

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ВЫЕМОЧНАЯ ЕДИНИЦЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Курчин Г.С., Вохмин С.А., Волков Е.П., Игнатова О.С.
Сибирский федеральный университет, Красноярск*

Ключевые слова: выемочная единица, технологическая единица, нормирование потерь, рациональное недропользование, потери полезных ископаемых, разработка месторождений, оптимизация параметров.

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к нормированию потерь полезных ископаемых с акцентом на выемочные и технологические единицы, как ключевые элементы учёта и управления в горнодобывающей промышленности. Проанализирована эволюция понятия «выемочная единица», начиная с первых методических указаний и заканчивая современными нормативными документами. Выявлены ограничения традиционных подходов, такие как рост трудозатрат при уменьшении размеров выемочных единиц и дальнейшая сложность при учёте и списании полезного ископаемого в потери. В качестве решения предложено введение термина «технологической единицы» – наименьшего технологически оптимального участка месторождения, предназначенного для точного учёта добычи, а также количественных и качественных потерь, являющегося составной частью «выемочной единицы». Раскрыты основные характеристики технологической единицы: геологическая однородность, применение единой технологической схемы выемки, экономическая эффективность. Приведена модель взаимосвязи технологических и выемочных единиц, демонстрирующая возможности повышения точности учёта и снижения трудозатрат. Практическое применение предложенной концепции позволяет улучшить показатели ресурсосбережения, повысить производственную эффективность и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых нормативных актов, а также для оптимизации процессов управления добычей на уровне предприятий.

TECHNOLOGICAL AND EXCAVATION UNITS: MODERN APPROACHES TO THE STANDARDIZATION OF MINERAL LOSSES

*Kurchin G.S., Vokhmin S.A., Volkov E.P., Ignatova O.S.
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Keywords: excavation unit, technological unit, loss regulation, rational subsoil use, mineral resource losses, development of deposits, optimization of parameters.

Abstract. The article examines modern approaches to standardizing mineral losses with an emphasis on extraction and process units as key elements of accounting and management in the mining industry. The evolution of the concept of «mining unit» is analyzed, starting from the first methodological guidelines and ending with modern regulatory documents. The limitations of traditional approaches are revealed, such as the growth of labor costs when reducing the size of mining units and further complexity in accounting and writing off losses. As a solution, it is proposed to introduce the term “technological unit” – the smallest technologically optimal section of the deposit, designed for accurate accounting of production, as well as quantitative and qualitative losses, which is an integral part of the “mining unit”. The main characteristics of the technological unit are disclosed: geological homogeneity, application of a single technological scheme of excavation, economic efficiency. The model of interrelation of technological and excavation units is given, demonstrating the possibilities of improving the accuracy of accounting and reducing labor costs. Practical application of the proposed concept allows to improve resource saving indicators, increase production efficiency and reduce the negative impact on the environment. The results of the study can be used for the development of new regulations, as well as for the optimization of production management processes at the enterprise level.

Введение

По мере увеличения глубины разработки месторождений возникают усложнения горнотехнических условий, ужесточение требований природоохранного законодательства и усиление контроля со стороны государства. Всё это ведёт к росту затрат и повышению нагрузки на экосистемы. В таких условиях необходимо формировать целостный подход к недропользованию, сочетающий экологические, экономические и технологические приоритеты [1, 2].

Современная горнодобывающая отрасль должна опираться на принципы рационального недропользования, предполагающие гармоничное освоение природных ресурсов [3-5]. Суть этого подхода состоит не только в полном извлечении полезных ископаемых, но и в снижении негативного воздействия на природу, устойчивом управлении минеральной базой и сохранении функций экосистем. Среди ключевых задач – комплексная оценка месторождений, обеспечение качественной и максимально полной выработки запасов (с уменьшением потерь и разубоживания), а также использование сопутствующих компонентов, способных повысить общую эффективность производства.

Проблему потерь полезных ископаемых при разработке месторождений обычно разделяют на два вида:

- *количественные потери* приводят к более быстрому истощению запасов и сокращают срок работы горнодобывающих предприятий;

- *качественные потери* затрудняют переработку ценных компонентов, увеличивают объём отходов и, как следствие, усиливают нагрузку на окружающую среду.

