

Цифровые горные технологии – импортозамещение и технологическая независимость

С.В. Лукичев ✉

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Российская Федерация

✉ s.lukichev@ksc.ru

Резюме: Формирование российского рынка горного программного обеспечения происходило с некоторым отставанием от мирового, что связано с распадом СССР и переориентацией экономики с технологического вектора развития на сырьевой. Подобная переориентация привела к существенному сокращению объема финансирования в области разработки российского горного программного обеспечения, чему в немалой степени способствовало бытовавшее много лет мнение значительного числа специалистов о невозможности достижения отечественными разработчиками мирового уровня. Результатом этих процессов, которые развивались в течение последних 30 лет, является нынешнее состояние российского рынка горного программного обеспечения, где доминируют зарубежные разработки. Характерным отражением состояния рынка являются горно-геологические информационные системы, которые выступают в роли системообразующих при формировании цифровой технологии инженерного обеспечения горных работ. Доля импортных горно-геологических информационных систем на российском рынке составляет 90–95%, что в условиях санкций приводит к торможению процесса цифровой трансформации горнодобывающей отрасли. Изменить ситуацию можно, объединив усилия отечественных разработчиков программного обеспечения на основе создания сетевой структуры в форме цифровой платформы, предоставляющей сторонним разработчикам программного обеспечения через библиотеку API-функций возможность интеграции своих инструментов в единую цифровую среду, реализующую базовый набор системных и рабочих инструментов. Цифровую платформу предлагается создавать на основе отечественной горно-геологической информационной системы MINEFRAME, обладающей развитым функционалом, основанным на 3D-моделировании и многопользовательской работе в локальной вычислительной сети.

Ключевые слова: горное программное обеспечение, цифровые технологии, цифровая трансформация, горно-геологические информационные системы, цифровая платформа, импортозамещение, технологическая независимость

Для цитирования: Лукичев С.В. Цифровые горные технологии – импортозамещение и технологическая независимость. *Горная промышленность*. 2023;(5S):04–09. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5S-04-09>

Digital technologies in mining: import substitution and technological independence

S.V. Lukichev ✉

Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Science; Apatity, Russian Federation

✉ s.lukichev@ksc.ru

Abstract: Formation of the Russian mining software market was lagging behind the global market due to the collapse of the USSR and changing the economy's development vector from technological to raw materials. Such reorientation has led to a significant reduction in financing the development of Russian mining software, which during many years was significantly promoted by the perception of a considerable number of specialists that the domestic developers were not able to reach the world level for many years. The result of these processes, which have been developing for the last 30 years, is the current state of the Russian mining software market, which is dominated by foreign products. The state of the market is perfectly reflected by mining and geological information systems, which act as backbone systems in the formation of digital technology for engineering support of mining operations. The share of imported mining and geological information systems in the Russian market is 90÷95%, which in conditions of the sanctions leads to slowing down the digital transformation of the mining industry. It is possible to change this situation by uniting the efforts of domestic software developers based on creating a network structure in the form of a digital platform that provides third-party software developers a possibility to integrate their tools through a library of API-functions into a single digital environment that realizes a basic set of system and working tools. It is proposed to create this digital platform on the basis of the Russian MINEFRAME mining and geological information system, which has extensive functionality based on 3D modeling and multi-user work within a local area network.

Keywords: mining software, digital technologies, digital transformation, mining and geological information systems, digital platform, import substitution, technological independence

For citation: Lukichev S.V. Digital technologies in mining: import substitution and technological independence. *Russian Mining Industry*. 2023;(5S):04–09. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5S-04-09>

Введение

Широкомасштабное использование цифровых технологий в горнодобывающей промышленности началось с появления на предприятиях, в проектных и научных организациях персональных компьютеров и развивалось от автоматизации решения отдельных не связанных между собой геологических, маркшейдерских, технологических и геомеханических задач до формирования информационных систем, комплексно решающих большинство задач, встречающихся в практике работы горных предприятий (рис. 1).

