

Е.В. Громов, Е.Е. Хомкин, А.С. Неведров

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ В ГГИС «MINEFRAME»\*

Представлены результаты работ по разработке и применению программных средств автоматизированного анализа горно-геологических условий залегания рудных тел в ГГИС «Mineframe». На примере апатит-нефелинового месторождения «Партомчорр» показаны недостатки ручного выполнения анализа и преимущества предложенного подхода при выборе систем подземной разработки и технологии ведения очистных работ на различных участках залежи.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, автоматизированный анализ, горно-геологические условия, рудные тела, природоохранные целики, системы подземной разработки.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-7-0-216-221

## Введение

При подземной разработке месторождений определение производственной мощности рудника или его участка, а также выбор возможных вариантов систем разработки, определение их удельного веса при отработке месторождений, а также расчет показателей извлечения руды из недр производится на основе анализа изменчивости горно-геологических условий залегания рудных залежей [1, 2].

Такой анализ включает составление статистики распределения различных интервалов мощностей руд и породных прослоев, углов падения всячего и лежащего бока рудных тел, рудных площадей между рудничными разрезами и по высотным отметкам [3, 4].

В настоящее время анализ горно-геологических условий выполняется, как правило, ручным способом на основе

имеющихся вертикальных геологических разрезов и планов в рудничной системе координат. При отработке крупных месторождений применение такого метода влечет за собой огромные трудозатраты и при современных требованиях к времени проектирования становится практически неосуществимо. Для решения этой задачи в Горном институте КНЦ РАН ведутся работы по разработке инструментов для автоматизированного получения статистических данных о горно-геологических условиях залегания рудных тел с последующим применением полученных данных при выборе технологических решений. Возможности инструментов и их основные преимущества по сравнению с ручным счетом показаны на примере выбора систем подземной разработки апатит-нефелинового месторождения «Партомчорр» [5].

\* Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 17-77-20055.

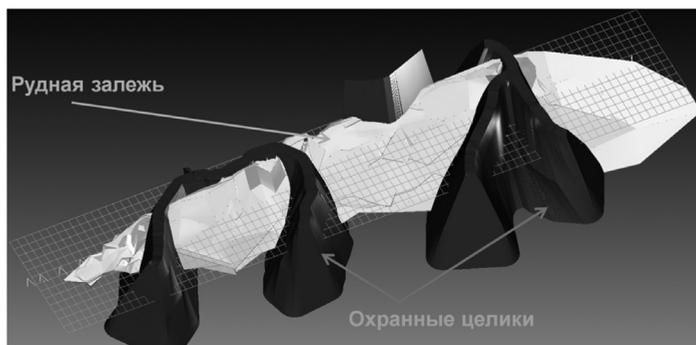


Рис. 1. Каркасные модели месторождения «Партомчорр» и охранных целиков [6]

### Автоматизированный анализ изменчивости горно-геологических условий залегания рудных тел для решения задач выбора систем подземной разработки

Месторождение «Партомчорр» входит в состав месторождений Хибинской группы и расположено на территории Кировского района. Залежь представлена тремя рудными телами общей длиной по простиранию около 6 км, запасы руды составляют более 800 млн т. Отработка месторождения осложняется наличием временных природоохранных целиков в рудных телах под поверхностными водными объектами (рис. 1) [4].

При ручном методе измерений углов падения (по висячему и лежачему бортам) и мощностей рудных тел по высоте и простиранию месторождения в соот-

ветствии с размерами рудничной сетки, количество измерений сводится к следующему:

- шаг проведения замеров по высоте равен 20 м (высота подэтажа), по простиранию — 80 м (расстояние между разрезами), вертикальная мощность рудной зоны  $\approx 1000$  м;
- общее количество измерений углов падения  $\approx 20\ 000$ ;
- общее количество измерений мощностей рудных тел и породных прослоев  $\approx 28\ 000$ .

Наряду с этим, необходимо выполнить подсчет площадей рудных тел по высотным отметкам на планах, что в связи с наличием временных охранных целиков и множества геологических блоков представляется также весьма трудоемкой задачей (рис. 2).



