



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Куйбышева ул., д.30, Екатеринбург, 620144, Тел./факс: (343) 257-25-47/ 251-48-38

E-mail: office@ursmu.ru, <http://www.ursmu.ru>

ОКПО 02069237, ОГРН 1036603993777, ИНН/КПП 6661001004/667101001

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной
работе ФГБОУ ВО
«Уральский
государственный горный
университет»

д.х.н. Апакашев Р.А.



Р.А. Апакашев
2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Швабенланд Елены Егоровны

на тему: «Обоснование параметров экологически сбалансированной
горнотехнической системы открытой разработки сложноструктурных
месторождений апатитовых руд», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности

25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

В Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» представлена диссертация, изложенная на 151 странице машинописного текста, включающая 67 рисунков и 17 таблиц, 1 приложения, список используемой

литературы из 107 наименований, состоящая из введения, 4 глав, заключения, и автореферат диссертации. По результатам рассмотрения и обсуждения материалов диссертации на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом (протокол № 351 от «11» сентября 2020 г.) принято следующее заключение.

1. Актуальность работы.

Диссертация Швабенланд Елены Егоровны посвящена актуальной проблеме освоения сложноструктурных месторождений апатитовых руд с применением эффективной, экологически сбалансированной горнотехнической системы открытой геотехнологии.

Наряду со сложной экологической обстановкой в мире, в практике горного производства сложилась устойчивая тенденция к повышению требований экологической безопасности, экономически эффективной и рациональной разработке месторождений, комплексному извлечению ценных компонентов при первичной переработке минерального сырья, что обуславливает необходимость разработки новых и расширения области применения существующих технико-технологических решений на основе ресурсосберегающих технологий и инновационного оборудования. Выполнение данных условий наиболее трудоёмко для сложноструктурных месторождений с относительно невысоким содержанием ценных компонентов в рудах, расположенных в зонах с особым экологическим режимом. Примером такого месторождения является месторождение апатитовых руд Ошурковское, расположенное в охранной зоне реки Селенга, питающей озеро Байкал.

Месторождение характеризуется отсутствием четких границ между пустой породой, некондиционной и кондиционной рудой, неравномерным распределением полезного компонента и низким его содержанием. Экологические ограничения не позволяют осуществлять отработку

месторождения с применением буровзрывных работ и механического дробления руды.

В условиях Ошурковского месторождения для выемки апатитовых руд и вмещающих пород соискателем предложено использование фрезерных комбайнов, способных осуществлять выемку пород без предварительной подготовки (без применения БВР). Данная технология позволяет минимизировать воздействие технологических процессов на окружающую среду, обеспечивает экологическую сбалансированность геотехнологии, осуществлять селективную выемку руд и вмещающих пород, и обеспечивает формирование рудопотоков определенного качества на основе оперативного контроля характеристик добываемого сырья. Контроль качества добываемого минерального сырья сложноструктурного месторождения имеет принципиальное значение, так как даже незначительные отклонения от требований перерабатывающих производств могут привести к отрицательным экономическим результатам освоения всего месторождения.

2. Общая характеристика работы.

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

Поставленная цель достигнута за счет обобщения опыта и систематизации технологических решений по геотехнологии открытой разработки сложноструктурных месторождений комбайнами фрезерного типа на основе установления закономерностей изменения качества потоков минерального сырья в зависимости от параметров геотехнологии, разработки технологии, обоснования методов и средств контроля качества апатитовых руд, обоснования критериев эффективности технологических решений при разработке сложноструктурных месторождений апатитовых руд, разработки методики

определения потерь и разубоживания руды. Автором решен комплекс поставленных задач, что свидетельствует о достижении поставленной цели и высоком уровне квалификации автора.