способствовало бытовавшее много лет мнение значительного числа специалистов о невозможности достижения отечественными разработчиками мирового уровня. Результатом этих процессов, которые развивались в течение последних 30 лет, является нынешнее состояние российского рынка горного ПО, где доминируют зарубежные ПП. Показательным в этом плане выглядит отечественный рынок ПП класса горно-геологических информационных систем (ГИС), которые являются системообразующими при формировании цифровой технологии инженерного обеспечения горных работ. Подтверждением системо-



Рис. 1 Эволюция горного программного обеспечения

Fig. 1 Evolution of mining software

Достаточно часто это сопровождалось объединением программ в более крупные комплексы, что способствовало быстрому росту функционала таких систем и снижению издержек, связанных с внедрением программ на производстве. Таким образом, на рынке программных продуктов (ПП) горной направленности в настоящее время сформировалась группа IT-компаний, сумевшая создать глобальную сеть продвижения своих решений и практически не оставившая шансов на возникновение и успешное развитие информационных систем более молодых конкурентов.

Российский рынок горного программного обеспечения

Формирование российского рынка горного программного обеспечения (ПО) происходило с некоторым отставанием от мирового, что связано с распадом СССР и переориентацией экономики с технологического вектора развития на сырьевой. Подобная переориентация привела к существенному сокращению объема финансирования в области разработки российского ПО, чему в немалой степени

образующего характера ГИС является то, что в их цифровой среде формируются модели горно-геологических объектов, с использованием которых решаются основные задачи инженерного обеспечения горных работ.

Подавляющее большинство ГИС, представленных на российском рынке (рис. 2), начали создаваться в 1980-х годах, когда осуществлялся массовый переход от использования электронных вычислительных машин (ЭВМ) коллективного пользования к персональным компьютерам, что сопровождалось мощным развитием компьютерной графики, систем управления базами данных (СУБД), средств обмена данными в локальной вычислительной сети (ЛВС). Развитие операционных систем и средств мобильной коммуникации создало условия для перехода к кроссплатформенным решениям, а наличие высокоскоростного доступа к интернет-ресурсам – возможность использования цифровых сервисов, включая: облачные технологии; виртуальную и дополненную реальность; промышленный интернет вещей; искусственный интеллект; предиктивную аналитику, основанную на обработке больших объемов данных.

Развитие средств разработки ПО с одновременным совершенствованием методов решения прикладных задач, используемых при создании цифровых инструментов автоматизации работы инженерно-технических работ-