Рис. 2. План подсчета площадей рудных тел с учетом границ охранных целиков

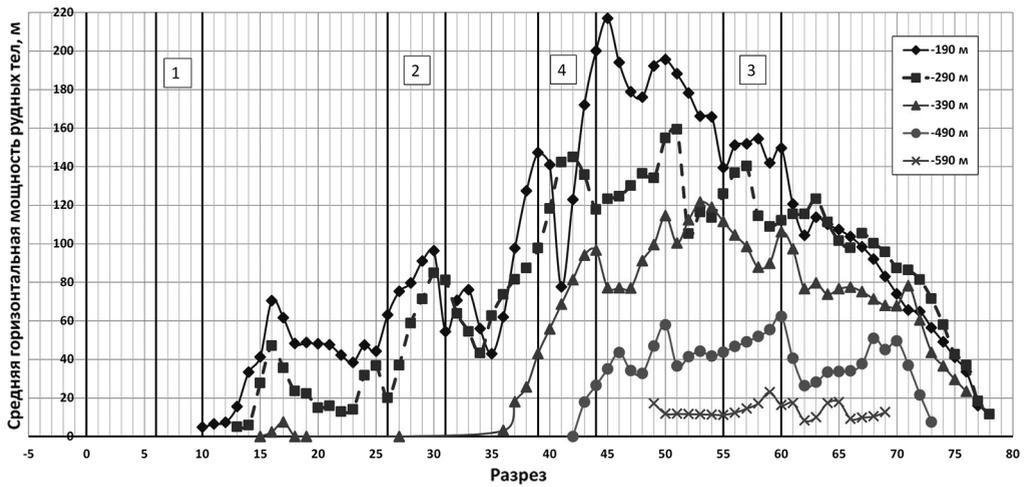


Рис. 3. Распределение мощности рудных тел между разрезами

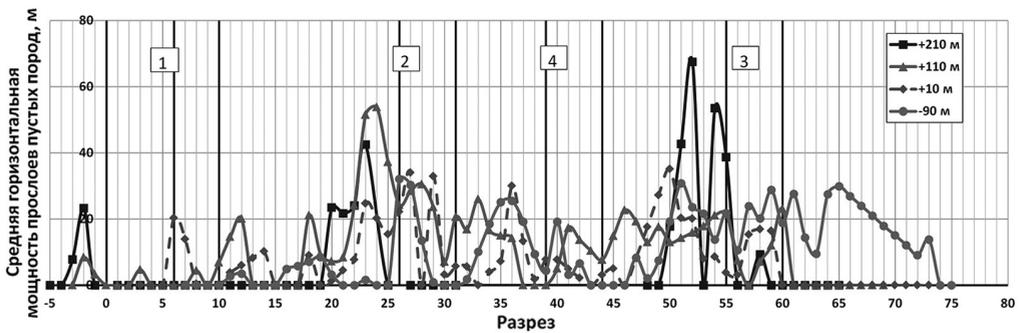


Рис. 4. Распределение мощности породных прослоев между разрезами [6]

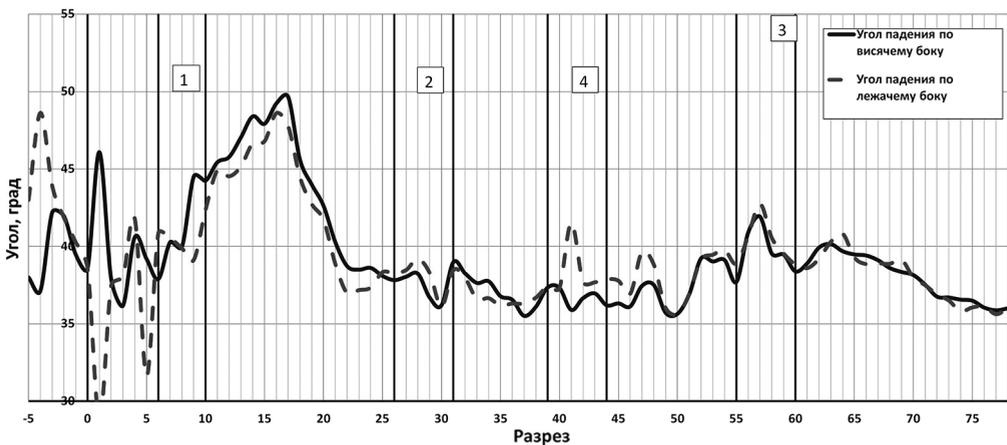


Рис. 5. Распределение углов падения рудных тел между разрезами

**Распределение балансовых запасов руды месторождения «Партомчорр» до отм. +90 м (на высоту этажа) по интервалам горизонтальной мощности**

№ п/п	Интервалы горизонтальной мощности, м	Балансовые запасы, тыс. т	Тоже в % соотношении
1	<8	715	0,6
2	8÷25	18 841,9	17,1
3	25÷40 м	25 039,3	22,7
4	40÷60	33 299,7	30,2
5	60÷80	12 691,7	11,5
6	80	19 557,9	17,8

Предложенный инструмент автоматизации измерений позволяет формировать вертикальные разрезы на выбранном рудном теле с заданным шагом, в соответствии с которым автоматически определяются углы падения висячего и лежачего боков, а также нормальная мощность и рудные площади за вычетом целиков и соответственно в целиках. Продолжительность выполнения измерений и последующего изменчивости анализа горно-геологических условий при таком подходе сокращается с нескольких недель до 1–2 ч.