Сокращение обоих типов потерь рассматривается как одно из важнейших направлений рационального недропользования: оно повышает эффективность производства на уровне отдельных предприятий и одновременно укрепляет минерально-сырьевую базу страны [6].

В этой связи особенно значимой становится задача нормирования потерь и разубоживания полезных ископаемых. Она требует тщательной научной проработки с учётом особенностей каждого конкретного месторождения. Минимизация потерь при добыче – это не только локальная производственная цель, но и фактор, напрямую влияющий на экономическую устойчивость и развитие государства [7-9].

Ключевым понятием при определении допустимых уровней потерь и разубоживания руды на конкретных участках месторождений выступает категория «выемочная единица». В условиях развития технологий и изменения стандартов добычи данный термин нуждается в своей унификации [10].

Методология

Методологическую основу исследования составили анализ действующих нормативных документов, изучение научных публикаций и обобщение практического опыта горнодобывающих предприятий.

Подходы к определению выемочных единиц

Понятие «выемочная единица» занимает ключевое место в системе нормирования потерь и разубоживания при добыче полезных ископаемых. В современном понимании под этим термином подразумеваются минимальные участки месторождений, параметры которых устанавливаются для контроля количественных и качественных потерь, а также для обеспечения точного учёта и списания отработанных запасов. Развитие взглядов на определение выемочных единиц связано с изменением горнотехнических условий и внедрением новых технологий добычи. В дальнейшем будут рассмотрены основные методические подходы, применяемые в Российской Федерации.

Хронологический контекст ввода понятия «выемочная единица» в РФ.

Первое упоминание термина «выемочная единица» встречается в Типовых методических указаниях по определению, нормированию, учёту и экономической оценке потерь твёрдых полезных ископаемых при добыче (ТМУ), подготовленных в 1973 г. под научным руководством академика М.И. Агошкова (Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых // Госгортехнадзор СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 591 с.). В документе он использовался в значении «учётной единицы», под которой подразумевались такие элементы, как блок, панель, уступ, участок, лава или забой, для которых рассчитывались допустимые нормы потерь и разубоживания. При этом чёткое официальное определение термина в указаниях отсутствовало, что оставляло простор для различных интерпретаций и последующих уточнений.

Несмотря на отсутствие строгого определения, именно этот документ послужил основой для создания отраслевых инструкций (Отраслевая инструкция по экономической оценке и нормированию потерь твердых полезных ископаемых при добыче на предприятиях Министерства химической промышленности. – Люберцы, 1975. – 25 с.), регламентирующих порядок нормирования потерь и разубоживания при добыче твёрдых полезных ископаемых (Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. – М., 1975. – 127 с.). Выемочная единица в них определена как *«наименьший участок месторождения, обрабатываемый одной системой разработки, для которого определены балансовые запасы и ведётся отдельный учёт добычи рудной массы по количеству и содержанию в ней металла»*.

В 1987 г. в Единых правилах охраны недр при разработке месторождений твёрдых полезных ископаемых было дано более конкретное определение: выемочная единица – *«минимальный участок месторождения с относительно однородными геологическими условиями, обработка которого осуществляется одной системой разработки и технологической схемой выемки (уступ, блок, панель, лава, камера и т.п.) и в пределах которого с достаточной достоверностью определены запасы и возможен первичный учёт извлечения полезных ископаемых и компонентов»*.

Несмотря на сходство обеих формулировок, между ними есть пара существенных отличий.

1. В первом определении учёт показателей извлечения запасов из недр является обязательным, тогда как во втором определении это условие указано лишь как возможность, то есть учёт может вестись, но не обязателен.

2. Во втором определении, представленном в Единых правилах, к требованию единой системы разработки добавляется также требование использования единой технологической схемы выемки. Это означает, что в пределах одной выемочной единицы не только должна применяться одна и та же система разработки, но и все процессы выемки должны проходить по одной технологии.

Таким образом, ключевое отличие формулировок связано с обязательным учётом показателей и необходимостью соблюдения единой технологической схемы. Эти требования отражают более строгий подход, закреплённый в Единых правилах (Единые правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Госгортехнадзор СССР. – М.: Недра, 1987. – 60 с.).