Представлены на российском рынке

По объёму продаж импортное ПО - 90 ÷ 95% российского рынка

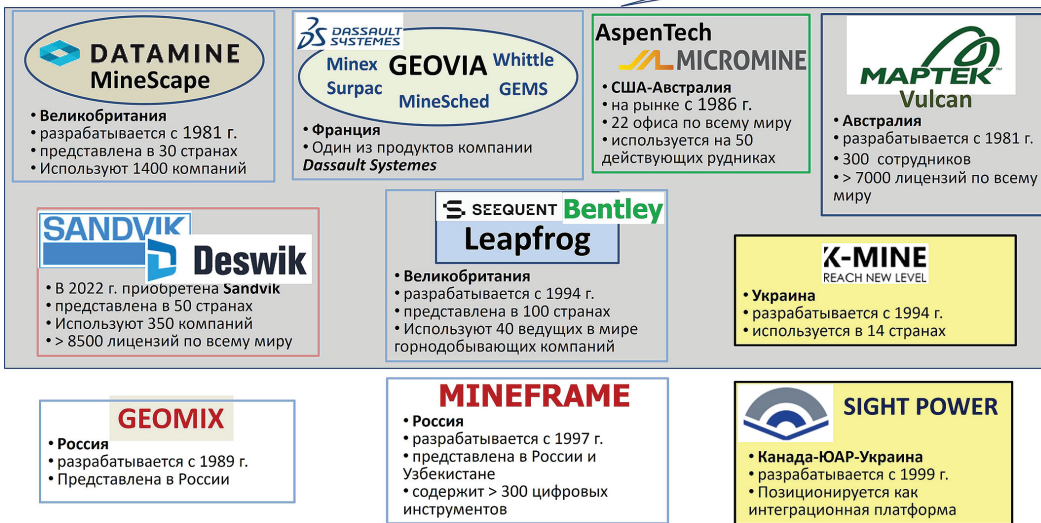


Рис. 2 Программные продукты класса горно-геологических информационных систем

Fig. 2 Software products of the mining-geological information systems class

ников горнодобывающих предприятий, позволило средствами ГИС формировать рабочие места специалистов, решающих горно-геологические задачи на основе обмена данными в едином цифровом пространстве [1]. В основе таких данных выступают, как правило, цифровые модели, несущие информацию о геометрии и свойствах реальных объектов горной технологии, а сами модели могут использоваться для формирования виртуальной реальности, что открывает широкие возможности как для имитационного моделирования технологических и вспомогательных процессов [2], так и для построения систем дистанционного, а в дальнейшем и роботизированного управления оборудованием [3].

Таким образом, за более чем 30-летний период развития горного ПО сформировался достаточно узкий круг ПП класса ГИС, который к тому же имел тенденцию к сокращению числа участников и расширению функционала за счёт поглощения одних компаний другими. Зачастую это происходило за счёт перехода команд разработчиков ПО в более крупные компании, занимающиеся широким спектром IT-технологий (например – DASSAULT SYSTEMS, объединившая под названием GEOVIA ранее самостоятельные ПП: Minex, Surpac, MineSheld, GEMS, Whittle) [4], или вхождения в состав инжиниринговой либо производственной компании (например – приобретение известным производителем горного оборудования SANDVIK компании-разработчика ПО Deswik [5]). Следует отметить, что на российском рынке представлен практически весь перечень известных в мире ГИС, команды разработчиков которых за несколько десятилетий присутствия в России получили существенную финансовую и интеллектуальную поддержку со стороны российских горнодобывающих компаний, проектных и геологоразведочных организаций. Результатом такой технологической политики является то, что на сегодня доля импортных ГИС на российском рынке составляет 90–95%. Оставшиеся несколько процентов на рынке занимают отечественные ГИС:

MINEFRAME [6], ГЕОМИКС [7] и в узкоспециализированном сегменте, ориентированном на калийные соли, – разработка Пермского Политеха [8]. А с учётом того, что ГИС являются основой для формирования цифровых технологий инженерного обеспечения горных работ, то даже те отечественные разработки, которым удавалось закрепиться в области узкоспециализированных решений, вынуждены были встраиваться в системообразующие решения зарубежных IT-компаний. Сложившаяся ситуация отрицательно повлияла на развитие в стране научного направления, связанного с разработкой цифровых технологий и информационных систем горного профиля. По сути, значительная часть отечественных исследований и разработок была сконцентрирована не на создании эффективных алгоритмов и цифровых инструментов, а на адаптации импортных программных решений к условиям конкретных предприятий.

Варианты создания полнофункциональной российской ГИС

С подобной ситуацией можно было мириться в условиях открытого глобального рынка, согласившись на второстепенные роли в области создания горного ПО. Но в условиях тотальных санкций, когда с российского рынка стали уходить ПП, на базе которых многие предприятия формировали системы инженерного обеспечения и управления горными работами, это стало причиной значительных финансовых потерь и торможения процесса цифровой трансформации горнодобывающих предприятий. Следует отметить, что повышение эффективности работы горнодобывающих предприятий в усложняющихся горно-геологических условиях в значительной степени зависит именно от уровня внедрения на производстве цифровых технологий. Таким образом, импортозамещение становится целью не только обеспечения технологической независимости горнодобывающей отрасли и повышения её конкурентоспособности, но также и создания научных школ, формирующих идеологию развития российского горного ПО.

И если необходимость перехода на российское ПО вполне понятна и выделена руководством страны как приоритетная задача, то относительно вариантов перехода существуют разные мнения, которые сводятся к следующему:

1. Создать ГИС с нуля, вложив в это очень большие финансовые средства и сформировав большие команды разработчиков. Подобная точка зрения присутствует в среде IT-специалистов некоторых крупных горнодобывающих компаний. По сути, речь идёт о создании на примере своего предприятия ПП, который в дальнейшем может превратиться в рыночный продукт и отдельный бизнес-проект.
2. Используя существующие отечественные ГИС (их хоть немного, но они имеются), быстро расширить их функциональные возможности до уровня импортных ПП.

