

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Швабенланд Елены Егоровны  
«Обоснование параметров экологически сбалансированной горнотехнической системы открытой разработки сложноструктурных месторождений апатитовых руд» по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная), представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

### 1. Актуальность избранной темы

Диссертация Швабенланд Елены Егоровны направлена на решение актуальной проблемы обеспечения эффективного и экологически безопасного освоения сложноструктурного месторождения апатитовых руд в экологически охранной зоне с применением открытой геотехнологии с использованием фрезерных комбайнов для послойно-порционной выемки и управления качеством добытого сырья в процессе загрузки в транспортные средства путем контроля содержания элемента-спутника радиометрическим методом.

Диссертационная работа посвящена обоснованию параметров эффективной экологически сбалансированной горнотехнической системы открытой разработки сложноструктурных месторождений апатитовых руд с обеспечением заданных качественных характеристик добытой рудной массы.

Работа выполнена на примере Ошурковского месторождения апатитовых руд, расположенного в охранной зоне реки Селенга, питающей озеро Байкал. Сложноструктурным месторождение является сложным для разработки по причине отсутствия четких границ между пустой породой, некондиционной и кондиционной рудой; неравномерного распределения полезного компонента в массиве и низкого его содержания, а также наличия экологических ограничений, не позволяющих осуществлять разработку месторождения с использованием буровзрывных работ и механическим дроблением руды.

Для выемки апатитовых руд и вмещающих пород предложено использование фрезерных комбайнов, способных осуществлять основные процессы горного производства – выемку пород без предварительной подготовки (без применения БВР), измельчение до необходимой фракции и погрузку в автосамосвалы. Данная технология позволяет минимизировать воздействие технологических процессов на окружающую среду, обеспечивает селективную выемку руд и вмещающих пород и формирование рудопотоков заданного качества на основе оперативного контроля характеристик добываемого сырья.



Контроль качества добываемого минерального сырья на месторождениях с низким содержанием ценного компонента имеет принципиальное значение, так как даже незначительные отклонения от требований перерабатывающих производств могут привести к отрицательным экономическим результатам.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором получен ряд новых положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для горной промышленности России, а именно:

*1. Эффективность разработки сложноструктурных месторождений апатитовых руд при ограничении техногенной нагрузки на окружающую среду обеспечивается применением открытой геотехнологии с послойно-порционной выемкой горной массы фрезерными комбайнами и разделением потоков на кондиционные руды, направляемые на переработку, некондиционные руды – на временный склад и пустую породу – в отвал.*

Доказательством данного положения явились следующие утверждения автора диссертации:

- параметром, влияющим на итоговое распределение горной массы на три грузопотока (кондиционную, некондиционную и породную), является размер выемочной порции, то есть грузоподъемность автосамосвала, а глубина и ширина фрезерования, в этом случае, не являются значимыми параметрами;

- выбор приоритетных порядка и последовательности развития горных работ в пределах карьерного поля позволяют обеспечить интенсификацию отработки отдельных участков в зонах с наибольшим содержанием ценного компонента и повысить эффективность отработки месторождения в целом;

- развитие горных работ целесообразно начинать с зон с наибольшим содержанием ценного компонента, что обеспечивает снижение срока окупаемости проекта, гибкое управление объемами отбиваемой рудной массы и повышение производительности горного оборудования.

*2. Разделение горной массы на потоки следует вести по результатам дискретного экспресс-анализа содержания элемента-спутника стронция в апатите и оценкой содержания  $P_2O_5$  в загружаемом транспортном сосуде.*

Автором определены основные требования к технологии и качеству минерально-сырьевых потоков, обеспечивающие эффективное освоение Ошурковского месторождения. Доказано, что определяющими факторами при выборе геотехнологии и параметров



горнотехнических систем являются закономерности распределения в массиве участков руды с разным содержанием полезного компонента и участков пустых пород как по высоте, так и по площади месторождения с учетом глубины развития горных работ. На основе данного утверждения сделан закономерный вывод, что разделение горной массы на потоки следует вести по результатам дискретного экспресс-анализа содержания апатита в извлеченной рудной массе по содержанию сопутствующего стронция, определяемого радиометрическим анализатором, установленным над конвейерной лентой фрезерного комбайна.

