

Современные методы крепления горных выработок

С. С. Саркисян✉

ПАО «ГМК «Норильский никель», департамент горного производства, г. Москва, Российская Федерация

✉ sssdrakon@inbox.ru

Резюме. Рассмотрены вопросы подземной разработки глубоких горизонтов рудных месторождений в условиях высокого горного давления, температур и сейсмической активности. Приведены сведения о технологиях упрочнения рудовмещающих породных массивов, их особенностях при работе в некомфортных условиях. Показаны недостатки технологий упрочнения пород и направления совершенствования. Разработана типизация способов упрочнения рудовмещающего массива. Показано, что методы крепления горных выработок на основе анкерно-торкретных технологий являются приоритетными в горнодобывающих регионах мира, потому что учитывают местные горно-геологические условия и технологические традиции. Дана справка о направлениях решения проблемы в регионах с развитой технологией добычи руд: России, Южной Африке, Китае и др., использующих комбинированные системы с анкерами и набрызг-бетоном и тампонаж. Отмечена перспективность разработки композитных анкеров из неметаллических материалов и создание гибридных конструкций, сочетающих металлическую арматуру с полимерной оболочкой. Обозначена роль интеллектуальных систем мониторинга крепи, роботизации и автоматизации, а также новых материалов и технологий. Отмечена перспективность торкрет-смесей с полимерными составами на основе полиуретанов, надувных армированных оболочек, термостойких крепей и условий мерзлоты. Показано, что технологии крепления характеризуется конверсией от пассивных поддерживающих систем к активным комплексам. Продолжая исследования и обобщая мировой опыт, необходимо создавать надежные и экономичные системы крепления для развития добычи руд на больших глубинах.

Ключевые слова: рудные месторождения, подземная разработка, крепление выработок, упрочнение пород

Для цитирования: Саркисян С.С. Современные методы крепления горных выработок. *Маркшейдерия и недропользование*. 2026; 26 (3): 86-90. <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-3-86-90>.

Modern methods of fastening mining workings

S. S. Sargsyan✉

PJSC MMC Norilsk Nickel, Mining Department, Moscow, Russian Federation

✉ sssdrakon@inbox.ru

Abstract. The issues of underground mining of deep horizons of ore deposits in conditions of high rock pressure, temperatures and seismic activity are considered. Methods: generalization of literary data and statistical reports on the activities of mining enterprises in Russia and abroad. Results. The stages of the development of mining reinforcement technologies have been summarized. Several stages have passed at the mines, due to the capabilities of their era. Information is provided on the technologies of hardening ore-bearing rock arrays, their features when working in uncomfortable conditions. The disadvantages of rock hardening technologies and areas of improvement are shown. A typification of methods for hardening the ore-bearing massif has been developed. It is shown that methods of fastening mine workings based on anchor-shotcrete technologies are a priority in mining regions of the world, because they take into account local mining and geological conditions and technological traditions. A reference is given on the directions of solving the problem in regions with advanced ore mining technology: Russia, South Africa, China, etc., using combined systems with anchors and sprayed concrete and grouting. The prospects of developing composite anchors from non-metallic materials and creating hybrid structures combining metal reinforcement with a polymer shell are noted. The role of intelligent support monitoring systems, robotization and automation, as well as new materials and technologies is outlined. The prospects of shotcrete mixtures with polymer compositions based on polyurethanes, inflatable reinforced hoods, heat-resistant fasteners and permafrost conditions are noted. Conclusion. It is shown that fastening technologies are characterized by conversion from passive support systems to active complexes. Continuing research and generalizing world experience, it is necessary to create reliable and economical fastening systems for the development of ore mining at great depths.

Keywords: ore deposits, underground mining, rock fixing, rock hardening

For citation: Sargsyan S.S. Modern methods of fastening mining workings. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2026; 26 (3): 86-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-3-86-90>.

