

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГД СО РАН,
к.т.н. А.П. Хмелинин

**ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
ИМ. Н.А. ЧИНАКАЛА**

**Сибирского отделения
Российской академии наук
(ИГД СО РАН)**

Красный проспект, д. 54, Новосибирск, 630091
Телефон/факс (383) 205-30-30
E-mail: mailigd@misd.ru, <http://www.misd.ru>
ОГРН 1035402457683, ИНН 5406015367

08.09.2026 № 430/61-39-40

На № ХФИЦ-01-02/501 от 09.07.2026 г.



**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института горного дела им. Н.А. Чинакала
Сибирского отделения Российской академии наук
на диссертационную работу Чебана Антона Юрьевича
«Развитие адаптивных технологий селективной выемки полезных ископаемых
при разработке сложноструктурных месторождений»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»**

Актуальность работы

Объективная необходимость все более широкого вовлечения в отработку сложных по горно-геологическим параметрам месторождений с высокой изменчивостью качественных характеристик добываемого минерального сырья уменьшает уровень извлечения ценных компонентов из него, снижает эффективность работы горно-обогатительных комплексов. Это требует использования гибких процессов управления при подготовке отрабатываемых участков к выемке и самой выемке современными техническими средствами и технологическими приемами на основе планирования и оперативного регулирования горных работ, максимально согласованных с природной и технологической изменчивостью свойств добываемых полезных ископаемых для уменьшения влияния на сложные процессы их последующей переработки.

Разработка сложноструктурных рудных и россыпных месторождений нередко ведется в условиях недостаточного для надежного планирования уровня достоверности и представительности горно-геологической информации. Широко применяемые буровзрывные работы способствуют перемешиванию добываемого полезного ископаемого с пустыми породами, различными типами и сортами руд, изменяют или снижают природное качество минерального сырья. Из-за этого разработка сложноструктурных участков, блоков без селективной выемки и/или усреднения приводит к высокой вариативности состава направляемой на обогащение рудной массы, концентрации и форм нахождения в ней минералов, необходимости

проведения затратных и масштабных работ для снижения изменчивости характеристик, поступающего на переработку сырья.

Это подтверждает научно-техническую актуальность, целесообразность и практическую значимость обоснования адаптивных геотехнологий разработки сложноструктурных месторождений с гибкой комбинацией производственных процессов, позволяющих увеличить сквозное извлечение полезных компонентов, снизить себестоимость конечной продукции и расширить минерально-сырьевую базу горных предприятий.

Структура и содержание работы

Представленная на рассмотрение рукопись диссертационной работы изложена на 269 страницах машинописного текста, включает 93 рисунка, 41 таблицу, состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы из 330 источников. Автореферат диссертации изложен на 46 страницах и содержит 19 рисунков и 3 таблицы.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель, идея и задачи диссертационного исследования, показаны научная новизна, практическая значимость полученных результатов и личный вклад автора, изложены основные положения, выносимые на защиту, описаны использованные методы исследований, обоснована достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций работы.

В первой главе представлен литературный обзор по современному состоянию проблемы исследования полноты и качества выемки твердых полезных ископаемых. Выполнена оценка современного состояния минерально-сырьевой базы с позиций изменения качества при выемке. Рассмотрено влияние основных качественных показателей добываемой руды на эффективность ее переработки. Показаны направления совершенствования методов оценки сложности оруденения с позиций внутрисортовой селекции. Проанализированы применяемые схемы и оборудование для селективной выемки при разработке сложноструктурных месторождений с высокой изменчивостью свойств минерального сырья в недрах и технологических потоках.

Во второй главе обоснованы принципы селективной выемки при разработке месторождений с высокой вариативностью качественных показателей полезных ископаемых. Сформулированы пути совершенствования адаптивных технологических схем добычи и переработки минерального сырья при отработке сложноструктурных выемочных блоков. Предложена принципиальная схема разработки сложноструктурных рудных месторождений цветных и благородных металлов на примере блока неоднородной структуры золоторудного месторождения. Усовершенствован порядок выемки и подготовки к переработке руд с существенной изменчивостью содержания полезного компонента по классам крупности рудной массы. Описана рациональная схема освоения сложноструктурных россыпных месторождений золота открытым способом. Рассмотрены усовершенствованные комбинированные схемы добычи и переработки продуктивных пластов глубокозалегающих сложноструктурных россыпей.