Все параметры выводятся в табличной форме и на листы печати, что позволяет визуально оценить правильность расчетов и скорректировать значения при необходимости. В результате пользователь программы получает графики распределения мощности рудных тел и породных прослоев, а также углов падения висячего и лежачего боков по каждому из рудных тел между разрезами (рис. 3, 4, 5).

Далее выполняется расчет статистических данных о распределении мощностей и углов падения рудных тел, по результатам которого производятся соответствующие выводы о количестве обрабатываемых запасов входящих на различные системы разработки [7].

Пример сформированной после выполнения соответствующих измерений и их обработки статистики распределения запасов по интервалам горизонтальной мощности приведен в таблице.

На основе расчетов мощности в соответствии с параметрами систем разработки по горно-геологическим характеристикам производится разделение рудных залежей по способам ведения очистных работ.

### **Выводы**

Анализ условий залегания рудных тел применительно к месторождению «Партомчорр» с использованием инструмента автоматизации в ГГИС «Mineframe» позволяет сделать следующие выводы:

1) основные запасы руды (70%) до гор. +90 м соответствуют интервалам мощности рудных тел 8÷60 м и могут быть отработаны системами разработки с подэтажной отбойкой;

2) удельный вес систем разработки с этажной отбойкой (этажно-камерные или с этажным обрушением) составляет около 30 %.

В соответствии возможными к применению системами разработки по горно-геологическим характеристикам рудные залежи были разделены:

а) по нормальной мощности:

- $m = 8 \div 25$  м — расположение очистных камер по простиранию рудного тела;
- $m = 25 \div 40$  м — в зависимости от угла падения очистная камера располагаются вкрест или по простиранию рудного тела;
- $m = 40 \div 60$  м — расположение очистной камеры вкрест простирания рудного тела;
- $m > 60 \div 80$  м — в зависимости от условий рудное тело обрабатывается одним или двумя очистными камерами вкрест простирания рудного тела;

•  $m > 80$  м — рудное тело обрабатывается двумя очистными камерами, расположенными вкрест простирания рудного тела;

б) по мощности междупластья:

•  $m_n = 10 \div 30$  м — возможность само- или принудительного обрушения породы в отработанные камеры;

•  $m_n = 30 \div 60$  м — в зависимости от условий производится принудительное обрушение пород или определяется устойчивость потолочины;

•  $m_n > 60$  м — независимое ведение работ в смежных рудных телах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. — М.: ФБУ ГКЗ, 2007. — 49 с.

2. Техничко-экономическая оценка добычи и обогащения запасов месторождений Олений Ручей и Партомчорр. Т. 2.1. Общая пояснительная записка. Техничко-экономические показатели отработки месторождения. Эффективность инвестиций. — СПб.: Гипроруда, 2006. — 91 с.

3. Кушнарев П.И. Блочное моделирование при подсчете запасов в стандартах ГКЗ (на примере месторождений золота Куранахского рудного поля). Первый Евразийский горно-геологический форум. Режим доступа: URL: <http://www.evrazgeoforum.com/> (дата обращения: 22.11.2016).

4. Домаренко В.А. Рациональная методика поисков и геолого-экономической оценки месторождений руд редких и радиоактивных элементов. Ч. II Геолого-экономическая оценка. — Томск: ТПУ, 2012. — С. 158–163.

5. Наговицын О.В., Лукичев С.В. Горно-геологические информационные системы — история развития и современное состояние. — Апатиты: КНЦ РАН, 2016. — С. 4.

6. Громов Е.В. Повышение эффективности разработки месторождений бедных руд в условиях экологических ограничений (на примере апатит-нефелинового месторождения «Партомчорр»). Дис. канд. техн. наук. — Апатиты, 2016. — 148 с.

