности на небольших расстояниях от скважины, которое нельзя связать с какими-либо геологическими изменениями.

Были рассчитаны и смоделированы вариограммы для основных направлений, таких как забойное и по простиранию. Были проанализированы результаты вариограмм трех основных направлений, при этом компоненты порога трех направлений были разными. Это может быть связано с типом анизотропии, называемым «зональной анизотропией» [13].

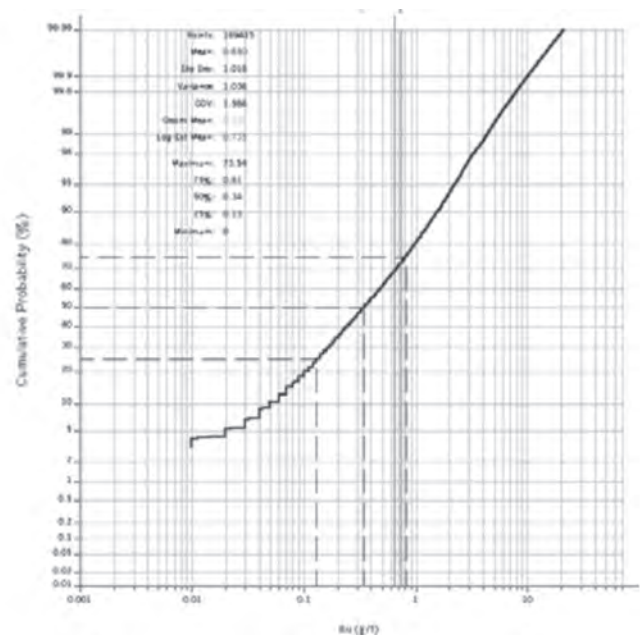


Рис. 3. Кумулятивная функция распределения анализа эксплуатационных взрывных скважин для всех зон /
Fig. 3. Cumulative distribution function of EMU analysis for all zones

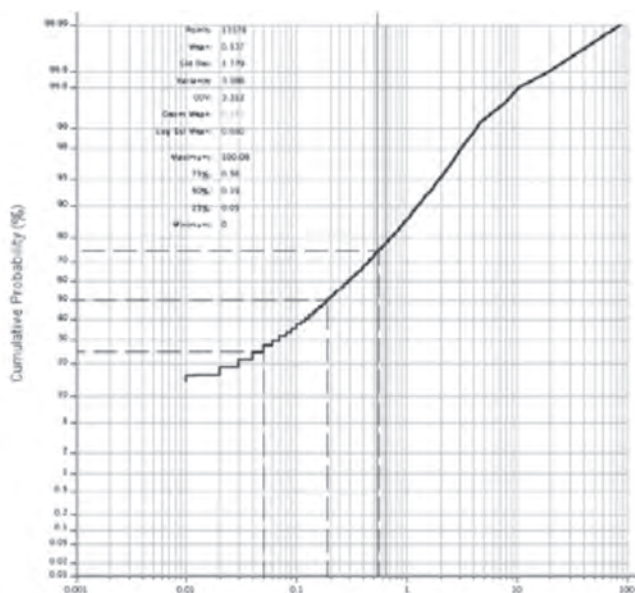


Рис. 4. Кумулятивная функция распределения анализа РС для всех зон /
Fig. 4. Cumulative distribution function of PC analysis for all zones

На рисунке 5 и 6 представлены вариограммы зоны для данных ЭВ) и РС. Как видно, оба набора данных демонстрируют четко выраженные полувариограммы при пороговом значении 0,5 г/т. При работе с данными разведки количество пар, используемых в каждом лаге, кажется достаточным для создания вариограмм, подходящих для моделирования. Это расстояние задержки было выбрано для определения существенных аномалий, в форме вариограмм для обоих наборов данных нет.