В третьей главе приведены результаты разработки технологических схем освоения сложноструктурных рудных месторождений с ведением внутрисортовой селекции. Проанализирована вещественно-структурная неоднородность рудных образований. Обоснован алгоритм выбора последовательности разработки сложноструктурных рудных блоков с учетом возможности опережающей селективной выемки богатых включений. Представлены экспериментальные данные по разупрочнению руд средней трудности разрушения раствором поверхностно-активных веществ. Обоснована адаптивная технология выемки руд при разработке

сложноструктурных месторождений штокверкового типа с предварительным физико-химическим разупрочнением богатых рудных включений. Предложены технологии разработки маломощных рудных тел с высокой зональностью распределения полезного компонента.

В четвертой главе рассмотрены предложенные усовершенствованные технологии разработки сложноструктурных месторождений с ведением селективной выемки машинами послойного фрезерования и модернизированными скреперами. Обобщен опыт применения машин послойного фрезерования при разработке сложноструктурных месторождений. Обоснованы адаптивные технологии безвзрывной разработки сложноструктурных массивов с предварительным разупрочнением прочных включений специальными растворами. Доказана возможность повышения производительности комбайнов за счет обеспечения их безостановочной работы при обмене автосамосвалов.

В пятой главе обоснованы параметры предлагаемых технико-технологических решений, обеспечивающих повышение эффективности освоения сложноструктурных россыпных месторождений. Проанализированы строение россыпей во взаимосвязи с потерями полезных компонентов при обогащении, применяемые при разработке россыпных месторождений золота Дальневосточного региона технические средства и технологии с позиций возможности повышения их эффективности. Представлены условия и порядок совершенствования открытой разработки сложноструктурных россыпных месторождений с применением модернизированных колесных скреперов. Обоснована адаптивная технология разработки глубокозалегающих сложноструктурных россыпей с различными формами нахождения золота.

В заключении в достаточной степени обобщены результаты исследования.

Научная новизна диссертационной работы заключается.

В определении рациональной структуры эксплуатационных рудных блоков с выделением качественно-однородных выемочных элементов, различающихся уровнем содержания полезного компонента (богатые, рядовые, бедные, некондиционные), границы между которыми устанавливаются по суммарному чистому дисконтированному доходу.

В разработке системы показателей, оценивающей сложность внутренней структуры оруденения выемочных блоков как горнотехнических объектов и позволяющей дать их интегральную и дифференцированную оценку в процессе выбора технологических решений с учетом особенностей и порядка последующей раздельной переработки разносортной рудной массы.

В предложении технологического решения с оконтуриванием и селективной выемкой различным оборудованием богатых, рядовых и бедных руд для последующей раздельной переработки совместно с промежуточными продуктами, полученными при обогащении богатых руд, и с продуктивными фракциями, выделенными из особо бедных руд, содержащих полезные компоненты в количестве, позволяющем вести их переработку экономически выгодными технологиями.

В обосновании критерия максимума суммарного чистого дисконтированного дохода добычи и переработки запасов сложноструктурных месторождений с выделением руд не менее трех сортов, границы которых определяются возможностью разделения добытой рудной массы по классам крупности, технологическими режимами и параметрами ее переработки, с учетом вовлечения в переработку части техногенных отходов методами физико-химической геотехнологии.

В разработке алгоритма выбора технологий освоения сложноструктурных месторождений и их эффективных параметров, учитывающего ценность и физико-

механические характеристики руд, приведенный граничный коэффициент вскрыши, определяемый по усовершенствованной методике с учетом возможности вовлечения в переработку продуктивных классов крупности некондиционной руды.

В разработке методики определения оптимальной длины ковша усовершенствованного колесного скрепера, сопротивления продвижению интенсификатора загрузки ковша при селективной выемке песков россыпей, заполняемости ковша в зависимости от связности песков, геометрических параметров ковша и способов его загрузки.

В обосновании принципов комбинированной разработки сложноструктурных глубокозалегающих россыпей с опережающей селективной выемкой богатых песков и последующей отработкой участков рядовых и бедных методом скважинного выщелачивания растворами с экологически щадящими адаптированными концентрациями, обеспечивающими относительно высокое извлечение золота в продуктивный раствор.