На основе 26-летнего опыта разработки ГИС MINEFRAME можно дать следующую оценку вариантов создания в ограниченные сроки отечественных ГИС мирового уровня функциональности. Создание ПП, а особенно такого сложного и функционально насыщенного, как ГИС, – это в первую очередь наличие команды специалистов, способных создать ПО, архитектурно и структурно отвечающего нынешним и будущим требованиям горняков. И здесь важна идеология построения ПП, которая формируется годами и развивается как научная школа. С этой точки зрения 1-й вариант является проблематичным в силу того, что школы и команды создаются годами, а не месяцами. 2-й вариант предлагает создание ГИС мирового уровня на базе сложившейся школы и команды, а ускорение достигается за счёт увеличения финансирования и команды разработчиков. С учётом того, что современная ГИС должна обладать большим объемом системных функций и рабочих инструментов, формирование которых требует значительного времени, создание такого ПП в короткое время выглядит проблематично. Для примера, в составе ГИС MINEFRAME на сегодня более 300 рабочих инструментов и на создание некоторых из них требовалось несколько месяцев, а иногда и лет работы. Для 2-го варианта – это уже во многом не только выполненная работа, но и проверенная при использовании на действующих предприятиях. И наконец, финансовые затраты на создание ГИС по 1-му варианту представляются существенно более высокими, а время реализации более длительным, чем по 2-му. Отсюда вывод – 1-й вариант по сравнению со 2-м обладает более высоким риском невыполнения.

На примере MINEFRAME можно оценить уровень отечественной разработки по сравнению с зарубежными аналогами и, как следствие, возможность создания на её основе полнофункциональной российской ГИС. Как и зарубежные ПП, MINEFRAME использует 3-мерные цифровые модели объектов горной технологии, для создания и работы с которыми имеется необходимый набор системных инструментов, обеспечивающий создание моделей горно-геологических объектов любой степени сложности. При этом в отличие от большинства зарубежных ГИС работа с моделями может осуществляться в многооконном режиме, дающим возможность одновременной работы с 3-м изображением модели объекта и его разрезов. Модель объекта MINEFRAME в отличие от зарубежных ПП является единой структурой векторных, каркасных и блочных элементов, что упрощает загрузку моделей из БД, включая возможность пространственной и структурной фильтрации. Для хранения моделей и другой связанной с ними цифровой информации в MINEFRAME используется полноценная БД, а не её упрощённый аналог, реализующий работу с файловой структурой данных, как в ряде зарубежных ГИС. В MINEFRAME, как и зарубежных ГИС, имеется обшир-

ный набор рабочих инструментов, позволяющий решать большинство геологических, маркшейдерских и технологических (для открытых и подземных горных работ) задач, встречающихся в практике работы горнодобывающих предприятий. В MINEFRAME реализован многопользовательский режим работы в едином цифровом пространстве, существует возможность задания уровня доступа к моделям объектов, а за счёт использования полноценной БД упрощён режим сохранения и восстановления данных в случае их потери. Для вывода на печать имеются встроенные в ГИС средства подготовки технологической документации, при формировании которой используется классификатор, обеспечивающий подготовку горной графики в соответствии с требованиями ГОСТа. Кроме того, в составе MINEFRAME имеются средства формирования БД технологического оборудования, что существенно облегчает процесс проектирования и планирования горных работ.

Таким образом, на сегодня ГИС MINEFRAME обладает достаточно развитым базовым функционалом, проверенным в течение многих лет на десятилетия горнодобывающих предприятий России. В то же время анализ зарубежных ГИС показывает, что в MINEFRAME отсутствует или недостаточно развит функционал в области: геолого-структурного неявного моделирования, оптимизации планирования горных работ, расчёта геомеханически безопасных конструктивных параметров карьеров и систем проветривания горных выработок, оперативного планирования и управления рудопотоком. Следует отметить, что и в зарубежных ГИС какой-то функционал представлен лучше, а какой-то хуже, но так как задача состоит в создании полнофункциональной отечественной ГИС, то это необходимо учитывать при её формировании.

