

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

по диссертационной работе Чебана Антона Юрьевича
на тему «Развитие адаптивных технологий селективной выемки полезных
ископаемых при разработке сложноструктурных месторождений»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.8.8 «Геотехнология, горные машины»

Актуальность темы диссертации

В последние годы многие ведущие специалисты отмечают ухудшение качества минерально-сырьевой базы. В представленной диссертационной работе убедительно показано, что богатые и простые по строению месторождения в основном отработаны. В эксплуатацию все больше вовлекаются бедные, упорные и сложноструктурные руды, что ведет к снижению содержания полезных компонентов и ухудшению технологических свойств сырья.

Практической проблемой горнодобывающего производства при использовании классической схемы "массовое взрывное рыхление + усреднение + обогащение" все чаще становится неспособность обогатительной фабрики эффективно справляться с высокой изменчивостью качества минерального сырья. Это приводит к пересортице руд, потерям ценных компонентов и попаданию в хвосты значительных объемов металла, что снижает экономическую эффективность традиционных технологий разработки сложноструктурных месторождений.

Научной проблемой является отсутствие системного подхода и гибких технологических схем для адаптации процесса извлечения высокоценных полезных ископаемых под изменчивые условия сложноструктурных залежей. Поэтому переход от валовой добычи к селективной, на основе адаптивных технологий извлечения полезных ископаемых при разработке сложноструктурных месторождений, является актуальной научной задачей.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа посвящена разработке новых научно обоснованных технологических решений по развитию адаптивных геотехнологий разработки сложноструктурных месторождений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Сама работа изложена на 269 страницах машинописного текста, содержит 41 таблицу и 93 рисунка. Список литературы включает в себя 330 источников.

Во введении обоснована актуальность работы, исходя из которой определены объект, предмет и методы исследования, сформулированы цель, идея, задачи и научные положения, приведены данные о реализации и апробации результатов исследования.

В первой главе в результате анализа исследований полноты и качества выемки твердых полезных ископаемых, анализа применяемых технологических схем и оборудования для селективной выемки при разработке сложноструктурных месторождений автором выявлена тенденция по снижению качества запасов многих видов минерального сырья, оценено влияние основных качественных показателей добываемой руды на эффективность ее переработки, а также рассмотрены методы оценки сложности оруденения с позиций внутрисортовой селекции. На этой основе показаны необходимость подготовки к внутрисортовой селективной выемке относительно крупных богатых включений с учетом их прочностных характеристик и возможность совершенствования технологических схем освоения месторождений с применением адаптивных технологий, обеспечивающих повышение эффективности разработки сложноструктурных залежей. Доказана необходимость разработки и обоснования усовершенствованных технико-технологических решений, обеспечивающих качественную опережающую выемку богатых включений, которая должна осуществляться с приемлемой производительностью, за счет предварительного разупрочнения или дезинтеграции данных включений различными способами, включая физико-химические.

Во второй главе автор обосновал концепцию селективной выемки при разработке месторождений с высокой вариативностью качественных показателей полезных ископаемых, показал пути совершенствования адаптивных технологических схем добычи и переработки минерального сырья при отработке сложноструктурных выемочных блоков, установил целесообразность выделения не менее трех сортов руд, границы которых определяются технологическими режимами и параметрами их переработки. Установлено, что с учетом такой особенности как фракционирование по классам крупности с существенно различным содержанием полезного компонента, определяющая возможность выделения из общей рудной массы фракций повышенной и пониженной ценности, для направления их на переработку совместно с сортами руд соответственно, более высокого или более низкого качества при обеспечении их технологической совместимости позволит на 4...10 % повысить сквозное извлечение полезного компонента.

Автором исследованы схемы разработки сложноструктурных рудных месторождений цветных и благородных металлов на примере блока неоднородной структуры золоторудного месторождения, схемы выемки и подготовки к переработке руд с существенной изменчивостью содержания полезного компонента по классам крупности рудной массы, схемы освоения сложноструктурных золотороссышных месторождений открытым способом, комбинированные схемы добычи и переработки песков глубокозалегающих сложноструктурных продуктивных пластов россыпей. На этой основе установлено, что использование комбинированных технологических схем при добыче и переработке песков сложноструктурных россыпей, комплексно учитывающих содержание металла в песках, крупность, форму и пробность золотин, а также дезинтегрируемость песков позволит увеличить извлечение металла на 5-14% в сравнении с традиционными технологиями.