Введение

Крепление горных выработок – создание конструкций для недопущения критических форм горного давления, обеспечение безопасной работы людей и оборудования. Подземная разработка глубоких горизонтов рудных месторождений сопровождается ростом горного давления, температур и сейсмической активности массива. Традиционные способы крепления выработок на больших глубинах становятся неэффективными.

Природо- и ресурсосберегающие технологии подземной разработки месторождений сложной структуры становятся труднее реализовывать без прогнозирования геомеханического состояния массива, особенно при смещении горных работ на глубокие горизонты месторождений. Становится необходимой комплексная оценка геоэкологических рисков при осуществлении открытых и подземных горных работ [1–4].

В ходе исследований пригодности строительных смесей на основе отходов производства для подземного строительства и реализации проектов крепи для подземной рудничной инфраструктуры получены представительные результаты устойчивости бетонных крепей при проходке и креплении сверхглубоких горных выработок рудника «Скалистый» ГМК «Норильский никель» [5–8].

Развитие технологий крепления горных выработок на рудниках прошло несколько этапов, обусловленных техническими возможностями эпохи. Ранние стадии развития горного дела базировались на деревянных материалах. В XX веке были освоены металлические арочные крепи из стального проката.

Революционным моментом в технологии крепления стало внедрение анкерной крепи в 1970–1980-е годы. Механизация процессов крепления стала существенным фактором перехода к новым технологиям. На российских рудниках переход от старых схем крепления к анкерной технологии начался в 2000-х годах. Оценка результатов применения анкерной крепи дает основание считать ее одним из важнейших элементов ресурсосберегающих технологий освоения месторождений полезных ископаемых в энергетически нарушенных горных массивах наряду с закладкой выработанного пространства бетонами [9–12].

Технологические новации в ходе освоения новых видов шахтной крепи активизировали эмпирические методики оценки состояния массива горных пород и подтвердили жизнеспособность принципов формирования экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов [13–16].

Современный уровень управления горным давлением характеризуется конверсией на комбинированные методы крепления. Будущее крепления горных выработок связано с механизацией, автоматизацией и интеллектуализацией процессов. Развитие технологий идет по нескольким основным направлениям, каждое из которых открывает новые возможности для повышения эффективности и безопасности рудничного производства [17–20].

Системы крепления горных выработок при подземной разработке, в том числе технологии анкерного, торкрет-бетонного и комбинированного крепления, являются объектом систематических исследований.

Цель работы: обоснование надежных и экономичных систем крепления для развития добычи руд на больших глубинах.

Методы

Обобщение литературных публикаций, патентных данных и статистических отчетов о деятельности горных пред-

приятий России и зарубежья за 20 лет. Анализ прогнозов о судьбе горного производства в близкой перспективе.

Результаты

Анкерная крепь представляет собой систему стержней, закрепляемых в шпурах и размещаемых в приконтурной зоне выработки (рис. 1).

Первые анкерные системы в практике крепления представляли собой стальные штанги, закрепляемые цементным раствором, и имели недостаток: медленное твердение цемента (до 4 часов), что снижало темп и безопасность работ.

Химическое закрепление анкеров основано на использовании быстротвердеющих полимерных смол. Уже через 5–10 с крепь набирает несущую способность.

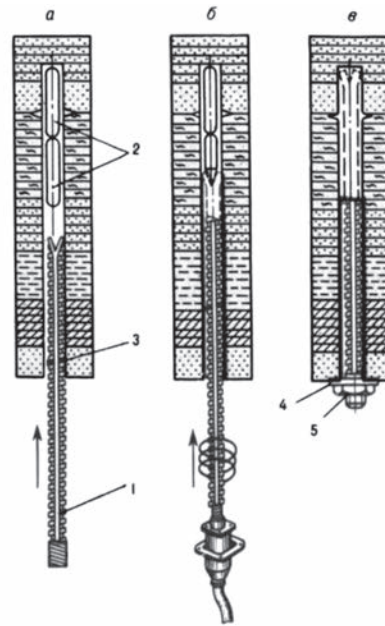


Рис. 1. Анкерная крепь: 1 – анкерный стержень; 2 – двухкомпонентная ампула; 3 – профиль; 4 – опорная плита; 5 – гайка-натяжитель / Fig. 1. Anchorage: 1 – anchor rod; 2 – two-component ampoule; 3 – profile; 4 – base plate; 5 – nut tensioner

Сталеполимерные анкерные крепи воспринимают нагрузку 150...200 кН, что сопоставимо с несущей способностью металлических рам.