*3. Критерием эффективности горнотехнической системы освоения сложноструктурного месторождения апатитовых руд открытым способом с применением послойно-порционной выемки рудной массы является минимум в отработываемом слое месторождения некондиционной руды, направляемой на временный склад, обеспечивающийся выбором направления развития горных работ в соответствии с построенной геолого-структурной моделью месторождения и оптимальной грузоподъемностью автосамосвала независимо от глубины и ширины отработываемого слоя.*

Для доказательства данного положения в работе разработана геолого-структурная 3D-модель Ошурковского месторождения, позволяющая картировать распределение и анализировать содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> во всем массиве горных пород и проведены исследования по обоснованию ширины и глубины выемочной полосы, грузоподъемности автосамосвала и производительности фрезерного комбайна, рационального значения угла между выемочной полосой и простираем залелей.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждены результатами исследований технологии послойно-порционной выемки полезного ископаемого и управления качеством рудопотоков при открытой разработке месторождений, а также оценкой результатов по критерию технико-экономической эффективности применения послойно-порционной выемки рудной массы.

### **3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов диссертации подтверждается: результатами исследований технологии послойно-порционной выемки полезного ископаемого и управления качеством рудопотоков при открытой разработке месторождений, оценкой результатов по критерию



технико-экономической эффективности применения послойно-порционной выемки рудной массы.

#### 4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов

К наиболее значимым научным и практическим результатам диссертации в области геотехнологии относятся следующие:

– разделение горной массы на потоки следует вести по результатам дискретного экспресс-анализа содержания апатита в извлеченной рудной массе по содержанию сопутствующего стронция, определяемого радиометрическим анализатором, установленным над конвейером фрезерного комбайна, с расчетом в режиме реального времени содержания  $P_2O_5$  в рудной массе, загруженной в транспортный сосуд.

– взаимосвязи производительности фрезерного комбайна с прочностными характеристиками разрабатываемых пород и параметрами послойно-порционной технологической схемы выемки при разработке месторождения, на основе которых доказана технико-экономическая эффективность применения предложенной технологической схемы выемки руд в условиях Ошурковского апатитового месторождения, расположенного в регионе с ограниченной техногенной нагрузкой на окружающую среду.

– зависимость производительности фрезерного комбайна от предела прочности пород на сжатие:  $Q_{фк} = (12\ 000)/\sigma_{сж}$ , т/час.

– методика обоснования параметров горнотехнической системы комбайновой выемки руд с учетом совокупности влияния всех значимых факторов, что позволяет определять рациональную грузоподъемность автосамосвала, типоразмер фрезерных комбайнов, значение угла между выемочной полосой и простиранием залежи и производительность фрезерного комбайна.

– геологоструктурная 3-D модель месторождения, на основе которой в качестве критерия эффективности геотехнологии освоения сложноструктурного апатитового месторождения с использованием послойно-порционной технологии выемки руд фрезерными комбайнами принято минимальное количество в обрабатываемом слое месторождения некондиционной руды, направляемой во временный склад, что обеспечивается выбором направления развития горных и оптимальной грузоподъемностью автосамосвала, независимо от глубины и ширины обрабатываемого слоя.

– методика разделения потока рудной массы на порции, качественные характеристики которых определяются радиометрическим экспресс-методом в процессе

погрузочных работ. Установлена линейная зависимость содержания апатита С от содержания элемента-спутника стронция CSt в анализируемой порции горной массы:  $C = 0,018 CSt - 0,6$ , %.

– методика определения потерь полезного ископаемого и разубоживания добытой рудной массы при послойно-порционной технологии выемки руд фрезерными комбайнами при разработке сложноструктурного месторождения, учитывающая коэффициент рудоносности и коэффициент извлечения кондиционной руды, находящейся в участках пустых пород. Показано, что технология послойной выемки руд на примере Ошурковского месторождения и методика разделения потока горной массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяют в 1,13 раза повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр.

Кроме того, комплекс технических и технологических решений использован при разработке технического проекта освоения Ошурковского месторождения, что подтверждено актом внедрения, приложенного в диссертации.

#### **5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию при проектировании горнотехнической системы и обеспечении ее устойчивого развития при освоении сложноструктурных месторождений, а также в учебном процессе вузовской подготовки студентов специальности 21.05.04 – Горное дело специализации «Открытые горные работы» и смежных.

#### **6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Работа является завершенным научным исследованием, изложена последовательно, грамотно, доступным языком с использованием современной терминологической базы, принятой в горном деле. Обработку результатов исследований соискатель выполнил при помощи современных компьютерных технологий. Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к научно-исследовательской работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация состоит из четырех глав, введения и заключения, изложенных на 151 странице машинописного текста, содержит 67 рисунков, 17 таблиц,



I приложения, списка используемой литературы из 107 наименований. Таблицы, графики и рисунки легко читаются и воспринимаются.

Качество оформления текста, графического материала диссертационной работы, а также ссылок на используемые литературные источники, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации, раскрывает идею, защищаемые положения, научную новизну и выводы диссертационной работы.

