

# Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов

М.В. Рыльникова ✉

Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук им. академика Н.В. Мельникова, г. Москва,  
Российская Федерация

✉rylnikova@mail.ru

**Резюме:** Представлены принципы обеспечения устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов. Определены основные направления цифровизации горного производства, базирующейся на развитии автоматизированных систем управления с постоянным увеличением количества объектов и элементов, обеспеченных средствами автономного контроля и учета. Показано, что важным этапом в трансформации компании является перестройка и повышение уровня организации всех технологических процессов, развитие компетенций персонала с широким оповещением всех заинтересованных лиц и созданием доверия к новым цифровым технологиям. Определены основные этапы перехода к новым технологическим укладам при разработке месторождений полезных ископаемых с применением интеллектуальных систем и цифровых технологий с учетом специфики горного производства.

**Ключевые слова:** горнотехническая система, глобальные вызовы, георесурсы, цифровизация, устойчивое развитие

**Для цитирования:** Рыльникова М.В. Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов. *Горная промышленность*. 2022;(3):69–73. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-3-69-73>

## Conditions and principles for sustainable development of mining companies during a period of higher risks and global challenges

M.V. Rylnikova ✉

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉rylnikova@mail.ru

**Abstract:** The paper outlines principles for sustainable development of mining companies during a period of higher risks and global challenges. The main trends in digital transformation of mining operations are described which is based on development of automated control systems with constant increase in the number of facilities and components provided with autonomous control and accounting tools. It is shown that an important stage in the digital transformation of a company is reorganization and enhancement of organization standards for all technological processes as well as development of the personnel competencies with broad awareness of all the stakeholders and creation of trust towards the new digital technologies. The main stages in transition to the new technological modes in mining of mineral deposits using intelligent systems and digital technologies are identified with due account for the specific features of the mining operations.

**Keywords:** mining engineering system, global challenges, geo-resources, digital transformation, sustainable development

**For citation:** Rylnikova M.V. Conditions and principles for sustainable development of mining companies during a period of higher risks and global challenges. *Russian Mining Industry*. 2022;(3):69–73. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-3-69-73>

**Введение**

Проблема обеспечения устойчивости развития крупных горнодобывающих компаний является на сегодняшний день наиболее актуальной и часто обсуждается на научных конференциях, общественных форумах, в СМИ. При этом само понятие «устойчивого развития» в глобальном контексте и устойчивого развития горнодобывающего предприятия различными авторами понимается неоднозначно [1–4].

Под устойчивым развитием исторически принято понимать требование обеспечения текущих общественных потребностей в изменяющихся условиях без нарушения перспектив развития будущих поколений. Философски этот подход вполне оправдан. Однако анализ особенностей функционирования горнотехнических систем в условиях пандемии и иных глобальных вызовов показал, что для безопасного и рентабельного развития самих систем необходимо обеспечение безубыточного их функционирования на протяжении всего периода освоения участка недр за счет управления внутренними горнотехническими резервами в специфических условиях разработки природных месторождений и техногенных образований с учетом изменения горнотехнических, конъюнктурных и социально-экономических факторов внутренней и внешней среды.

На заседании Совета по проблемам развития горных наук 4 февраля 2022 г. в докладе профессора Ю.П. Галченко было отмечено, что устойчивое развитие должно обеспечивать отсутствие конфликта между техносферой и природой при минимальном воздействии техногенной среды на экосистему горнопромышленного региона [5]. При этом понятно, что минимальное нарушение состояния атмосферы, гидросферы, геосферы, биоты происходит при отсутствии каких-либо техногенных изменений состояния недр в ходе ведения горных работ, а следовательно, при отказе от добычи полезных ископаемых. Очевидно, что это противоречит самому развитию человеческого общества, которое не может существовать без добычи и потребления минеральных ресурсов, причем спрос на них прогрессивно растет. А для этого необходимо обеспечивать устойчивое развитие горнотехнических систем на принципах:

- безубыточности на всех этапах освоения лицензионного участка недр, включая этапы доработки запасов, эксплуатации и переработки техногенного сырья, рекультивации территорий и многофункционального использования сформированных открытыми и подземными работами выработанных пространств;