Фрикционные анкеры представляют собой трубчатый стержень из стали с продольной прорезью. Самозакрепляющийся анкер забивается в шпур меньшего диаметра и фиксируется без цемента или смолы.

Несущая способность таких анкеров (50...80 кН) не высока, поэтому они применяются для временной крепи или работают совместно с другими системами крепи.

Канатные анкеры собой гибкие стержни из стальных канатов диаметром 15–25 мм, устанавливаемые в длинные шпуры (5–8 м) и закрепляемые цементным раствором или смолами. Короткие анкеры (2–3 м) закрепляют приконтурную зону, а над ними устанавливают длинные анкеры.

Самозабуривающиеся анкерные системы – полые стержни с буровым наконечником одновременно служат буром для создания шпура и способом подачи закрепляющего состава.

Набрызг-бетон (торкрет-бетон) представляет собой метод нанесения бетонной смеси на поверхность горных пород под давлением сжатого воздуха или насосных установок. Торкрет-бетон создает сплошную армированную оболочку,

скрепляющую потрескавшиеся породы вокруг выработки и препятствующую вывалам породы.

Фиброволокна. Добавление в бетонную смесь стальных или синтетических фиброволокон длиной 25–35 мм позволяет создавать фибробетон, выполняющий функции сетки по удержанию отслоившихся фрагментов породы и препятствию распространения трещин.

Комбинированные крепи. В близкой перспективе увеличивается практика комбинирования крепей анкеров и торкрет-бетона. Анкеры обеспечивают стабилизацию глубинных слоев массива, а набрызг-бетон с фиброй или сеткой укрепляет контур выработки, образуя защитную оболочку (рис. 2).

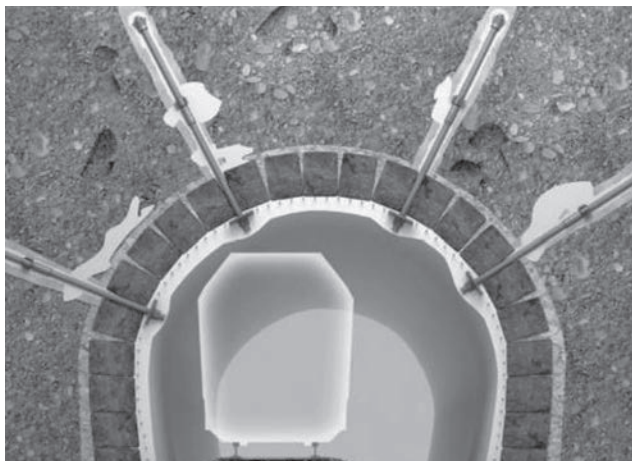


Рис. 2. Комбинированная крепь (анкера, сетка, набрызг-бетон) / Fig. 2. Combined fastener (anchors, mesh, spray-concrete)

Оптимальным считается следующий подход: после взрывных работ и уборки отбитой породы наносится тонкий слой торкрет-бетона для закрепления рыхлых фрагментов пород. Затем производится установка анкеров, монтируются армирующие элементы, и наносится слой набрызг-бетона до проектной толщины.

Армопояса и тензорные ремни усиливают комбинирован-

ную крепь. Армопояса представляют собой пространственные конструкции из стальной арматуры, которые устанавливаются между анкерами и торкрет-слоем. Тензорные ремни – стальные пластины, длиной 2,5–3 м, выполняют роль гибких ребер жесткости. Одна пластина размером 2,5 × 0,3 м весит около 10 кг, тогда как эквивалентная по функциям арка – в десятки раз больше.