Решать задачу импортозамещения (в данном случае создания полнофункциональной российской ГИС), проходя шаг за шагом путь известных мировых брендов, значит постоянно находиться в позиции догоняющего. На сегодня такие импортные ПП, как Datamine [9], Micromine, Geovia, Maptek [10], обладая обширным функционалом и большими командами разработчиков, продолжают активно развиваться. Выдержать конкуренцию с ними можно, объединив усилия отечественных разработчиков ПО, путем создания сетевой структуры формирования цифровой технологии инженерного обеспечения горных работ. Сделать это можно путём создания отечественной цифровой платформы (ЦП), предоставляющей сторонним разработчикам через библиотеку API-функций возможность интеграции своих инструментов в единую цифровую среду, реализующую базовый набор системных и рабочих инструментов. Такой подход решает для сторонних разработчиков сразу две задачи: первая – исключает необходимость тратить время и ресурсы на разработку и поддержание системного функционала; вторая – упрощает интеграцию цифровых инструментов в геоинформационную систему, так как это происходит уже на этапе разработки.

Понимая важность решения задачи создания конкурентоспособных отечественных ПП горной направленности, разработчики ГИС MINEFRAME приступили к созданию на её базе ЦП, которая кроме решения задачи интеграции инструментов в едином моделирующем цифровом пространстве будет также обеспечивать возможность функционирования инструментов под управлением различных операционных систем. Архитектура MINEFRAME-ЦП (рис. 3) будет включать ядро, содержащее системный функционал, формирующий цифровую среду для 3D-мо-