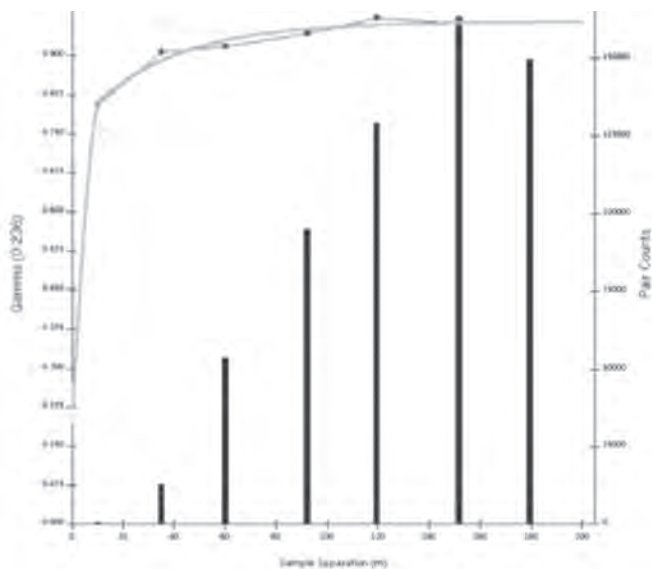


Рис. 5. Вариограмма простирания для эксплуатационных взрывных скважин при 0,5 г/т зоны CORE /
Fig. 5. Variogram of strike for EMU at 0.5 g/t CORE zones

Вариограммы были созданы на основе трансформированных индикатором составных анализов набора данных ЭВС и анализов набора данных РС. Пороговые значения индикаторов были установлены при различных бортовых содержаниях золота, чтобы отразить различные закономерности непрерывности, а также создать практические вариограммы, чего не было при использовании нетрансформированных данных.

Индикаторные вариограммы были построены в основных направлениях, то есть по простиранию, поперек простирания и в скважине. Для определения изменчивости в коротком масштабе использовалась всенаправленная вариограмма (эффект самородка). В случае набора данных ЭВС индикаторные вариограммы были смоделированы с использованием сферической модели для первой структуры и сферической или экспоненциальной модели для второй структуры. Для набора данных РС индикаторные вариограммы были смоделированы с использованием либо сферической, либо экспоненциальной модели для обеих структур.

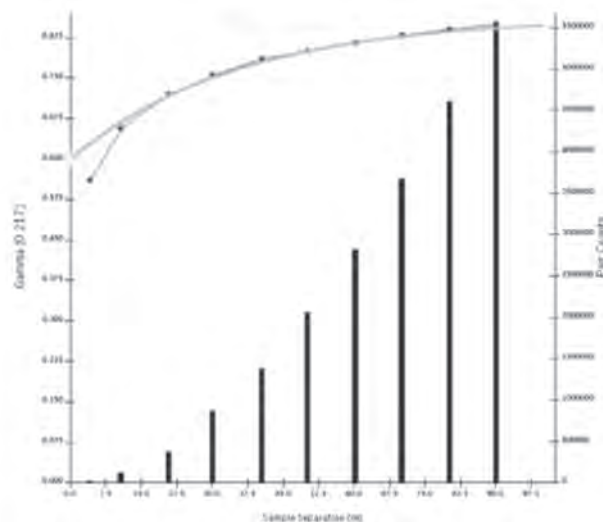


Рис. 6. Вариограмма простирания для РС при 0,5 г/т зоны CORE /
Fig. 6. Variogram of strike for PC at 0.5 g/t CORE zones

По сравнению с реальностью обычные оценки кригинга будут переоценивать исходные данные с низким содержанием и недооценивать с высоким содержанием. Этот эффект сглаживания будет более выраженным, если оцениваемый блок находится далеко, чем если блок находился близко к местоположению. Этот недостаток обусловлен одним из принципов кригинга, который заключается в минимизации дисперсии ошибок. Вариационный компонент моделирования вводится алгоритмом Монте-Карло, который моделирует случайные равномерно распределенные числа от 0 до 1.

После выбора алгоритма моделирования необходимо выбрать количество раз, которое будет моделироваться месторождение. На это нет четкого ответа и нельзя использовать эмпирические правила для выбора подходящего количества симуляций для данного месторождения. Текущее ограничение больше связано со значительным количеством времени, необходимым для последующей обработки моделирования, чем с фактическим временем моделирования месторождения. Из-за внутренней изменчивости месторождения «Агинское» считалось, что 25 симуляций будет достаточно для создания широкого спектра возможных сценариев [14–15]. Цифровая модель месторождения «Агинское» представлена на рисунке 7.