Инъекционное упрочнение массива укрепляет раздробленный массив путем нагнетания в трещины тампонажных составов, повышая прочность массива.

Тампонажные составы. В качестве тампонажных материалов применяются цементные растворы, полиуретановые смолы, силикатные гели и другие составы, выбор которых определяется сплошностью пород, наличием водопритока и требуемой прочностью закрепления. Технология инъекционного закрепления включает в себя бурение скважин в зоне ослабления пород, установку пакеров и нагнетание раствора.

Пустотелые анкера. Совмещение анкерного крепления с инъекционным упрочнением выполняет функции механического закрепления пород и каналов подачи тампонажного раствора. Анкеры фиксируют породу и служат каналами для нагнетания.

Демпфирующие смеси характеризуются способностью деформирования без разрушения и эффективны в сочетании с податливыми анкерными системами.

Способы упрочнения рудомещающего массива обобщены в таблице.

Обсуждение

Современные методы крепления горных выработок, основанные на анкерно-торкретных технологиях, получили распространение во всех горнодобывающих регионах мира. При общности базовых принципов в различных странах сформировались специфические подходы, обусловленные местными горно-геологическими условиями и технологическими традициями.

В России переход к технологиям крепления начался в 2000-х годах. Примером служат норильские рудники, где произошла полная замена железобетонных штанг на хими-

Таблица / Table

Способы упрочнения пород / Methods of rock hardening

Вариант	Сущность	Недостатки	Совершенствование
Химическое закрепление	Закрепление полимерными смолами	Повышенные затраты времени	Использование двухкомпонентных закрепителей
Фрикционное закрепление	Фиксируются за счет распора	Несущая способность ограничена	Увеличение количества распорных элементов
Канатные анкера	Установление в шпury и закрепление цементом стальных канатов	Сложность контроля	Подбор материалов
Самозабуривающиеся анкера	Полые стержни с буровым наконечником, заполняются двухкомпонентной смолой	Сложность установки	Совершенствование заполнения шпура закрепителем
Набрызг-бетонирование	Смесь на выходе из сопла или подается извне	Повышенная запыленность, неоднородность покрытия и малая производительность	Совершенствование смесителей
Фиброволокна	Стальная сетка навешивается на анкера и покрывается набрызгбетоном	Сложная организация работ	Применение сухих смесей с добавлением фиброволокна
Комбинированные крепи	Сочетание анкеров и торкрет-бетона	Сложная организация работ	Оптимизация совместимости элементов
Армопояса	Стальная арматура и торкрет-слой	Сложная организация работ	Совершенствование организации работ
Тензорные ремни	Стальные пластины поверх крепи являются гибкими ребрами жесткости	Сложная организация работ	Совершенствование организации работ
Инъекционное упрочнение	Укрепление массива нагнетанием тампонажных составов	Только для скальных пород	Совершенствование организации работ

ческую анкерную крепь. На Южном Урале испытания усиленной комбинированной крепи продемонстрировали возможность отказа металлических арок с сокращением затрат почти на 50 % по сравнению с арочной крепью.

Результаты исследований анкеров иллюстрируются рисунком 3.