Новые изменения в трактовке термина «выемочная единица» относятся к концу XX – началу XXI вв. и связаны с обновлением правовой базы недропользования. В этот период были внесены поправки в такие ключевые акты, как Закон Российской Федерации «О недрах», Налоговый кодекс и Правила охраны недр. Конкретизация понятия стала ответом на необходимость более точного учёта потерь полезных ископаемых и повышения эффективности их разработки.

В частности, в «Правилах охраны недр» (в последней редакции, действовавшей до 01.01.2021г.) была следующая трактовка: *«минимальный участок месторождения с относительно однородными геологическими условиями, обработка которого согласно проекту осуществляется одной системой разработки, технологической схемой выемки (карьер, уступ, блок, лава, камера, залежь, месторождение и т.п.), в пределах которого с достаточной достоверностью определены запасы и возможен достоверный первичный учёт добычи (извлечения) полезных ископаемых и компонентов»*. Эти требования расширили функции выемочной единицы, определяя её не только как объект учёта, но и как основу для определения сверхнормативных потерь, то есть таких потерь, которые превышают установленные нормативы для данного участка. Введение сверхнормативных потерь указывало на стремление к более строгому контролю за выемкой и на необходимость их минимизации при разработке.

Понятие выемочной единицы также закреплено в Инструкции о порядке списания запасов полезных ископаемых (Инструкция о порядке списания запасов полезных

ископаемых с учета предприятий по добыче полезных ископаемых. РД 07-203-98. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль: Сб. документов. Сер. 07. Вып. 7. – М.: НТЦ исследования проблем промышленной безопасности, 2011. – С. 34-56.). В соответствии с данным документом, списание запасов осуществляется именно по выемочным единицам. Это означает, что на их уровне производится окончательный учёт добычи и потерь, а также определяется объём минеральных запасов, подлежащий исключению из государственного баланса.

Вопросы уменьшения размеров выемочных единиц.

Включение признака «минимального» размера в определение «выемочной единицы» привело к распространению мнения, что чем меньше будет выемочная единица, тем точнее можно вести учёт её потерь. Это мнение основывается на предположении, что уменьшение размера участка позволяет более оперативно контролировать процессы добычи и точнее фиксировать потери и разубоживание полезных ископаемых. Такой подход предполагает, что уменьшение площади или объёма выемочной единицы улучшает качество учёта, упрощает локализацию потерь и разубоживания и обеспечивает точные данные для анализа.

Вместе с тем, данное стремление к уменьшению размеров выемочных единиц на практике вызывает и ряд трудностей – более мелкие выемочные единицы требуют частого пересмотра и переутверждения нормативов потерь, поскольку изменчивость условий на небольших участках может приводить к отклонениям от установленных нормативов. Это в свою очередь усложняет процессы учёта и списания запасов – для обеспечения точности учёта в условиях часто меняющихся небольших выемочных единиц геолого-маркшейдерским службам приходится выполнять дополнительную работу, включая расчёт и фиксацию параметров для каждого такого участка, что существенно увеличивает трудозатраты и снижает общую производительность предприятия.

Важно отметить, что само по себе уменьшение размеров выемочной единицы не обеспечивает реального сокращения потерь и разубоживания. Такое сокращение скорее повышает частоту и оперативность учёта, но не меняет принципиально саму технологию горных работ и не улучшает показатели эффективности. Уменьшение выемочной единицы только повышает точность контроля над добычей, но не влияет на механизмы предотвращения потерь и разубоживания. Таким образом, уменьшение выемочной единицы в первую очередь повышает уровень мониторинга, а не улучшает качество добычи.

Учитывая вышеизложенное, предприятиям и контролирующим органам рекомендуется сосредоточить усилия не столько на минимизации размеров выемочных единиц, сколько на внедрении инновационных решений, направленных на улучшение ресурсосбережения и эффективности учёта.

Понятие «технологическая единица» и её связь с выемочной единицей

Определение и основные характеристики.

Разработка параметров выемочных единиц должна основываться на принципах рационального недропользования, учитывать геологическую однородность месторождений и быть экономически обоснованной. Однако при уменьшении размеров выемочных единиц возникает проблема роста относительных погрешностей в расчётах фактических потерь полезных ископаемых, что ограничивает их эффективность в условиях сложной добычи. Для преодоления этих трудностей и повышения точности нормирования, планирования и учёта потерь и разубоживания полезных ископаемых авторами предлагается ввести новое понятие – «технологическая единица».