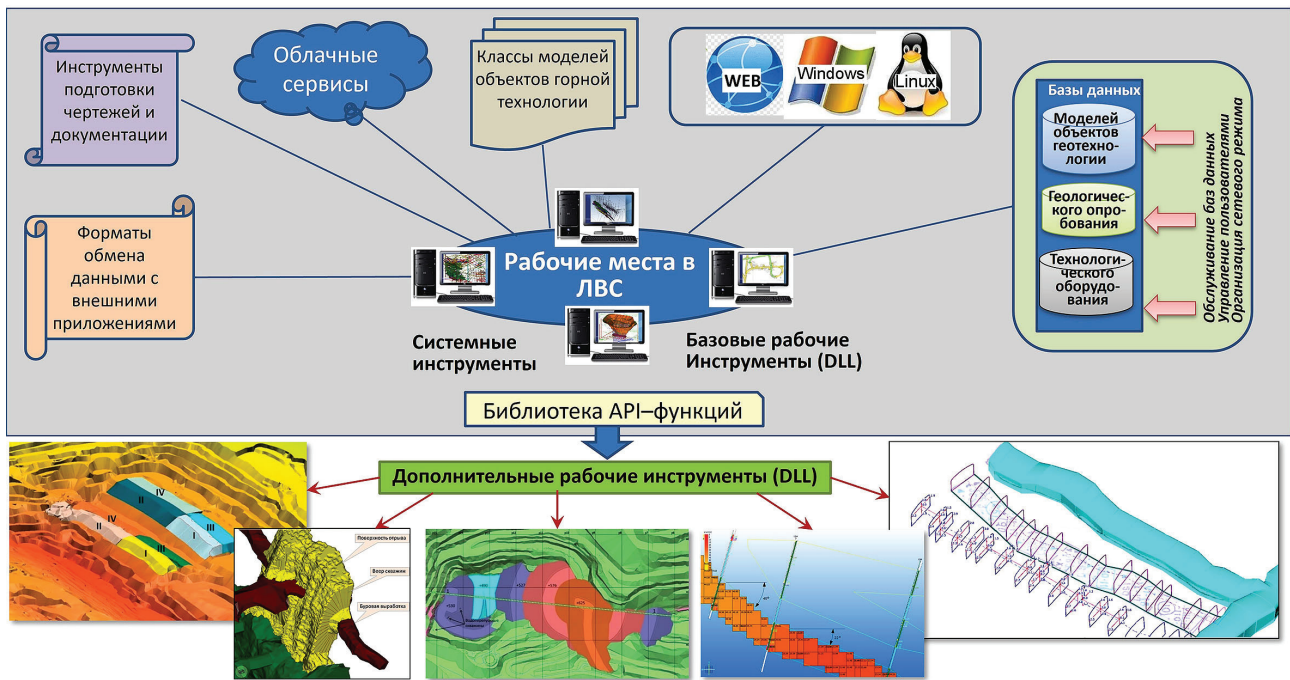


Рис. 3
Цифровая платформа MINEFRAME-ЦП

Fig. 3
The MINEFRAME-CP digital platform

делирования объектов горной технологии и многопользовательской работы с БД в ЛВС. Ядро будет иметь средства обмена данными с внешними приложениями, использующими другой формат данных, а также инструменты подготовки для вывода на печать чертежей и технологической документации. Для использования внешних приложений (требующих больших вычислительных ресурсов или специфического функционала) будет реализована связь с ними через облачные сервисы. Разработка рабочих инструментов, решающих конкретные задачи горной технологии, будет осуществляться с использованием библиотеки API-функций, что обеспечит, с одной стороны, интеграцию рабочих инструментов внешних разработчиков как внутренних, а с другой стороны, отсутствие прямого доступа к ядру повысит стабильность работы системы. В целом же переход на ЦП – это не только способ быстрого повышения функциональности цифровой системы, но и важный шаг к созданию безбарьерной цифровой технологии.

когда представители отечественной горнодобывающей отрасли требовали от российских ПП функциональности, близкой к импортной, позволила сформировать отечественные команды и научные школы, обладающие потенциалом и заделом для создания конкурентоспособных ПП. Все эти годы российским разработчикам, по сути, не хватало двух вещей: достаточного для быстрого развития ПП финансирования и партнёрского, а не потребительского отношения со стороны горнодобывающих предприятий. Ситуация с санкциями наглядно показала, что устойчивое развитие горнодобывающей отрасли России невозможно без создания отечественного горного ПО мирового уровня функциональности, а успех в решении задачи импортозамещения и обеспечения технологической независимости будет зависеть не только от понимания того, что и как надо делать, но во многом от уровня финансирования этих работ и содействия со стороны горнодобывающих предприятий.

Заключение

Хотелось бы отметить следующее. Три десятилетия интенсивного развития горного ПО не прошли для отечественных разработчиков даром. Жёсткая конкуренция на российском рынке ПО с зарубежными разработками,

Список литературы

1. Наговцын О.В., Лукичев С.В. *Горно-геологические информационные системы – история развития и современное состояние*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН; 2016. 196 с.
2. Салахиев Р.Г., Дедюхин А.В., Бахтурин Ю.А., Журавлев А.Г. Имитационное моделирование и автоматизированное управление горнотранспортными работами в карьерах. *Горный журнал*. 2012;(1):82–85. Режим доступа: <https://rudmet.ru/journal/820/article/12517/>
3. Глебов Н.А., Амин Нихад Мохаммед. Управление автономными мобильными гусеничными машинами и роботами в неформализованной среде. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. 2015;(3):17–21. <https://doi.org/10.17213/0321-2653-2015-3-17-21>