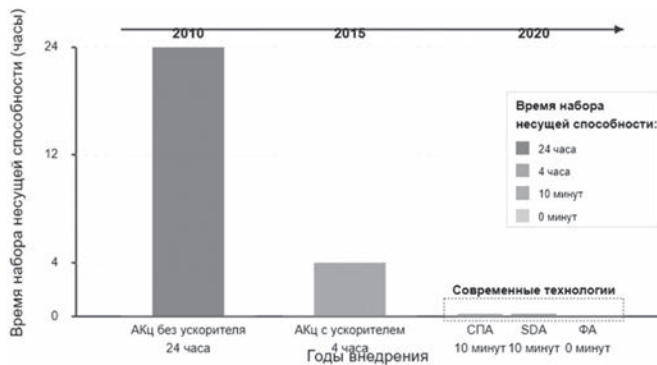


Рис. 3. Скорость набора несущей способности анкерами /
Fig. 3. The rate of gain of bearing capacity by anchors

Южная Африка, обладающая самыми глубокими рудниками мира, стала полигоном для испытания систем крепи: от гидравлических стоек и энергоемких деревянных элементов до динамических анкеров и тензорных ремней. Особенностью южноафриканского подхода является комбинирование принципов крепления: акцент на энергоемкость для поглощения динамических воздействий и сверхпрочное удержание для критически важных участков.

В Китае используются комбинированные системы с анкерами и набрызг-бетоном и тампонаж. Национальные научные центры разрабатывают оригинальные анкеры, рецепты торкрет-смесей и методы управления горным давлением.

Композитные и пластиковые анкеры нового поколения. Перспективна разработка композитных анкеров из неметаллических материалов. Пластиковые анкеры преодолели главные недостатки: хрупкость и низкую сдвигоустойчивость.

Перспективно создание гибридных конструкций, сочетающих металлическую арматуру с полимерной оболочкой.

Интеллектуальные системы «умной» крепи предполагают оснащение анкеров и других элементов датчиками, прогнозирующими состояние выработки. Системы мониторинга позволяют контролировать качество крепи в реальном вре-

мени и выявлять потенциально опасные участки до развития аварийных ситуаций. Перспективно создание автоматизированных систем управления крепью, способных адаптировать параметры поддержания к изменяющимся условиям.

Роботизация и автоматизация. Самоходные бурильно-крепежные машины могут стать роботизированными и управляемыми дистанционно. Роботизированные системы способны работать в условиях повышенной запыленности, температуры и радиации.

Новые материалы и технологии. В области материаловедения перспективны составы торкрет-смесей, полимерные составы для моментального закрепления пород на основе полиуретанов.

Исследуются возможности применения 3D-печати бетонных конструкций и надувных армированных оболочек. Для рудников с высокими температурами разрабатываются термостойкие крепи и системы охлаждения. Для условий мерзлоты создаются специальные составы.

Закключение

Технологии крепления горных выработок характеризуются переходом от пассивных поддерживающих систем к активным комплексам управления состоянием массива.

Состояние отрасли характеризуется гибкостью технологических решений: спектром вариантов от легких фрикционных анкеров до сложных многоуровневых систем с канатными анкерами, фибробетоном и армирующими конструкциями.

Композитные материалы, прежде всего новые поколения пластиковых анкеров, решают проблемы коррозии и снижения металлоемкости. Полимерные композиты преодолели недостатки: хрупкость и низкую сдвигоустойчивость, открывая широкие перспективы применения.

Системы мониторинга, роботизированные крепежные комплексы и адаптивные технологии управления создают принципиально новый уровень безопасности и эффективности производства.