Технологическая единица представляет собой минимально возможный участок месторождения, который соответствует следующим условиям:

- обладает достоверно подсчитанными запасами руды;
- разрабатывается по единой технологической схеме выемки;
- обеспечивает максимально точный учёт добытой горной массы, а также количественных и качественных потерь полезного ископаемого.

Технологическая единица является составной частью выемочной единицы и используется для детального учёта и контроля, что позволяет минимизировать потери на более локальном уровне

Основные характеристики, которые должны обеспечиваться параметрами технологической единицы (табл. 1).

Табл. 1. Описание характеристик технологической единицы

Характеристика	Краткое описание
Относительная геологическая однородность	Участок должен быть выделен таким образом, чтобы его геологические характеристики были стабильными и предсказуемыми, что снижает вероятность ошибок при планировании.
Возможность отработки запасов единой технологической схемой выемки	Это позволяет использовать стандартизированные методы добычи, упрощая учёт и снижая издержки.
Достоверность определения запасов	Размер технологической единицы должен быть таким, чтобы можно было точно подсчитать запасы полезного ископаемого.
Учёт потерь по источникам и местам их формирования	Данная характеристика включает в себя раздельное фиксирование количественных и качественных потерь, что улучшает управляемость процессами добычи.
Экономическая эффективность	Размер участка должен соответствовать принципу минимизации затрат и максимизации извлечения полезного компонента.

Представленные характеристики технологической единицы демонстрируют её ключевую роль в обеспечении точности учёта, сокращении потерь и рационального использования запасов. Технологическая единица должна быть спроектирована с учётом геологической однородности, унифицированности технологических процессов, достоверности данных о запасах и экономической целесообразности. Такой подход позволяет оптимизировать добычу, повысить эффективность управления процессами и снизить издержки, связанные с учётом и обработкой данных.

Взаимосвязь технологической и выемочной единиц.

Технологическая единица отличается от выемочной единицы своей спецификой применения. Основное отличие заключается в том, что учёт добычи, потерь и разубоживания ведётся на уровне технологических единиц, но списание запасов осуществляется исключительно по выемочным единицам. Это обеспечивает баланс между детальным учётом и оптимизацией трудозатрат маркшейдерской службы.

Выемочная единица может включать в себя несколько технологических единиц (рис. 1).

Такое разделение позволяет:

- вести учёт потерь и разубоживания на уровне каждого отдельного участка (выработки, камеры, забоя);
- учитывать потери по местам и источникам их возникновения;
- сохранять целостность данных на уровне выемочной единицы, что упрощает процессы списания запасов.

При этом, внутри одной выемочной единицы может применяться единая система разработки, тогда как технологические единицы допускают вариативность схем выемки. Например, это может быть полезно в условиях месторождений с переменной рудной структурой, где необходимы адаптированные подходы к добыче.