Практическое значение результатов работы состоит в том, что результаты исследований позволяют:

1. На основе предложенных технологических схем отработки сложноструктурных месторождений полезных ископаемых с внутрисортовой селекцией уменьшить потери минерального сырья в недрах с обеспечением максимальной сохранности его природного качества путем применения специальных способов подготовки к выемке и локальной выемки.

2. Перевести часть руд средней трудности разрушения в класс легко разрушаемых путем применения разработанной технологии комбинированной выемки с предварительным разупрочнением растворами ПАВ через сеть скважин и включением богатых руд для опережающего механического извлечения.

3. Обосновать целесообразность использования безвзрывного рыхления сложноструктурных участков рудных массивов с высокой изменчивостью качественных и прочностных параметров с применением усовершенствованных машин послойного фрезерования, обеспечивающих предварительное разупрочнение относительно прочных включений в полезном ископаемом за счет его пропитки раствором ПАВ с вышележащего выемочного слоя.

4. Применять при освоении сложноструктурных залежей разработанные технологии и конструкции усовершенствованных машин послойного фрезерования, обеспечивающие дезинтеграцию относительно прочных включений за счет их пропитки раствором ПАВ, а также интенсивное рыхление и загрузку рабочего оборудования в виде удлиненного ковша.

5. Использовать рекомендации по выбору разработанных адаптивных схем подготовки и выемки рудных тел для различных горно-геологических и горнотехнических условий сложноструктурных месторождений, повышающих эффективность их отработки.

Разработанный научно-методологический подход к развитию адаптивных технологий селективной выемки полезных ископаемых при разработке сложноструктурных рудных и россыпных месторождений может служить основой для последующих актуальных исследований.

Обоснованность и достоверность научных исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается.

Применением современных методов и технических средств при проведении исследований, надежностью и полнотой исходных данных.

Сходимостью результатов теоретических исследований с фактическими параметрами и показателями.

Результатами статистического анализа технико-экономических показателей разработки рудных и россыпных месторождений Дальнего Востока.

Использованием результатов исследований автора рядом горнодобывающих предприятий, разрабатывающих рудные и россыпные месторождения золота в дальневосточном регионе.

Поставленные задачи исследования решены, их результаты отражены в выводах по главам и в заключении. Цитирование оформлено корректно. Заимствованного материала без ссылки на автора или источник не выявлено. Выполненные соискателем научные работы в соавторстве использованы с корректными ссылками на соавторов.

Личный вклад автора.

Постановка проблемы, обоснование идеи работы, постановка цели и задач исследований. Обобщение технологических решений по комбинированной подготовке сложноструктурных массивов к выемке и в процессе выемки. Формирование методологического подхода для решения задач. Разработка комплекса инновационных технологических решений проблемы. Участие в проведении экспериментальных исследований. Установление системы показателей, характеризующих сложность рудного блока при его селективной отработке. Обоснование технико-технологических решений комбинированной отработки сложноструктурных массивов, селективной выемки богатых включений. Разработка технологических схем для отделения обогащенной рудной мелочи из рудной массы при ведении выемочно-погрузочных работ. Предложение рекомендаций по выбору рациональной технологии разработки сложноструктурных массивов различными комплексами выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Замечания по работе:

1. Для более точного восприятия представительного материала об особенностях вещественно-структурной неоднородности минерально-сырьевой базы анализируемых горных предприятий, порядке формирования потерь и разубоживания полезных компонентов при извлечении из недр и обогащении, изменения качества рудных и россыпных образований при выемке, оценки влияния потребительских параметров добываемого сырья на эффективность переработки текст диссертации было бы целесообразно представить более концентрировано. Видимо, из-за этого по тексту есть ряд повторов, в том числе достаточно больших, например, на с. 18 и 65 со ссылками [115, 182], на с. 7 и 69 про выщелачивание, на с. 57 и 152 про комбайны и другое. Тоже относится и к рассмотренным путям совершенствования разработки сложноструктурных россыпных месторождений (п.2.4 и гл. 5).

2. В предложенной систематизации оруденения как объекта выемки критерии выделения несколько размыты. Например, в типах – крутонаклонные и крутые, подклассах – почему два выемочных элемента в блоке, а не более, последовательно сменяющие друг друга по длине фронта работ?