Крепь представляет собой не просто пассивную поддержку выработки, а комплекс мероприятий по активному управлению состоянием горного массива. Продолжая исследования и обобщая мировой опыт, специалисты создают все более надежные и экономичные системы крепления, обеспечивая устойчивое развитие добычи полезных ископаемых на больших глубинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Дзапаров В.Х., Харебов Г.З., Стась В.П., Стась П.П. Исследование сухих строительных смесей на основе отходов производства для подземного строительства. *Сухие строительные смеси*. 2020; 1: 35-38.
Dzaparov V.Kh., Kharebov G.Z., Stas V.P., Stas P.P. Investigation of dry building mixes based on industrial waste for underground construction. *Dry building mixes*. 2020; 1: 35-38. (In Russ.).
2. Ключев Р.В., Босиков И.И., Майер А.В., Гаврина О.А. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020; 2: 283-290.
Klyuev R.V., Bosikov I.I., Mayer A.V., Gavrina O.A. A comprehensive analysis of the use of effective technologies to enhance the sustainable development of the natural and technical system. *Sustainable development of mountainous territories*. 2020; 2: 283-290. (In Russ.).
3. Яицкая Н.А., Бригида В.С. Геоинформационные технологии при решении трехмерных геоэкологических задач: пространственная интерполяция данных. *Геология и геофизика Юга России*. 2022; 12 (1): 162-173.
Yaitskaya N.A., Brigida V.S. Geoinformation technologies in solving three-dimensional geoecological problems: spatial data interpolation. *Geology and Geophysics of Southern Russia*. 2022; 12 (1): 162-173.
4. Li L., Shang C., Chu K., et al. Large-scale geo-mechanical model tests for stability assessment of super-large cross-section tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2021; (109): 5-9.