Следующим шагом в процессе реализации является создание сетки, которая будет охватывать интересующую область. В случае Агинского месторождения были определены четыре различные сетки для покрытия каждой из зон. Сетка определяется серией узлов. Расстояние между узлами важно, поскольку оно отражает размер поддержки переменных.



Рис. 7. Модель золоторудного месторождения «Агинское»
(метод индикаторный кригинг) /

Fig. 7. Model of the Aginskoye gold deposit (indicator kriging method)

Заключение

1. Таким образом, в результате исследования геостатистических методов интерполяции для золоторудного месторождения «Агинское» было доказано, что метод кригинга может улучшить результаты оценки минеральных ресурсов по сравнению с негеостатистическими методами интерполяции. Это достигается за счет учитывания распределения содержаний в процессе интерполяции и оценке локальной неопределенности.

2. В результате вариограммного анализа получено, что для ЭВС эффект самородка в основной зоне (CORE) составляет около 40 % от значения порога и около 70 % в трех других зонах (FW, HW, 87S). С другой стороны, изменчивость данных РС не показывает существенной разницы в эффекте самородка между зонами и обычно составляет около 70 % от значения порога.

3. Данные методы, примененные на месторождении «Агинское» для оценки ресурсов и анализа риска, могут быть распространены на другие области. Одним из способов могло бы стать использование вероятностей из индикаторной модели кригед для управления стратегией отбора проб в области богатого материала, где вероятность появления невелика. По такому же принципу инженер-планировщик мог бы использовать вероятность из модели, чтобы соотнести производство с уровнями неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Басаргин АА. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий. *Вестник СГГА*. 2014;1(25):34-40. [Basargin AA. Creation of digital models of mineral deposits using modern technologies. *Bulletin of the SSGA*. 2014;1(25):34-40 (In Russ.)]
- Басаргин АА. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine. «ГЕО-Сибирь – 2015»: сб. мат-лов Межд. науч. конгр. Новосибирск, 2015;1:15-20. [Basargin AA. Methodology for creating three-dimensional geological models of deposits using the Micromine geographic information system. *Collection of materials of the international scientific Congr. «GEO-Siberia – 2015»*. Novosibirsk; 2015;1:15-20 (In Russ.)]
- Урумов ВА, Босиков ИИ. 3D-модель и закономерности распределения полезных компонентов залежи Анненская жезказганского месторождения. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2015;7(1):11-6. [Urumov VA, Bosikov II. 3D model and patterns of distribution of useful components of the Annenskaya deposit of the Zhezkazgan deposit. *Sustainable development of mountain territories*. 2015;7(1):11-6 (In Russ.)]
- Шульга ЕС. Чем порадует 2018 год пользователей программы Micromine. *Золото и технологии*. 2017;4(38):50-3. [Shulga ES. What will 2018 please users of the Micromine program. *Gold and Technologies*. 2017;4(38):50-3 (In Russ.)]
- Осипов ВЛ. Определение рудных интервалов при подсчете запасов в программе Micromine. *Горные науки и технологии*. 2018;2:23-31. [Osipov VL. Determination of ore intervals when calculating reserves in the Micromine program. *Mining Sciences and Technologies*. 2018;2:23-31 (In Russ.)]
- Шевкун ЕБ, Лещинский АВ, Галимьянов АА. Короткая комбинированная забойка взрывных скважин высокой запирающей способности. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2015;4:331-6. [Shevkun EB, Leshchinsky AV, Galimyanov AA. Short combined driving of blast holes with high locking capacity. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2015;4:331-6 (In Russ.)]
- Чантурия ВА, Макаров ВН, Макаров ДВ. Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. Апатиты, 2005:218. [Chanturia VA, Makarov VN, Makarov DV. Ecological and technological problems of processing technogenic sulfide-containing raw materials. Apatity, 2005:218 (In Russ.)]
- Нурмухаметова АТ. 3-х мерное моделирование при подсчете объемов полезного ископаемого. *Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина*. Томск, 2017:582-3. [Nurmukhametova AT. 3-dimensional modeling when calculating the volume of mineral resources. *Problems of geology and subsoil development: proceedings of the XXI International Symposium named after Academician M. A. Usov of students and young scientists, dedicated to the 130th anniversary of his birth Professor M.I. Kuchin*. Tomsk, 2017:582-3 (In Russ.)]
- Бесимбаева ОГ, Хмырова ЕН, Бедарев АС и др. Исследование возможности 3D моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ. *Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2014*. X Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов: в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). Новосибирск, 2014;(2):178-83. [Besimbaeva OG, Khmyrova EN, Bedarev AS, et al. Study of the possibility of 3D modeling for surveying support of mining operations. *Interexpo GEO-Siberia-2014*. X International scientific Congr.: Int. scientific conf. "Geodesy, geoinformatics, cartography, surveying": collection. materials in 2 volumes (Novosibirsk, April 8-18, 2014). Novosibirsk, 2014;(2):178-83 (In Russ.)]
- Воскова АВ, Гуня АН, Караваев ВА, и др. Землепользование и возможности регулирования антропогенной нагрузки на горные ландшафты северного макросклона Большого Кавказа (На примере долины р. Карасу). *Устойчивое развитие горных территорий*. 2021;13(1):16-24. [Voskova AV, Gunya AN, Karavaev VA, et al. Land use and possibilities for regulating anthropogenic load on mountain landscapes of the northern