В третьей главе проведен анализ вещественно-структурной неоднородности рудных образований и дана оценка изменчивости качественных характеристик рудных залежей на примере характерных месторождений различного минерального сырья с учетом их влияния на показатели извлечения полезных компонентов. Разработан алгоритм выбора последовательности разработки сложноструктурных рудных блоков с учетом возможности опережающей селективной выемки богатых включений. На основе экспериментальных исследований по разупрочнению руд средней трудности разрушения раствором поверхностно-активных веществ установлено снижение их прочности на 20-40 %, что позволяет перевести их в класс легко разрушаемых. Автором обоснована адаптивная технология выемки руд при разработке сложноструктурных месторождений штокверкового типа с предварительным физико-химическим разупрочнением богатых рудных включений и конструкция оборудования, обеспечивающая выделение из некондиционных руд обогащенной полезным компонентом мелкой фракции непосредственно во время ведения выемочно-погрузочного процесса. Обоснована технология разработки маломощных рудных тел с высоко-градиентной зональностью распределения полезного компонента. Предложены технико-технологические решения по доработке прибоновых запасов высокоценного минерального сырья с применением взрывного рыхления посредством скважинных зарядов специальной конструкции с двумя ортогонально ориентированными кумулятивными полостями.

В четвертой главе на основе анализа особенностей строения сложноструктурных пластов с позиций обоснования схем их последующей безвзрывной разработки, выявлена высокая вариативность по прочностным и качественным параметрам, требующая качественной селективной выемки с локальной предварительной подготовкой относительно прочных включений к выемке. В результате обобщения опыта применения машин послойного фрезерования при разработке сложноструктурных месторождений получены зависимости технической производительности от прочности горных пород на сжатие для наиболее часто используемых при ведении горных работ карьерных комбайнов. Обоснованы адаптивные технологии безвзрывной разработки сложноструктурных массивов с предварительным разупрочнением прочных включений специальными растворами и технологии разработки сложноструктурных залежей, сло-

женных породами, существенно различающимися по прочности, с применением усовершенствованных машин послойного фрезерования, оснащенных дополнительным оборудованием для разупрочнения относительно прочных включений посредством нарезания щелей и заливки в них раствора поверхностно активных веществ. Обоснованы параметры усовершенствованного самоходного колесного скрепера ДЗ-115 и дано технико-технологическое решение по повышению эксплуатационной производительности карьерного комбайна за счет обеспечения его безостановочной работы при обмене автосамосвалов под погрузкой и установки накопительного бункера между приемным транспортером и разгрузочным конвейером комбайна.

В пятой главе автором на основе анализа строения россыпей в аспекте и взаимосвязи с потерями полезных компонентов при обогащении показана необходимость внедрения технологий, реализующих селективную выемку богатых песков с последующей раздельной переработкой разносортного минерального сырья, включая схемы многостадийного обогащения. На основе анализа технических средств и технологий, применяемых при разработке россыпных месторождений золота Дальневосточного региона, с позиций возможности повышения их эффективности разработан алгоритм выбора последовательности отработки сложноструктурных россыпных месторождений с учетом возможности опережающей селективной выемки включений богатых песков, содержащих преимущественно гравобогащаемое золото, с применением усовершенствованных технических средств. Разработана комбинированная технология открытой разработки россыпных месторождений с выемкой богатых песков усовершенствованными колесными скреперами с интенсификаторами загрузки, обеспечивающими уменьшение пересортицы богатых песков с рядовыми в 1,3...1,5 раза в сравнении с бульдозерной выемкой и штабелированием. Предложена адаптивная технология разработки глубокозалегающих сложноструктурных россыпей с различными формами нахождения золота с применением опережающей выемки богатых песков и дифференцированного скважинного выщелачивания участков рядовых и бедных песков растворами с регулируемыми концентрациями.