5. Голик В.И., Качурин Н.М., Стась Г.В., Лискова М.Ю. К природо- и ресурсосберегающим технологиям подземной разработки месторождений сложной структуры. *Безопасность труда в промышленности*. 2022; 9: 22-27.
Golik V.I., Kachurin N.M., Stas G.V., Liskova M.Yu. Towards natural and resource-saving technologies for underground mining of deposits of complex structure. *Occupational safety in industry*. 2022; 9: 22-27. (In Russ.).
6. Рыбак Я., Хайрутдинов М.М., Кузиев Д.А. и др. Прогнозирование геомеханического состояния массива при отработке соляных месторождений с закладкой. *Записки Горного института*. 2022; 253: 61-70.
Rybak Ya., Khairutdinov M.M., Kuziev D.A., et al. Forecasting the geomechanical state of the massif during the development of salt deposits with masonry. *Notes of the Mining Institute*. 2022; 253: 61-70. (In Russ.).
7. Рыбак Я., Хайрутдинов М.М., Конгар-Сюрюн Ч.Б., Тюляева Ю.С. Ресурсосберегающие технологии освоения месторождений полезных ископаемых. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2021; 13 (3 (49)): 405-415.
Rybak Ya., Khairutdinov M.M., Kongar-Suryun Ch.B., Tyulyaeva Yu.S. Resource-saving technologies for the development of mineral deposits. *Sustainable development of mountainous territories*. 2021; 13 (3 (49)): 405-415. (In Russ.).
8. Sajjad Chehreghani, Hossein Azad Sola, Hamid Chakeri. Stability analysis and support system design of Angouran underground mine batching room. *Mining of Mineral Deposits*. 2022; 16 (1): 92-100. <https://doi.org/10.33271/MINING16.01.092>.
9. Абрамкин Н.И., Ефимов В.И., Мансуров П.А. Эмпирические методики оценки состояния массива горных пород. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2022; 2: 68-76.
Abramkin N.I., Efimov V.I., Mansurov P.A. Empirical methods for assessing the condition of a rock mass. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Mining Journal*. 2022; 2: 68-76. (In Russ.).
10. Zemskov A.N., Liskova M.Yu., Sharipzyanova G.Kh. Regularities of changes in the gas-dynamic and geomechanical situation at potash mines. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2021; 13(3): 426-432. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2021-13-3-426-432>.
11. Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Хоменко О.Е., Дудар Т.В. Экологическая и горнотехническая безопасность разработки месторождений в энергонарушенных горных массивах: проблемы и перспективы. *Маркшейдерия и недропользование*. 2021; 3 (113): 43-55.
Lyashenko V.I., Vorobyov A.E., Khomenko O.E., Dudar T.V. Environmental and mining safety of field development in energy-damaged mountain ranges: problems and prospects. *Surveying and Subsurface Use*. 2021; 3 (113): 43-55. (In Russ.).
12. Talibe Keita A.M., Jahanbakhshzadeh A., Li L. Numerical analysis of the failure mechanisms of sill mats made of cemented backfill. *International Journal of Geotechnical Engineering*. 2022; 16: 16.
13. Куликова Е.Ю., Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Комплексная оценка геоэкологических рисков при ведении открытых и подземных горных работ. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2024; 16 (1): 205-216. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-1-205-216>.
Kulikova E.Yu., Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. Comprehensive assessment of geoeological risks in open-pit and underground mining operations. *Sustainable development of mountainous territories*. 2024; 16 (1): 205-216 (In Russ.). <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-1-205-216>.
14. Зейнуллин А.А., Абеуов Е.А., Демин В.Ф. и др. Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна. *Уголь*. 2021; 2: 4-9. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-2-4-9>.
Zeynullin A.A., Abeuov E.A., Demin V.F., et al. Assessment of methods for maintaining mine workings based on the use of anchorage in the mines of the Karaganda coal basin. *Coal*. 2021. No. 2. pp. 4-9. (In Russ.). <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-2-4-9>.
15. Плешко М.С., Лобанов Е.А., Муштекенов Т.С., Волков Д.С. Опыт проходки и крепления сверхглубоких горных выработок рудника «Скалистый» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». *Горный журнал*. 2022; (7): 32-37. <https://doi.org/10.17580/gzh.2022.07.05>.
Pleshko M.S., Lobanov E.A., Mushtekenov T.S., Volkov D.S. The experience of sinking and fixing ultra-deep mining workings of the Rocky mine of PJSC MMC Norilsk Nickel. *Mining Journal*. 2022; (7): 32-37. (In Russ.). <https://doi.org/10.17580/gzh.2022.07.05>.
16. Zeqiri K., Ibishi G., Shabani M., et al. Preliminary support design for underground mine adit, Artana Mine, Kosovo. *Mining Science*. 2021; 28: 141-159. <https://doi.org/10.37190/Msc212811>.
17. Semenova I.E., Kulkova M.S. The stress distribution around the mining excavations under different tectonic loads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 833: 012127. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/833/1/012127>.
18. Козырев А.А., Константинов К.Н., Лобанов Е.А. и др. Оценка геомеханического состояния массива пород в окрестности глубоких выработок рудника «Скалистый» комплексом натурных методов. *Горная промышленность*. 2023; (5): 108-113. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-108>.
Kozyrev A.A., Konstantinov K.N., Lobanov E.A., et al. Assessment of the geomechanical state of the rock mass in the vicinity of deep mine wells "Rocky" by a complex of natural methods. *Mining industry*. 2023; (5): 108-113. (In Russ.). <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-108>.
19. Wang R., Zeng F., Li L. Stability analyses of side-exposed backfill considering mine depth and extraction of adjacent stope. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2021. (142).
20. Каунг П.А., Исаков А.Е., Панфилов И.А. и др. Принципы формирования экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2024; 7-1: 159-175. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_71_0_159.
Kaung P.A., Isakov A.E., Panfilov I.A., et al. Principles of formation of environmentally safe and economically effective sustainable development of georesources. *Mining information and Analytical Bulletin*. 2024; 7-1: 159-175. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_71_0_159.

ОБ АВТОРЕ

Сергей Самвелович Саркисян –
инженер отдела процессного сопровождения горного
производства управления горного производства департамента
горного производства дирекции сопровождения производства
ПАО «ГМК «Норильский никель», г. Москва, Российская
Федерация; e-mail: sssdrakon@inbox.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.06.2026
Поступила после рецензирования: 26.06.2026
Принята к публикации: 30.06.2026

ABOUT THE AUTHOR

Sergey S. Sargsyan –
PJSC MMC Norilsk Nickel, Engineer, Mining Process Support
Department of the Mining Production Department, Mining
Production Department, Production Support Directorate,
Moscow, Russian Federation; e-mail: sssdrakon@inbox.ru

Article info

Received: 20.06.2026
Revised: 26.06.2026
Accepted: 30.06.2026