7. Лукичев С.В., Белгородцев О.В., Громов Е.В. Разработка и технико-экономическая оценка вариантов вскрытия и подготовки запасов рудных месторождений на основе компьютерного моделирования / Материалы 13-го международного симпозиума «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях», Белгород, 2015. — С. 119–136. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Громов Евгений Викторович<sup>1</sup> — научный сотрудник,  
e-mail: [evgromov@goi.kolasc.net.ru](mailto:evgromov@goi.kolasc.net.ru),

Хомкин Егор Евгеньевич<sup>1</sup> — инженер,  
e-mail: [sonne.z@mail.ru](mailto:sonne.z@mail.ru),

Неведров Алексей Сергеевич<sup>1</sup> — ведущий программист,  
e-mail: [nevedrov@goi.kolasc.net.ru](mailto:nevedrov@goi.kolasc.net.ru),

<sup>1</sup> Горный институт Кольского научного центра РАН.

E.V. Gromov, E.E. Khomkin, A.S. Nevedrov

## MINEFRAME AUTOMATED ANALYSIS OF ORE BODY OCCURRENCE CONDITIONS

The paper presents the results of the development and application of software tools for the automated analysis of mining-geological conditions of ore bodies' occurrence with the MineFrame Mining-Geological Information System (MGIS). The case study of the Partomchorr apatite-nepheline deposit has shown the drawbacks of the manual analysis and the advantages of the approach proposed when selecting the underground mining methods and a technology for stope operations in various sections of the deposit.

Key words: computer simulation, automated analysis, mining-geological conditions, ore bodies, environmental pillars, underground mining methods.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-7-0-216-221

### AUTHORS

Gromov E.V.<sup>1</sup>, Researcher, e-mail: evgromov@goi.kolasc.net.ru,

Khomkin E.E.<sup>1</sup>, Engineer, e-mail: sonne.z@mail.ru,

Nevedrov A.S.<sup>1</sup>, Leading Programmer, e-mail: nevedrov@goi.kolasc.net.ru,

<sup>1</sup> Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 184209, Apatity, Russia.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This study has been supported by the Russian Science Foundation, Project No. 17-77-20055.

### REFERENCES

1. Metodicheskie rekomendatsii po tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu konditsiy dlya podscheta zapasov mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh (krome ugley i goryuchikh slantsev). Utverzhdeny rasporyazheniem MPR Rossii ot 05.06.2007 g. № 37-r (Guidelines on technical-and-economic substantiation of standards for appraisal of hard mineral reserves (except for coal and oil shale). Approved by the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Decree No. 37-r dated June 5, 2007), Moscow, FBU GKZ, 2007, 49 p.

2. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka dobychi i obogashcheniya zapasov mestorozhdeniy Oleniy Ruchey i Partomchorr*. T. 2.1. Obshchaya poyasnitel'naya zapiska (Feasibility study of mineral mining and processing at Oleni Ruchey and Partomchorr deposits. Vol. 2.1. General explanatory note), Saint-Petersburg, Giproruda, 2006, 91 p.

3. Kushnarev P.I. *Blochnoe modelirovanie pri podschete zapasov v standartakh GKZ (na primere mestorozhdeniy zolota Kuranakhskego rudnogo polya)*. *Pervyy Evraziyskiy gorno-geologicheskii forum*, available at: <http://www.evrazgeoforum.com/> (accessed: 22.11.2016).

4. Domarenko V.A. *Ratsional'naya metodika poiskov i geologo-ekonomicheskoy otsenki mestorozhdeniy rud redkikh i radioaktivnykh elementov*. Ch. II *Geologo-ekonomicheskaya otsenka (Efficient procedure for prospecting and economic-geological estimation of rare-earth and radioactive metal ores. Part II Geological-economic evaluation)*, Tomsk, TPU, 2012, pp. 158–163.

5. Nagovitsyn O.V., Lukichev S.V. *Gorno-geologicheskije informatsionnye sistemy istoriya razvitiya i sovremennoe sostoyanie (Mining and geological information system – history of development and modern state)*, Apatity, KNTs RAN, 2016, pp. 4.

6. Gromov E.V. *Povyshenie effektivnosti razrabotki mestorozhdeniy bednykh rud v usloviyakh ekologicheskikh ogranicheniy (na primere apatit-nefelinovogo mestorozhdeniya «Partomchorr»)* (Enhancing efficiency of low-grade ore mining under environmental constraints (in terms of Partomchorr apatite-nepheline deposit)), Candidate's thesis, Apatity, 2016, 148 p.

7. Lukichev S.V., Belogorodtsev O.V., Gromov E.V. *Materialy 13-go mezhdunarodnogo simpoziuma «Osvoenie mestorozhdeniy mineral'nykh resursov i podzemnoe stroitel'stvo v slozhnykh gidrogeologicheskikh usloviyakh» (Mineral mining and underground construction under complex hydrogeological conditions: XIII International Symposium Proceedings)*, Belgorod, 2015, pp. 119–136.