В заключении обобщены и приведены научные и практические результаты работы.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Содержание диссертации соответствует пунктам 1 и 5 паспорта специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины»:

1. Научные основы создания и развития технологий и оборудования для комплексного освоения и сохранения недр в различных горно-геологических и природно-климатических условиях.

5. Способы вскрытия шахтных (карьерных) полей, их подготовки, системы разработки, комплексная механизация, технологические процессы добычи твердых полезных ископаемых.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна исследования заключается в разработке концепции управления качеством минерального сырья на основе адаптации технико-технологических решений, подразумевающих гибкую реакцию горнотехнической системы "добыча-переработка" на изменчивость внутренней структуры месторождения.

В работе предложена система показателей оценивающая сложность внутренней структуры оруденения выемочных блоков как горнотехнических объектов, которая позволяет количественно оценить сложность строения рудных блоков с точки зрения селективной выемки. Это переводит геологическую информацию в категорию, пригодную для инженерных расчетов и выбора оборудования. При этом автор рассматривает рудные тела не как однородные образования, а как систему пространственно-сопряженных зон с различными качественными и прочностными параметрами. Это принципиально важный подход для создания адаптивных схем разработки сложноструктурных месторождений полезных ископаемых.

Установлены и количественно подтверждены зависимости между содержанием полезного компонента в руде и эффективностью ее переработки (извлечение в концентрат), что служит научной основой для определения границ между сортами руд.

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточно широкой их апробацией, в том числе на международном уровне. Кроме того, выводы и рекомендации диссертации реализованы в практике работы современных карьеров.

Значимость результатов для науки и производства

В диссертации получен ряд выводов, которые явно относятся к важным научным результатам. Предложен качественно новый подход по выделению качественно-однородных выемочных элементов, различающихся уровнем содержания полезного компонента: богатые, рядовые, бедные, особо бедные (некондиционные), границы между которыми устанавливаются по суммарному чистому дисконтированному доходу (ЧДД). Предложено новое технологическое решение, предполагающее оконтуривание и селективную выемку таких блоков для последующей раздельной переработки, в том числе совместно с промежуточными продуктами, полученными при обогащении богатых руд, а также с продуктивными фракциями, выделенными из особо бедных руд, которые содержат полезные компоненты в количестве, позволяющем перерабатывать такое сырье по низкозатратным технологиям.

Результаты имеют и прямое практическое значение. В частности, это вывод о новых схемах отработки сложноструктурных месторождений твердых полезных ископаемых с осуществлением внутрисортовой селекции, уменьшением потерь и обеспечением максимальной сохранности природного качества минерального сырья путем применения щадящих способов подготовки к выемке и локальной выемки особо ценных участков эксплуатационного блока, а также выделения продуктивных фракций из некондиционных (особо бедных) руд. Автором разработаны адаптивные технологические схемы подготовки и отработки рудных тел, которые рекомендованы к применению в различных горно-геологических и горнотехнических условиях сложноструктурных месторождений.

Результаты исследований переданы для реализации ряду горнодобывающих предприятий, занимающихся разработкой золоторудных и золотороссыпных месторождений Дальневосточного региона. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе ФГБОУ ТОГУ при подготовке горных инженеров по специальности «Открытые горные работы», а также при подготовке аспирантов в ИГД ДВО РАН.

Основные положения диссертации и результаты исследований докладывались и обсуждались на: Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, 2013-2016, 2024), Международной научной школе академика РАН К.Н. Трубецкого (г. Москва, 2020, 2022, 2024), Международных научно-практических конференциях «Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов» (г. Чита, 2013, 2023), «Наука и инновационные разработки – Северу» (г. Мирный, 2014), Международной научно-технической конференции «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений» (г. Екатеринбург, 2017-2025), Международной научной конференции «Проблемы комплексного освоения георесурсов» (г. Хабаровск, 2018, 2020, 2023), Всероссийских научно-технических конференциях с международным участием «Глубокие карьеры» (г. Апатиты, 2015), «Научно-технические проблемы и технологии освоения месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах горных работ» (г. Новосибирск, 2022), Всероссийской научно-практической конференции «Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых Северных и Северо-Восточных регионов России» (г. Якутск, 2015, 2017), Петербургской технической ярмарке в конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» (г. Санкт-Петербург, 2011) и других конференциях.