macroslope of the Greater Caucasus (On the example of the Karasu River valley). *Sustainable Development mountain areas*. 2021;13(1):16-24 (In Russ.)). DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-1-16-24.

11. Дроздов АЮ. Решение задач сетевого анализа с применением PostgreSQL/PostGIS / «Строительство и архитектура – 2015». *Современные информационно-экономические технологии: тенденции и перспективы развития: мат-лы Межд. науч.-практ. конф.* Ростов-на-Дону, 2015:71-2. [Drozdov AYU. Solving network analysis problems using PostgreSQL/PostGIS / “Construction and Architecture – 2015”. *Modern information and economic technologies: trends and development prospects. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don, 2015:71-2 (In Russ.)]

12. Ермолаев НР. Использование программного обеспечения QGIS при подготовке картографических материалов. *Ломоносов-2018: тезисы докладов XXV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых.* Москва, 2018:250-51. [Ermolaev NR. Using QGIS software in the preparation of cartographic materials. *Lomonosov-2018: abstracts of the XXV International Scientific Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists*. 2018:250-51. (In Russ.)]

13. Пашковская ОВ, Новоселов ОВ, Потапенко ИА. Анализ данных в геоинформационной системе QGIS. *Решетневские чтения: материалы XXIV Межд. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева* (10–13 нояб. 2020, г. Красноярск): в 2 ч. Красноярск, 2020;2:345-6. [Pashkovskaya OV, Novoselov OV, Potapenko IA. Data analysis in the QGIS geographic information system. *Reshetnev Readings: materials of the XXIV International. scientific-practical conf., dedicated in memory of the general designer of rocket and space systems, Academician M. F. Reshetnev* (November 10–13, 2020, Krasnoyarsk): at 2 o'clock. Krasnoyarsk, 2020;2:345-6 (In Russ.)]

14. Kongar-Syuryun CB, Aleksakhin AV, Eliseeva EN, et al. Modern Technologies Providing a Full Cycle of Geo-Resources Development. *Resources*. 2023;12:50. DOI: 10.3390/resources12040050.

15. Lapinskas AA. Influence of mining rent on the efficiency of using natural potential: the paradox of plenty and its Russian specifics. *Journal of Mining Institute*. 2023;259:79-94. DOI: 10.31897/PMI.2023.13.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



Андрей Александрович Басаргин – старший научный сотрудник № 3.1 лаборатории геологоструктурного моделирования ИПКОН РАН, 111020, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: abaspirant@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR

Andrey A. Basargin – Senior Researcher No. 3.1 Laboratory of Geological-Structural Modeling, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russian Federation, e-mail: abaspirant@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 31.03.2025.

Поступила после рецензирования: 24.05.2025.

Принята к публикации: 11.06.2025.

Article info

Received: 31.03.2025.

Revised: 24.05.2025.

Accepted: 11.06.2025.