- экономичности, ресурсо- и энергосбережения технологических процессов добычи и переработки полезных ископаемых с воспроизводством электроэнергии непосредственно в горнотехнической системе и минимизацией выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу;

- развития экологически сбалансированных геотехнологий, предусматривающих разработку компенсирующих мероприятий по ликвидации ущерба, наносимого окружающей среде горными работами по добыче и переработке минерального сырья;

- создания условий для роста материального благосостояния, принятия мер по решению социально-экономических, культурно-бытовых, духовных и спортивно-оздоровительных проблем не только сотрудников горнодобывающих предприятий, но и всего населения горнопромышленных регионов;

- развития открытости, прозрачности системы корпоративного управления горнодобывающей компанией, вклю-

чая все ее структурные подразделения, с соблюдением правил деловой и корпоративной этики;

- цифровой трансформации горнотехнических систем, предусматривающей внедрение цифровых технологий в различные бизнес-процессы предприятий отрасли [6]. Сделать это возможно исключительно на базе интеллектуализации геотехнологий и цифровой трансформации горного производства с отображением в режиме on-line количественной информации о состоянии техногенной и окружающей среды, производственных и социальных процессов.

Отечественная индустрия добычи полезных ископаемых, созданная в период масштабной индустриализации второй половины XX в., не отвечает большим вызовам и глобальным трендам, связанным с изменением минерально-сырьевой базы и усложнением условий вовлечения природного и техногенного сырья в промышленную эксплуатацию. Это определяет необходимость разработки научно-методических основ устойчивого развития горнотехнических систем на базе установления закономерностей взаимодействия природных и инновационных технологических процессов в условиях интенсивного комплексного освоения недр Земли с использованием рациональной структуры, сочетания различных, в том числе нетрадиционных, геотехнологических процессов с заданными параметрами при переходе к цифровым геотехнологиям и роботизации.

**Обеспечение устойчивого развития**

Обеспечение устойчивого развития минерально-сырьевой базы России возможно на основе определения для каждой горнотехнической системы рационального сочетания геотехнологических процессов, масштабов их реализации с внедрением инновационных процессов рудничной сепарации, закладки выработанного пространства с применением передвижных комплексов, кучного, подземного и скважинного выщелачивания, энергоспроизводства, преимущественно в программируемом режиме их реализации при одновременном вовлечении в эксплуатацию природных и техногенных георесурсов различного качества, включая ранее некондиционные [7; 8].

Причем специфика функционирования горнотехнических систем состоит не только в неповторяемости объектов недропользования, изменении во времени и пространстве предмета труда, крайней нестабильности и сложной прогнозируемости рынка сырьевой товарной продукции, высокой недостоверности исходной информации о состоянии объекта освоения недр, но и в необходимости учета взаимного влияния различных геотехнологий и параметров горнотехнических конструкций на состояние и свойства массива горных пород и параметры горнотехнической системы в целом.

В этих условиях устойчивое функционирование горнотехнических систем возможно обеспечить на основе синтеза и расширения спектра геотехнологических процессов, обеспечивающих на стадии проектирования и в ходе всего жизненного цикла освоения участка недр, таких рациональных значений параметров горнотехнической системы, которые в полной мере удовлетворяют потребности общества в минерально-сырьевой товарной продукции и гарантируют безубыточность работы горного предприятия на протяжении всего периода освоения участка недр.

Также следует отметить, что горнотехническая система при освоении недр, как правило, включает процессы, относящиеся к разным технологическим укладам. При этом

возможно в едином технологическом пространстве сочетание ручного и механизированного труда с элементами систем с автоматическим управлением производством. А в ряде случаев и с полностью роботизированными интеллектуальными геотехнологиями с программируемым управлением работой горного оборудования в автономном режиме. Это вызывает дополнительные сложности и требует особого подхода к проектированию устойчивого развития горнотехнической системы.

В аспекте обеспечения устойчивости горнотехнической системы следует отметить свойство самой системы и ее способность изменять и уничтожать те базовые условия, на которые она была запроектирована. Действительно, в ходе функционирования горнотехнической системы неизбежно истощаются балансовые запасы месторождения, динамично изменяются в результате техногенного воздействия геологические, геомеханические, газо-, гидродинамические условия, сокращается экономический и минерально-ресурсный потенциал осваиваемого участка недр.