3. В развиваемом автором подходе по оценке сложности оруденения соотношением суммарной длины контактов «руда-порода» и площади рудных включений (с. 43 диссертации, с. 14 автореферата) представлены градации для нескольких рудных и россыпных месторождений. Однако не представлен общий порядок использования подхода при разработке других залежей.

4. В блок-схеме выбора последовательности разработки сложноструктурных залежей (рис. 3.19) по отношению к эксплуатационной разведке используются термины «опережающая стадия», «первая стадия сопровождающей...», «вторая стадия сопровождающей...», «сопровождающая ... без выделения стадии». Для лучшего понимания технологических процессов было бы целесообразно, например, использовать «эксплуатационная доразведка» и «опережающее опробование» с локальным сгущением и без выделения стадии.

5. Учитывая сложность интерпретации, вероятностные и в определенной степени недостоверный характер получаемой при разведке, доразведке и опережающем опробовании горно-геологической информации, следовало бы подробнее обозначить вопрос формирования рациональных параметров сетей, применения альтернативных методов интерпретации исходных данных для построения более надежных сортовых планов обрабатываемых участков и блоков.

6. При общем достаточном уровне обоснования предлагаемых технологически схем по некоторым из них недостаточно полно описан порядок и условия формирования некоторых параметров.

7. По тексту имеются отдельные редакционные неточности и несоответствия. ЧДД – было бы целесообразно один раз дать развернутое понятие и далее не повторять по тексту (с. 11, 12, 71 и далее). ЧДД не является эквивалентом прибыли (с. 100, п.3). Фракционирование, фракции в контексте геотехнологии было бы более корректно заменить на классы крупности. Имеются отдельные орфографические неточности (рис. 1.9 «плавска» вместо «плавка»), с. 162 1-й абзац – «технология» - «использовано».

8. Часть таблиц (1,6, 1,7, 5,2, 5.5, 5,8), имеющих второстепенное значение можно было бы из текста диссертации убрать, переместив в приложения, или сделать соответствующие ссылки на источники информации.

9. Список использованной литературы, представленный в диссертации, не в полной мере отражает результаты исследований последних лет по проблематике перспективной и текущей технико-экономической оценки минерально-сырьевой базы добывающих предприятий.

Заключение.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований предложены актуальные технологические и технические решения по обоснованию экономически эффективной и экологически щадящей разработки сложноструктурных рудных и россыпных месторождений с высокой изменчивостью свойств извлекаемого минерального сырья, позволяющие повысить эффективность его добычи, последующего обогащения и переработки.

Приведенные замечания не снижают научного и практического значения диссертационной работы и не влияют на новизну и обоснованность защищаемых научных положений.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, отражает её основные научные положения, выводы, рекомендации, теоретическую и практическую ценность. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 57 печатных работах, включая 29 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 монографии, 12 патентов на изобретение. Базовые результаты исследований прошли широкую апробацию на международных и российских конференциях.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины» (пп. 1, 2, 5, 8, 14, 15) и отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор – Чебан Антон Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Отзыв на диссертационную работу и автореферат обсужден и утвержден на расширенном заседании лаборатории открытых горных работ ИГД СО РАН (протокол № 09-01 от 04 сентября 2026 г.).

Председатель заседания
ведущий научный сотрудник лаборатории
открытых горных работ
ИГД СО РАН, к.т.н. по специальности
05.15.03 – "Открытая разработка
месторождений полезных ископаемых"

В.Л. Гаврилов

Секретарь заседания
и.о. заведующего лабораторией,
старший научный сотрудник
лаборатории открытых горных работ
ИГД СО РАН, к.т.н. по специальности
25.00.22 – Геотехнология (подземная,
открытая, строительная)

А.В. Резник

Гаврилов Владимир Леонидович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории открытых горных работ ИГД СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный просп., д. 54, email: gvlugorsk@mail.ru, тел. +73832053030 (+230).

Резник Александр Владиславович – кандидат технических наук, и.о. заведующего лабораторией, старший научный сотрудник лаборатории открытых горных работ ИГД СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный просп., д. 54, email: a-reznik@mail.ru, тел. +73832053030 (+216).

Подписи В.Л. Гаврилова и А.В. Резника заверяю,

Директор ИГД СО РАН, к.т.н.



А.П. Хмелинин