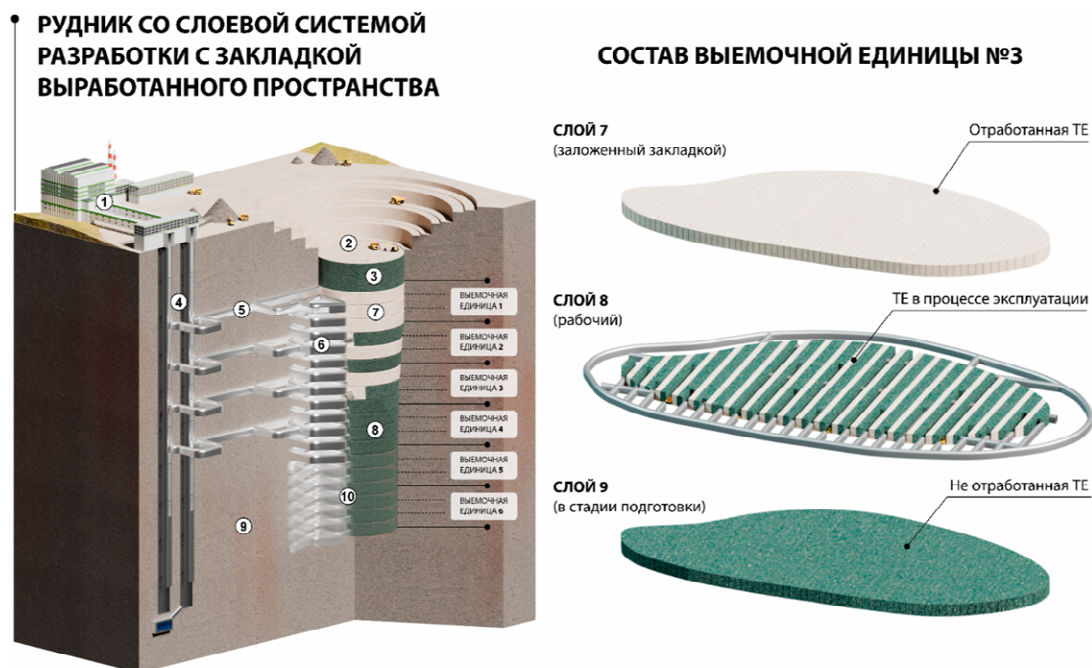


Рис. 1. Структура взаимосвязи технологической и выемочной единиц на примере отработки месторождения системой разработки с закладкой выработанного пространства: 1 – надшахтные здания и сооружения; 2 – карьер; 3 – подкарьерный (предохранительный) целик; 4 – скиповой и клетевой ствол; 5 – квершлаг; 6 – спиральный съезд; 7 – отработанные технологические единицы, заложенные закладкой; 8 – слои, находящиеся в стадии подготовки к выемке (руда); 9 – вмещающие породы; 10 – проектное расположение будущих горных выработок и выемочных единиц

Практическая значимость и преимущества нового подхода

Введение понятия технологической единицы направлено на повышение точности и эффективности учёта полезных ископаемых. На практике маркшейдерский отдел рудника собирает данные по каждой технологической единице, затем обобщает их в едином отчёте по выемочной единице. Такой подход:

- снижает количество ошибок при учёте, связанных с неоднородностью горно-геологических условий;
- упрощает списание запасов, исключая необходимость множества мелких корректировок;
- сокращает трудозатраты, поскольку основная аналитическая работа сосредоточена на уровне технологических единиц, а итоговые данные обрабатываются на уровне выемочной единицы.

Кроме того, использование технологических единиц не снижает общей эффективности разработки месторождений, а наоборот, позволяет адаптировать процессы к конкретным условиям добычи и улучшает взаимодействие производственных и учётных служб.

Заключение

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что данное исследование подчёркивает важность оптимизации параметров выемочных единиц для обеспечения рационального недропользования, учёта потерь и повышения эффективности работы горнодобывающих предприятий. Чрезмерное уменьшение размеров выемочной единицы не всегда приводит к улучшению показателей добычи. Наоборот, такие изменения часто вызывают сложности с учётом и списанием запасов, увеличивают нагрузку на маркшейдерские службы и приводят к дополнительным затратам.

Введение понятия технологической единицы, предложенное в настоящей работе, позволяет решить эти проблемы, обеспечивая детальный учёт на уровне более мелких участков без повышения трудоёмкости при управлении запасами.

Технологическая единица представляет собой *наименьший технологически оптимальный участок месторождения с достоверным подсчётом исходных запасов руды, отработка которого осуществляется единой технологической схемой выемки, по которому может быть осуществлён наиболее точный учёт добытой горной массы, количественных и качественных потерь полезного ископаемого и который является составной частью выемочной единицы*. При этом списание запасов производится именно по выемочным единицам, что упрощает отчётность и снижает вероятность ошибок.

Подход к интеграции технологических единиц в структуру выемочной единицы открывает перспективы для внедрения ресурсосберегающих технологий, повышения точности нормирования, а также снижения экологических и экономических издержек. Применение таких решений позволяет эффективно адаптироваться к современным условиям добычи, включая ухудшающиеся геологические характеристики и возрастание глубины разработки.