Это определяет необходимость разработки научно-методических основ устойчивого развития горнотехнических систем на базе установления закономерностей взаимодействия природных и инновационных технологических процессов в условиях интенсивного комплексного освоения недр Земли на принципах устойчивого развития. Но инновационное развитие геотехнологии сдерживается несоответствием уровней развития горного образования и горных наук. Недостаточная образованность выпускников вузов горного профиля мешает подготовке кадров высшей квалификации.

На этом фоне выделяется успешное сотрудничество Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН) с компанией «Южуралзолото Группа Компаний» в развитии горных наук, производства и образования [9]. Результатом сотрудничества является создание и эффективное функционирование в г. Пласт Челябинской области на территории промплощадки шахты «Центральная» обособленного подразделения Лаборатории экологически сбалансированного освоения недр (ЭКОН) ИПКОН РАН. Обособленное подразделение лаборатории ЭКОН создано с целью проведения совместных исследований для обоснования технологий комплексного и экологически безо-

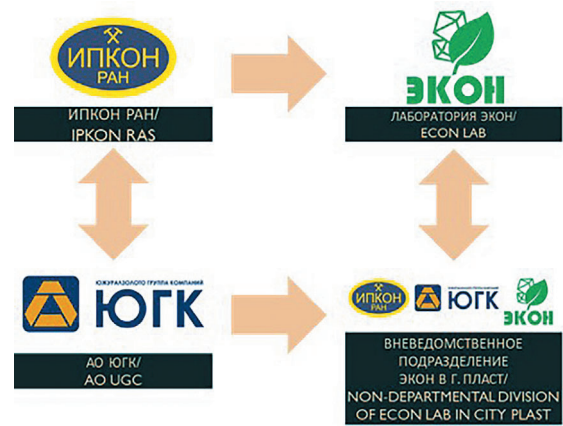


Рис. 1 Структурная схема взаимодействия Института проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН) и АО «Южуралзолото Группа Компаний» (АО ЮГК)

Fig. 1 Structural diagram of interaction between the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences (IPKON RAS) and the Uzhuralzoloto Group of Companies (UGK JSC)

пасного извлечения ценных компонентов из природного и техногенного сырья драгоценных и цветных металлов. Лаборатория, работающая совместно с центральной исследовательской лабораторией ЮГК, оснащена современным оборудованием и новейшими технологиями.

В соответствии с договором о долгосрочном сотрудничестве ИПКОН и ЮГК задачами деятельности являются проведение совместных геолого-минералогических, технологических и экономико-экологических, фундаментальных и научно-практических исследований и внедрение инновационных технологий в производственный процесс с использованием результатов исследований при подготовке кадров высшей квалификации (рис. 1).

**Цифровизация горного производства**

По мере развития горнотранспортного оборудования и информационных систем в последние два десятилетия горное производство претерпело существенную трансформацию в сторону цифровизации (рис. 2). Цифровизация горного производства базируется на развитии автомати-



Рис. 2 Этапы цифровой трансформации горного производства

Fig. 2 Stages in digital transformation of mining operations

**₽ Экономический**  
 Обеспечение на всех этапах функционирования горнотехнических систем приемлемого уровня рентабельности за счет:

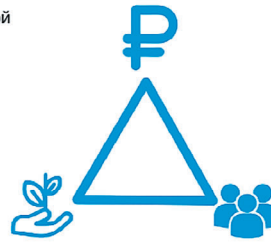
- ориентации на рационализацию масштабов производства;
- интенсификации интеллектуального потенциала (научные разработки, информационные системы и пр.);
- изменение принципа организации производства при совместной работе интеллектуальной и механизированной техники.

**🌱 Экологический**

- Формирование благоприятной структуры участка недр и земной поверхности;
- управление обращением промышленных и бытовых отходов;
- управление средой обитания;
- использование возобновляемых в ходе горных работ источников энергии.