По теме диссертации опубликовано 12 работ, 10 из которых в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России. Печатные работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

Основные положения работы докладывались и обсуждались на научных семинарах, научно-технических советах, международных конференциях ОАО «Сибгипрошахт» (г. Новосибирск, 2012 г.), ФГУП «Всероссийский институт минерального сырья им. Федоровского» (г. Москва, 2013–2019 гг.), ИГД СО РАН (г. Новосибирск, 2015 г.), ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, 2015 г., 2019 г.), Министерства природных ресурсов и экологии РФ (г. Москва, 2015–2019 гг.), ИПКОН РАН (г. Москва, 2019 г.).

## **7. Замечания к содержанию и оформлению диссертации**

Неоспоримым достоинством диссертации является развитие подхода, направленного на повышение полноты и комплексности освоение недр при разработке сложноструктурных месторождений, расположенных в зонах с экологическими ограничениями и характеризующимися низким содержанием ценных компонентов за счет использования при выемке массива фрезерных комбайнов, позволяющих минимизировать воздействие технологических процессов на окружающую среду и обеспечивать селективную выемку руд и вмещающих пород, и выполнения комплекса мероприятий по формированию рудопотоков заданного качества на основе оперативного контроля характеристик добываемого сырья. Для оценки эффективности применения технологических решений и рекомендаций автором в качестве критериев оптимальности выбраны вполне обоснованные показатели, соответствующие действующей типовой методике оценки экономической эффективности технологических решений и уровню решаемой проблемы. Однако, по тексту диссертации и автореферата возникли следующие замечания:



1. Не понятно, чем обусловлен выбор в качестве объекта исследования месторождения апатитовых руд Ошурковское?
2. Следует пояснить, почему в качестве средства механизации погрузочных работ выбран комбайн фирмы Wirtgen и возможно ли применение других комбайнов?
3. В диссертации определена допустимая доля примешивания некондиционных пород в размере 30%. Всегда ли это так и как эта доля зависит от природного качества руд?
4. В работе написана, что предлагаемая горнотехническая система является экологически сбалансированная, но не понятно, чем это доказано.
5. Приведена зависимость производительности фрезерного комбайна от предела прочности пород на сжатие:  $Q_{фк} = (12\ 000)/\sigma_{сж}$ , но отсутствуют исходные данные, на основе которых эта зависимость получена?

Указанные замечания не умаляют научной и практической значимости диссертации. Полученные результаты и выводы изложены последовательно в соответствии с решаемыми задачами и образуют единство сформулированных рекомендаций и положений, выносимых на защиту.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы соответствуют 3, 4 и 5 пунктам паспорта специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

#### **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Оценивая диссертацию Швабенланд Елены Егоровны следует отметить, что она является завершенной научно-квалификационной работой, в которой автор на основе выполненных исследований дает принципиально новое решение актуальной научно-практической задачи - обоснования эффективной, экологически сбалансированной горнотехнической системы открытой разработки сложноструктурных месторождений апатитовых руд, параметры которой обеспечивают оперативный контроль качественных характеристик добытой рудной массы и формирование в процессе погрузочных работ рудопотоков, соответствующих требованиям потребителей, что имеет важное значение для развития горнопромышленного комплекса России.

Судя по представленным материалам, диссертация написана лаконично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Заявленная цель работы реализована в полном и достаточном объеме и отражена в публикациях автор. Автореферат

соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: целям, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту. Представленная диссертация соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842) и заслуживает положительной оценки, а её автор, Швабенланд Елена Егоровна, достойна присуждения степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

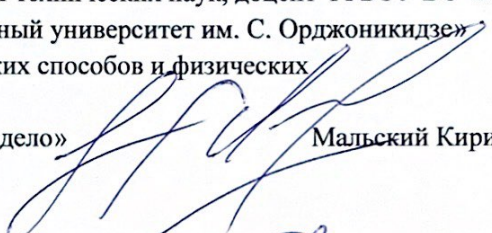
Официальный оппонент - кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»

Доцент кафедры геотехнологических способов и физических

Процессов горного производства

специальность – 21.05.04 «Горное дело»

15 сентября 2020 г.

  
Мальский Кирилл Сергеевич

Мальский К. С. согласен на обработку персональных данных.

Подпись Кирилла Сергеевича Мальского заверяю

Исполняющий обязанности проректора

по научной работе

ФГБОУ ВО «Российский государственный

геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»

  
Мустаев Рустам Наильевич

Адрес: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23

Телефон: +7 (495) 433-62-56

e-mail: sabbat@mail.ru