Список литературы

1. Курчин Г.С. О рациональных параметрах выемочных единиц // Рациональное освоение недр. – 2023. – №4. – С. 14-19. – DOI: 10.26121/ron.2023.83.46.001.
2. Еремеева О.С., Мочалова Л.А. Организационно-экономический механизм циркулярного недропользования // Journal of New Economy. – 2023. – Т. 24, №1. – С. 104-125. – DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-5.
3. Syvyj M.J., Ivanov Y.A., Panteleeva N.B., Varakuta O.M. The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023, vol. 1254, p. 012134. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012134.
4. Давыдов А.В. Вопросы рационального недропользования в современных условиях // Георесурсы. – 2023. – Т. 25, №3. – С. 82-88. – doi.org/10.18599/grs.2023.3.11.
5. Курчин Г.С., Ананенко К.Е., Прокопьев И.В., Кирсанов А.К. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учетом их влияния на технологические показатели при обогащении // Маркшейдерия и недропользование. – 2017. – №6. – С. 55-59.
6. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Основы рационального недропользования // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – №7. – С. 43-49. – DOI: 10.21440/0536-1028-2017-7-43-49.
7. Брагин В.И. Нормирование потерь полезных ископаемых при переработке как инструмент активизации технологического развития // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2015. – Т. 8, № 5. – С. 180-189.
8. Аленичев В.М., Борисков Ф.Ф., Аленичев М.В. К вопросу о классификации потерь полезных ископаемых в современных условиях недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 56. – С. 9-17.
9. Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Тимохин А.В., Яковлев А.М. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №3-1. – С. 453-464. – DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-453-464.
10. Сытенков В.Н. К вопросу обоснования выбора выемочной единицы при проектировании разработки месторождений ТПИ: практика рассмотрения технических проектов комиссией Роснедр // Рациональное освоение недр. – 2019. – №2-3. – С. 72-79. – DOI: 10.26121/ron.2019.77.38.011.

References

1. Kurchin G.S. On the rational parameters of selective mining units // Rational development of the subsoil. 2023, no. 4, pp. 14-19. DOI: 10.26121/ron.2023.83.46.001.
2. Eremeeva O.S., Mochalova L.A. Organisational economic mechanism of circular subsoil use // Journal of New Economy. 2023, vol. 24, no. 1, pp. 104-125. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-5.
3. Syvyj M.J., Ivanov Y.A., Panteleeva N.B., Varakuta O.M. The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023, vol. 1254, p. 012134. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012134.
4. Davydov A.V. Issues of rational subsoil use in modern conditions // Georesources. 2023, vol. 25, no. 3, pp. 82-88. doi.org/10.18599/grs.2023.3.11.
5. Kurchin G.S., Ananenko K.E., Prokopiev I.V., Kirsanov A.K. Methodical bases for normalization of losses and impoverishment during production with the account of their impact on technological data during treatment // Mine Surveying and Subsurface Use. 2017, no. 6, pp. 55-59.
6. Mel'nikov N.N., Busyrev V.M. The fundamentals of rational subsoil use // News of the Higher Institutions. Mining Journal. 2017, no. 7, pp. 43-49. DOI: 10.21440/0536-1028-2017-7-43-49.

7. Bragin V.I. Standardization of losses of minerals during processing as a tool for activating technological development // Journal of the Siberian Federal University. Series: Humanities. 2015, vol. 8, no. S, pp. 180-189.
8. Alenichev V.M., Boriskov F.F., Alenichev M.V. On the issue of classification of mineral losses in modern conditions of subsoil use // Mining information and analytical bulletin. 2009, no. S6, P. 9-17.
9. Kantemirov V.D., Titov R.S., Timokhin A.V., Yakovlev A.M. Improving the methods for accounting for increased losses and dilution of minerals during mining // Mining information and analytical bulletin. 2020, no. 3-1, pp. 453-464. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-453-464.
10. Sytenkov V.N. Justification of the choice of an extraction unit when engineering solid mineral deposits development: the rosnedra committee practice of reviewing technical projects // Rational development of the subsoil. 2019, no. 2-3, pp. 72-79. DOI: 10.26121/ron.2019.77.38.011.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Курчин Георгий Сергеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры шахтного подземного строительства	Kurchin Georgy Sergeevich – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the Department of underground mine construction
Вохмин Сергей Антонович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой шахтного подземного строительства	Vokhmin Sergey Antonovich – candidate of technical sciences, professor, head of the Department of underground mine construction
Волков Евгений Павлович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры подземной разработки месторождений	Volkov Evgeniy Pavlovich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of underground mining
Игнатова Ольга Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Горные машины и комплексы» ignatova.ol@mail.ru	Ignatova Olga Sergeevna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of mining machines and complexes

Получена 22.09.2025