4. Туртыгина Н.А., Ковальчук А.А., Павин И.Г., Батралиев Р.Ш. Информационные системы и инструменты планирования горных работ для стабилизации качества добытых руд. *Культура. Наука. Производство*. 2021;(7):5–10. https://doi.org/10.52978/26187701_2021_7_5
5. Русских И.Л., Сидорук М.Р., Шевляков Е.В. Применение современного программного обеспечения при проектировании и планировании подземных горных работ. В кн.: *Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник трудов 11-й Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 7–8 апреля 2022 г.* Екатеринбург: Уральский государственный горный университет; 2022. С. 134–139.
6. Лукичев С.В., Наговицын О.В., Семенова И.Э., Белгородцев О.В. Подходы к решению задач проектирования и планирования горных работ в системе MINEFRAME. *Горный журнал*. 2015;(8):53–58. <https://doi.org/10.17580/gzh.2015.08.12>
7. Морозова Т.П. Перспективы применения в горной промышленности российских систем цифрового проектирования: ГИС «Геомикс» и Mineframe. *Инновации и инвестиции*. 2022;(5):132–135.
8. Катаев А.В., Кутовой С.Н., Ефимов Е.М., Мейстер Д.Ф. Создание горно-геологической информационной системы ПАО «УРАЛ-КАЛИЙ». *Проблемы недропользования*. 2016;(2):26–31. <https://doi.org/10.18454/2313-1586.2016.02.026>
9. АО «Полиметалл Инжиниринг» представляет бестселлеры лучших мировых практик в области оценки ресурсов и запасов и экономики горного дела. *Горная промышленность*. 2016;(5):88–89. Режим доступа: <https://elibrary.ru/xbjkvz>
10. Горно-геологические информационные системы на современном горном предприятии. *Горная промышленность*. 2021;(4):58–62. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/intervyu/16715-gorno-geologicheskie-informatsionnye-sistemy>

References

1. Nagovitsyn O.V., Lukichev S.V. *Mining and geological information systems: history of development and current state*. Apatity: Kola Science Centre of the Russian Academy of Science; 2016. 196 p. (In Russ.)
2. Salakhiev R.G., Dedukhin A.V., Bakhturin Yu.A., Zhuravlev A.G. Imitating modelling and automated management of mining and transportation works on open cast mines. *Gornyi Zhurnal*. 2012;(1):82–85. (In Russ.) Available at: <https://rudmet.ru/journal/820/article/12517/>
3. Glebov N.A., Amin N.M. Control of autonomous mobile tracked vehicles and robots in the nonformalized medium. *Bulletin of Higher Educational Institutions North Caucasus region. Technical Sciences*. 2015;(3):17–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.17213/0321-2653-2015-3-17-21>
4. Turtygina N.A., Kovalchuk A.A., Pavin I.G., Batyraliev R.Sh. Information systems and mining planning tools to stabilize the quality of mined ores. *Kultura. Nauka. Proizvodstvo*. 2021;(7):5–10. (In Russ.) https://doi.org/10.52978/26187701_2021_7_5
5. Russkih I.L., Sidoruk M.R., Shevlyakov E.V. The use of modern software in the design and planning of underground mining operations. In: *Innovative geotechnologies in mining of ore and nonmetallic deposits: Proceedings of the 11th International Scientific and Technical Conference within the Ural Mining Decade, Ekaterinburg, April 7–8, 2022*. Ekaterinburg: Ural State Mining University; 2022, pp. 134–139. (In Russ.)
6. Lukichev S.V., Nagovitsyn O.V., Semenova I.E., Belogorodtsev O.V. Mine planning and design in MINEFRAME. *Gornyi Zhurnal*. 2015;(8):53–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/gzh.2015.08.12>
7. Morozova T.P. Prospects for the use of Russian digital design systems in the mining industry: GIS “Geomix” and MINEFRAME. *Innovatsii i investitsii*. 2022;(5):132–135. (In Russ.)
8. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. Creation mining and geological informational system in the PJSC “Uralkaliy”. *Problems of Subsoil Use*. 2016;(2):26–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18454/2313-1586.2016.02.026>
9. Polymetal Engineering JSC presents best practices in assessing resources and reserves estimation as well as in mining economics. *Russian Mining Industry*. 2016;(5):88–89. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/xbjkvz>
10. Mining and Geological Information Systems at in Contemporary Mining Operations. *Russian Mining Industry*. 2021;(4):58–62. (In Russ.) Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/intervyu/16715-gorno-geologicheskie-informatsionnye-sistemy>

Информация об авторе

Лукичев Сергей Вячеславович – доктор технических наук, директор Горного института Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Российская Федерация; e-mail: s.lukichev@ksc.ru

Information about the author

Sergey V. Lukichev – Dr. Sci. (Eng.), Director, Mining Institute of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation; e-mail: s.lukichev@ksc.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 02.10.2023
Поступила после рецензирования: 09.11.2023
Принята к публикации: 23.11.2023

Article info

Received: 02.10.2023
Revised: 09.11.2023
Accepted: 23.11.2023