**👥 Социальный**

- Обеспечение общества необходимыми сырьевыми ресурсами;
- интеграция населения в зонах урбанизации;
- обеспечение благоприятных условий труда при постоянном снижении доли ручного труда;
- создание микроклиматических зон с заданными параметрами обитания в ГТС;
- создание пространства для обеспечения потребностей общества в нессырьевых ресурсах.



**₽ Economic**  
 Ensuring at all stages of the functioning of mining systems an acceptable level of profitability due to:

- orientation to the rationalization of the scale of production;
- intensification of intellectual potential (scientific developments, information systems, etc.);
- a change in the principle of organization of production in the joint work of intellectual and mechanized equipment.

**🌱 Ecological**

- The formation of a favorable structure of the subsurface and the earth's surface;
- management of industrial and household waste;
- habitat management;
- Use of renewable energy sources during mining operations

**👥 Social**

- Providing society with the necessary raw materials;
- Integration of the population in urban areas;
- Ensuring favorable working conditions with constant reduction in the proportion of manual labor;
- Creation of microclimatic zones with specified habitat parameters in the mining system;
- Creation of space to meet the needs of society in non-primary resources.

**Рис. 3**  
 Экономические, экологические и социальные аспекты развития центра горно-металлургической компетенции

**Fig. 3**  
 Economic, environmental and social aspects in development of the Centre of Mining and Metallurgical Competences

зированных систем управления с постоянным увеличением количества объектов и элементов, обеспеченных средствами автономного контроля и учета [10].

Проблема цифровизации горного производства в ИПКОН РАН решается как в направлении цифровой трансформации горнотехнических систем на всех этапах полного цикла комплексного освоения недр, так и в создании методологии рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности горнодобывающих компаний.

Многие инвесторы при принятии решений о вложениях в ту или иную компанию учитывают ее рейтинговую оценку. Рейтинг ESG основан на принципах ответственного инвестирования: Environmental (окружающая среда) + Social (социальная сфера) + Governance (корпоративное управление), оценивается по глобальным критериям, единым для всех горнодобывающих компаний мира. Бурный рост ответственного инвестирования вынуждает российские корпорации следовать мировым трендам. По данным британской аудиторско-консалтинговой компании EY, 97% инвесторов сегодня, принимая решения об инвестициях, ориентируются на индекс ESG. Таким образом, по своей популярности ESG может сравниться с оценкой кредитного рейтинга – одного из ключевых показателей для инвесторов.

Устойчивое развитие горнопромышленных территорий предполагает согласование трилеммы (рис. 3).

Успешное решение представленных на рис. 3 задач возможно только на основе согласования интересов собственника недр, недропользователей и населения горнодобывающих регионов при сбалансированном развитии высшего горного образования и науки и лидирующей роли горнопромышленных компаний.

**Заключение**

Таким образом, обеспечить устойчивость горнотехнической системы на протяжении всего периода эксплуатации месторождения возможно только при изменении требований к вовлекаемым в эксплуатацию георесурсам в динамике развития горных работ с соответствующим изменением их проектной составляющей, обоснованием принципов создания информационных технологий работы с большими массивами данных в решении задач проектирования, эксплуатации, консервации и ликвидации горнотехнических систем. Более сложными этапами в трансформации компании являются перестройка и повышение уровня организации всех технологических процессов, развитие компетенций персонала с широким оповещением всех заинтересованных лиц и созданием доверия к новым цифровым технологиям.

**Список литературы**

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Особенности технического переоснащения подземных рудников на современном этапе развития геотехнологий. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле.* 2018;(3):113–122.
2. Трубецкой К.Н. (ред.) *Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых.* М.: Институт проблем комплексного освоения недр РАН; МедиаМир; 2014. 196 с.
3. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Принципы проектирования и выбор технологий освоения недр, обеспечивающих устойчивое развитие подземных рудников. *Горный журнал.* 2017;(11):52–59. <https://doi.org/10.17580/gzh.2017.11.10>
4. Струков К.И., Рябов Ю.И., Рыльникова М.В., Есина Е.Н. Условия и проблемы обеспечения устойчивой работы горнодобывающих предприятий в период пандемии. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле.* 2020;(4):15–23.

5. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. *Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений*. М.: ООО «Научтехлитиздат»; 2015. 360 с.
6. Рьльников А.Г., Пыталев И.А. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2020;(1):470–481. <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2020-1-1-470-481>
7. Каплунов Д.Р., Милкин Д.А. Исследование влияния способа управления качеством минерально-сырьевых потоков на параметры горнотехнических систем комбинированной геотехнологии. В: *Комбинированная геотехнология: комплексное освоение и сохранение недр Земли: материалы науч.-практ. конф., г. Екатеринбург, 22–26 июня 2009 г.* Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова; 2009. С. 45–47.
8. Рьльников А.Г. Стабилизация качества рудной массы на карьерах с применением метода динамического программирования. *Маркшейдерский вестник*. 2013;(6):11–15.
9. Каплунов Д.Р., Рьльникова М.В. Развитие научно-методических основ устойчивости функционирования горнотехнических систем в условиях внедрения нового технологического уклада. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2020;(4):24–39.
10. Рьльникова М.В., Струков К.И., Радченко Д.Н., Есина Е.Н. Цифровая трансформация – условие и основа устойчивого развития горнотехнических систем. *Горная промышленность*. 2021;(3):74–78. <https://doi.org/10.30686/1609-91922021-3-74-78>

## References

1. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Features technical re-equipment of underground mines at the present stage of development of geotechnologies. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = News of the Tula State University. Sciences of Earth*. 2018;(3):113–122. (In Russ.)
2. Trubetskoy K.N. (ed.) *Development of resource-saving and resource-replacing geotechnologies for integrated development of mineral deposits*. Moscow: Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources; MediaMir; 2014. 196 p. (In Russ.)
3. Kaplunov D.R., Radchenko D.N. Design philosophy and choice of technologies for sustainable development of underground mines. *Gornyi Zhurnal*. 2017;(11):52–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/gzh.2017.11.10>
4. Strukov K.I., Ryabov Yu.I., Rylnikova M.V., Esina E.N. Conditions and problems to ensure stable operation of mining enterprises in the pandemic period. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = News of the Tula State University. Sciences of Earth*. 2020;(4):15–23. (In Russ.)
5. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P. *Geoecology of mineral resources exploitation and ecogeotechnology of deposit development*. Moscow: ООО «Научтехлитиздат»; 2015. 360 p. (In Russ.)
6. Rylnikov A.G., Pytalev I.A. Conditions for ensuring the multifunctional use of subsoil in the interaction of different industries. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = News of the Tula State University. Sciences of Earth*. 2020;(1):470–481. (In Russ.) <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2020-1-1-470-481>
7. Kaplunov D.R., Milkin D.A. Studying the impact of the quality control methods of mineral resource flows on combined mining systems parameters. In: *Combined mining method: integrated development and conservation of subsoil resources; proceedings of the scientific and practical conference, Ekaterinburg, June 22–26, 2009*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University; 2009, pp. 45–47.
8. Rylnikov A.G. Stabilization of quality of ore mass on pits with the use of method of dynamic programming. *Marksheiderskii vestnik*. 2013;(6):11–15. (In Russ.)
9. Kaplunov D. R., Rylnikova M.V. Development of scientific and methodological foundations for the sustainability of mining systems in the context of the introduction of a new technological structure. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = News of the Tula State University. Sciences of Earth*. 2020;(4):24–39. (In Russ.)
10. Rylnikova M.V., Strukov K.I., Radchenko D.N., Esina E.N. Digital Transformation: a Prerequisite and Foundation for Sustainable Development of Mining Operations. *Russian Mining Industry*. 2021;(3):74–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-3-74-78>

### Информация об авторе

**Рьльникова Марина Владимировна** – доктор технических наук, профессор, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: [rylnikova@mail.ru](mailto:rylnikova@mail.ru)

### Information about the author

**Marina V. Rylnikova Rylnikova** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: [rylnikova@mail.ru](mailto:rylnikova@mail.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 07.06.2022  
Поступила после рецензирования: 23.06.2022  
Принята к публикации: 30.06.2022

### Article info

Received: 07.06.2022  
Revised: 23.06.2022  
Accepted: 30.06.2022