В первой главе произведен анализ технологических решений при разработке сложноструктурных месторождений твердых полезных ископаемых. Определены цель, задачи и методы исследований. Во второй главе предложена технология послойно-порционной выемки горной массы фрезерными комбайнами. Разработана геолого-структурная 3D-модель Ошурковского месторождения, позволяющая картировать распределение и оценить содержание P_2O_5 по объему всего массива месторождения. Определены требования к качеству минерально-сырьевых потоков и технологии их формирования при освоении Ошурковского месторождения апатитовых руд. В третьей главе изложен выбор и дано обоснование параметров и показателей разработки сложноструктурных месторождений. Обоснована методика контроля качества минерально-сырьевых потоков с применением радиометрического контрольно-измерительного комплекса. В четвертой главе на основании выполненных исследований предложены технические и технологические решения для освоения Ошурковского сложноструктурного месторождения апатитовых руд с обеспечением заданных качественных характеристик рудной массы при минимальном экологическом воздействии на окружающую среду. В заключении научно обоснованно и ясно сформулированы основные выводы и рекомендации по результатам исследований, обладающие научной и практической ценностью. Представленная диссертационная работы характеризуется единой логикой, непротиворечивостью исходных данных и полученных результатов.

3. Новизна исследований полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Представленная автором диссертационная работа содержит ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и практическое значение. Научная новизна работы состоит в разработанной методике контроля качественных характеристик рудной массы, загружаемой в транспортный сосуд, обеспечивающей формирование в процессе погрузочных работ потоков минерального сырья с качественными характеристиками, контролируемые на основе установленной прямолинейной корреляционной связи содержания апатита от содержания сопутствующего стронция в выемочной порции рудной массы.

Решение поставленной задачи приведено в виде доказательства положений, обоснованных и вынесенных на защиту автором.

Автором установлено, что 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 с разделением потоков на кондиционные руды, наплавленные на переработку, некондиционные руды, тразменщаемые во временном складе и пустую породу, складываемую в отвал.

Данное положение доказано на основе установленных закономерностей:

- параметром, влияющим на итоговое распределение горной массы на грузопотоки (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 участков в зонах с наибольшим содержанием ценного компонента и повысить эффективность отработки месторождения;

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

Доказано, что разделение горной массы на потоки следует вести по результатам дискретного экспресс-анализа содержания элемента-спутника стронция в апатите с оценкой содержания P_2O_5 в загружаемом транспортном сосуде. Об этом сказано во втором научном положении.

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 горных пород участков с разным содержанием полезного компонента и участков пустых пород как по высоте, так и по площади месторождения с учетом глубины развития горных работ. По результатам данных закономерностей сделан 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 стрелой фрезерного комбайна.

В третьем научном положении автором обосновано утверждается, что критерием эффективности горнотехнической системы освоения сложноструктурного месторождения апатитовых руд открытым способом с применением послонно-порционной выемки рудной массы является минимум в отработываемой зоне месторождения некондиционной руды, направляемой во временный склад, что обеспечивается выбором направления развития горных работ в соответствии с построенной геологоструктурной моделью

месторождения и оптимизацией грузоподъемности автосамосвала и не зависит от глубины и ширины обрабатываемого слоя.

Для доказательства данного положения в работе разработана геолого-структурная 3D-модель Ошурковского месторождения, позволяющая картировать распределение и оценить содержание P_2O_5 по объему всего массива месторождения. Проведены исследования, учитывающие особенности добычных работ на сложноструктурном месторождении Ошурковское с использованием фрезерных комбайнов, с разработкой:

- методики обоснования ширины выемочной полосы;
- методики обоснования грузоподъемности автосамосвала;
- методики обоснования рационального значения угла между выемочной полосой и простиранием залежей;
- методики обоснования производительности фрезерного комбайна на основе ее математической взаимосвязи с прочностью разрабатываемых пород на сжатие.

доказано, что для решения задачи оптимизации управления распределением рудопотоков в качестве целевой функции необходимо принять минимум доли автосамосвалов, загруженных рудой некондиционного качества, которая должна быть направлена на промежуточный склад временного хранения.

4. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.

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

1. 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.

2. Взаимосвязи производительности фрезерного комбайна с прочностными характеристиками разрабатываемых пород и параметрами послыно-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.

3. Зависимость производительности фрезерного комбайна от предела прочности пород на сжатие:

$$Q_{фк} = (12\ 000)/\sigma_{сж}, \text{ т/час.}$$

4. 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.

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

6. 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: $C = 0,018CSt - 0,6, \%$.

7. Методика определения потерь полезного ископаемого и разубоживания добытой рудной массы при послыйно-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 послыйной 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.

Важно отметить практическую значимость результатов работы в применении их при освоения Ошурковского месторождения, что подтверждено актом о внедрении. Кроме того, полученные результаты могут быть адаптированы к условиям разработки иных сложноструктурных, или бедных по содержанию ценного компонента, месторождений.

5. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Диссертационная работа написана грамотным языком, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.1 1-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использует общепринятую научную терминологию, что делает работу доступной для специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Содержание автореферата, и публикаций соответствуют диссертационной работе.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде соответствующих методик и процедур, рекомендуется использовать:

1. Для проектирования и внедрения в горное производство методики определения потерь полезного ископаемого и разубоживания добытой рудной массы при послойно-порционной технологии выемки руд фрезерными комбайнами и методики разделения потока рудной массы на порции, качественные характеристики которых определяются радиометрическим экспресс-методом в процессе погрузочных работ. Заинтересованными предприятиями и учреждениями могут быть научно-исследовательские и проектные институты (ИГД СО РАН, ОАО «Сибгипрошахт», ООО «НТЦ-Геотехнология» и др.), также научно-производственные отделы горнодобывающих предприятий, разрабатывающих сложноструктурные месторождения.

2. В учебном процессе при изучении студентами специальности «Горное дело», дисциплин «Геотехнология добычи золота», «Проектирование карьеров», «Открытая геотехнология», «Специализация Открытые горные работы», которые регламентированы действующими Федеральными образовательными стандартами.

7. Замечания по диссертации и автореферату:

Рассматриваемая диссертационная работа, имеет практическую значимость для горнодобывающих предприятий и представляет определенный интерес в научном плане. Однако, по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В представленных зависимостях не указан коэффициент корреляции, что затрудняет оценку достоверности приведенных результатов.

2. Автором представлена схема формирования грузопотоков за счет определения в процессе выемочно-погрузочных работ содержаний P_2O_5 в кузове каждого автосамосвала. Однако, отсутствует описание процесса формирования грузопотоков, а именно кем или как (системой диспетчеризации, программный комплекс или иные решения) обрабатывают полученные данные по содержанию P_2O_5 в кузове автосамосвала для определения его пункта назначения после погрузки и кем или чем производится расчет содержаний P_2O_5 в кузове.

3. На рисунках 3 и 7 автореферата отсутствуют пояснения двойных линий.

4. Согласно рисунку 4 автореферата и рисунку 2.13 диссертации для автосамосвалов, грузоподъемностью более 40 тонн, область рационального угла пересечения фрезерным комбайном линии «руда – порода» не ограничена. Однако выводы по данному факту отсутствуют.

5. На рисунке 3.6 диссертации и рисунке 8 автореферата показано, что при 100% загрузке автосамосвалов удельные затраты на транспортирование рудной массы практически не зависят от грузоподъемности автосамосвала. Однако выводы по данному факту не даны.

8. Заключение.

Представленная диссертационная работа «Обоснование параметров экологически сбалансированной горнотехнической системы открытой разработки сложноструктурных месторождений апатитовых руд» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью.

Основные результаты, положения и рекомендации широко апробированы и получили одобрение на научных семинарах, научно-технических советах, международных конференциях и раскрыты в 12 статьях автора, в том числе 10 из которых в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: целям, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту.

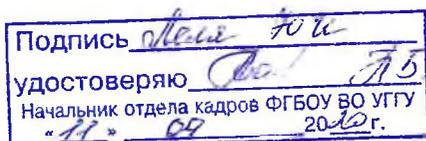
Диссертация Швабенланд Елены Егоровны является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложено научно обоснованное техническое решение актуальной научно-практической задачи: разработана эффективная, экологически сбалансированная горнотехническая система открытой разработки сложноструктурных 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.

В целом, представленная диссертация соответствует критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. 24.09.2013 № 842) ВАК РФ, а её автор, Швабенланд Елена Егоровна, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» протокол № 351 от «11» сентября 2020 г.

Заведующий кафедрой разработки
месторождений открытым
способом, доктор технических
наук, профессор

Лель Юрий Иванович



Отзыв составил:

Лель Юрий Иванович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений открытым способом, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», 620144, Уральский федеральный округ, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. Телефон: +7 (343) 283-01-12. e-mail: science@ursmu.ru

Лель Юрий Иванович согласен на обработку персональных данных.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Адрес: 620144, Уральский федеральный округ, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. Телефон: +7(343)257-25-47, факс: +7(343) 251-48-38. e-mail: office@ursmu.ru.