Результаты исследования опубликованы автором в 57 печатных работах, в том числе 29 статей в рецензируемых научных изданиях по специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные

машины» из перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования России, кроме этого в 12 патентах на изобретения и двух монографиях.

Замечания по диссертационной работе

1. Первое научное положение сформулировано как констатация существующего в горной науке, проектировании и производстве опыта отработки сложноструктурных месторождений и россыпных с применением технологий селективной выемки полезных ископаемых. Оно не требует доказательств.

2. В диссертации представлены зависимости производительности оборудования от прочности пород и эффективность действия поверхностно-активного вещества, применяемое в основном для пород II класса по трудности разрушения. Это снижает возможности для масштабирования результатов на другие породы III и IV класса по трудности разрушения без дополнительных экспериментов. Кроме того, в работе основной акцент сделан на высокоценных штокверковых и жильных рудах, а также аллювиальных россыпях. Остались без детального анализа другие сложноструктурные типы, например, массивные руды с тонкой вкрапленностью, для которых селекция по визуальным признакам затруднена и требует радиометрической сортировки. В связи с этим тему диссертации, на мой взгляд, следовало бы сузить до технологий селективной выемки высокоценных полезных ископаемых сложноструктурных золоторудных месторождений.

3. Предложенные автором коэффициенты сложности предполагают возможность точно оконтурить все богатые включения при разделении руд на типы по ценности. На практике это требует крайне плотной разведочной сети, что экономически не всегда оправдано. Автор не предлагает методику учета рисков и погрешностей опробования при формировании сортовых контуров. Кроме того, предлагаемые решения (например, использование многостадийного обогащения с центробежными концентраторами, автоклавное окисление) технологически сложны и требуют высококвалифицированного персонала и значительных инвестиций. Для многих малых старательских артелей (которых, по данным автора, большинство) эти решения могут быть нереализуемы. В работе не предложен упрощенный или модульный вариант для малых предприятий.

4. В диссертации основное внимание сосредоточено на выемке и переработке. Однако формирование множества рудопотоков (богатые, рядовые, бедные) создает сложную логистическую задачу, которая в работе раскрыта недостаточно. Не приведен анализ затрат на организацию раздельной транспортировки и складирования. Не проведены исследования стабильности и надежности формируемых рудопотоков для обеспечения эффективности обогащательного передела.

5. Экономические расчеты в диссертации носят преимущественно сравнительный характер (удельные показатели). Отсутствует полноценный технико-экономический анализ с учетом капитальных затрат на создание новых комплексов (например, приобретение специализированного оборудования, строительство дополнительных емкостей для хвостов и т.д.) для разных вариантов в масштабах всего месторождения.

Заключение по работе

Выявленные недостатки касаются, в основном, вопросов практического масштабирования, учета логистических ограничений и полноты экономического анализа. Однако эти недостатки не снижают общей ценности работы, а скорее указывают на направления для дальнейших исследований.

Рассмотренная диссертация Чебана Антона Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработаны новые научно обоснованные технологические решения по развитию геотехнологий разработки сложноструктурных месторождений, внедрение которых вносит существенное значение для развития горнодобывающей промышленности Российской Федерации.

Диссертация и автореферат соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Чебан Антон Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины».

Официальный оппонент, доктор технических наук,
заместитель директора по научным вопросам
ФГБУН Института горного дела Уральского отделения
Российской академии наук, специальность -
25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и
строительная)

03 августа 2026 года



Глебов Андрей Валерьевич

Я, Глебов Андрей Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Чебана Антона Юрьевича, и их дальнейшую обработку.

Подпись доктора технических наук, заместителя директора по научным вопросам ИГД УрО РАН Глебова Андрея Валерьевича удостоверяю и заверяю,

начальник отдела кадров



С.В. Коптелова

Адрес: 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58
Тел.: +7-952-144-04-44
E-mail: a.glebov@igduran.ru