

Федеральное агентство по науке и инновациям
Учреждение Российской академии наук Институт горного дела
Уральского отделения РАН

УДК 622: 528.9: 912: 004
№ госрегистрации 01200962521
Инв. № 00100000000631427

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГД УрО РАН
д-р техн. наук, проф.
_____ С. В. Корнилков

«15» августа 2011 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по Государственному контракту от 07 июля 2009 г. № 002.740.11.0317

ПО ТЕМЕ:

«Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока»

(заключительный, этап № 6)

Зам. директора по научным вопросам
ИГД УрО РАН, канд. техн. наук.

А. В. Глебов

Научный руководитель темы, д.т.н., проф.

В. М. Аленичев

Екатеринбург 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д.т.н., проф	_____ Аленичев В.М. (реферат, введение, раздел 2, подраздел 3.2, заключение)
Ответственный исполнитель к.т.н., ученый секретарь	_____ Панжин А.А. (подраздел 1.1-1.4)
Исполнители:	
рук. отдела, д.т.н.	_____ Сашурин А.Д. (подразделы 1.1-1.4)
зав. лаб. геодинамики и горного давления, д.т.н.	_____ Зотеев О.В. (подраздел 3.2)
гл. науч. сотр., д.т.н.	_____ Зубков А.В. (подраздел 3.2)
зав. лаб. геомеханики подземных сооружений, д.т.н., проф.	_____ Боликов В.Е. (подраздел 3.2)
вед.н.с., д.т.н., ст. науч. сотр.	_____ Балек А.Е. (подраздел 1.3)
зав.лаб. технология снижения риска катастроф при недропользовании к.т.н.	_____ Мельник В.В. (подраздел 1.3)
к.т.н., ст. науч. сотр.	_____ Липин Я.И. (подраздел 3.2)
к.т.н., ст. науч. сотр.	_____ Худяков С.В. (подраздел 3.2)
к.т.н., ст. науч. сотр.	_____ Смирнов О.Ю. (подраздел 3.2)
к.т.н., науч. сотр.	_____ Каюмова А.Н. (подраздел 4.1)
зав. лаб. сдвижения горных пород	_____ Усанов С.В. (подраздел 1.2)
ст. науч. сотр.	_____ Драсков В.П. (подраздел 1.3)

науч. сотр.	_____ Коновалова Ю.П. (подраздел 1.3)
науч. сотр.	_____ Далатказин Т.Ш. (подраздел 1.3)
науч. сотр.	_____ Ручкин В.И. (подраздел 1.2)
науч. сотр.	_____ Пустуев А.Л. (подразделы 1.3 – 3.3)
науч. сотр.	_____ Криницин Р.В. (подраздел 1.4)
мл. науч. сотр.	_____ Панжина Н.А. (подраздел 1.2)
мл. науч. сотр.	_____ Озорнин И.Л. (подраздел 1.4)
мл. науч. сотр.	_____ Рыбак С.А. (подраздел 1.4)
мл. науч. сотр.	_____ Замятин А.Л. (подраздел 1.4)
мл. науч. сотр.	_____ Ведерников А.С. (подраздел 1.4)
мл. науч. сотр.	_____ Григорьев Д.В. (подраздел 1.1)
мл. науч. сотр.	_____ Желтышева О.Д. (подраздел 1.3)
мл. науч. сотр.	_____ Селин К.В. (подраздел 1.3)
мл. науч. сотр.	_____ Бирючев И.В. (подраздел 1.3)
инженер-исслед.	_____ Климанская Р.В. (подраздел 3.2)
инженер-исслед.	_____ Маницина Е.Р. (подраздел 3.3)
аспирант	_____ Зуев П.И. (подраздел 1.1)

аспирант	_____ Харисов Т.Ф. (подраздел 1.3)
лаборант	_____ Турсуков А.Л. (подраздел 1.3)
студент	_____ Вафин А. Р. (подраздел 1.3)
аспирант	_____ Аленичев М.В. (подразделы 2.1, 2.2)
зав. лаб. управления качеством минерального сырья, д.т.н.	_____ Лаптев Ю.В. (подраздел 2.3)
мл. науч. сотр.	_____ Титов Р.С. (подраздел 2.3)
мл. науч. сотр.	_____ Яковлев А.М. (подраздел 2.3)
аспирант	_____ Кочнев К.А. (подраздел 2.4)
инженер	_____ Уманский А.Б. (подраздел 2.2)
директор института, д.т.н., проф.	_____ Корнилков С.В. (подраздел 3.1, 3.2, 3, 3)
зав. лаб. подземной геотехнологии, к.т.н.	_____ Соколов И.В. (введение, разделы 3.1, 3.2, 4, 5.2, 6)
ст. науч. сотр., к.т.н., ст. науч. сотр.,	_____ Смирнов А.А. (разделы 3.2, 5.2, 6)
ст. науч. сотр., к.т.н.	_____ Антипин Ю.Г. (разделы 3.2, 4, 5.2, 6)
ст. науч. сотр., к.т.н.	_____ Славиковская Ю.О. (раздел 5)
м.н.с.	_____ Никитин И.В. (разделы 5.2, 6)
м.н.с.	_____ Чаговец Г.А. (разделы 5.2, 6)
вед. инж.	_____ Барановский К.В. (разделы 5.2, 6)

вед. специалист-патентовед

_____ Досов А.М.
(раздел 4, нормоконтроль)

инж.

_____ Широков М.А.
(разделы 5.2, 6)

Реферат

Отчет 241 с., 51 рис., 35 табл., 104 источников
РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ, АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ТЕХНОГЕННЫЕ СМЕЩЕНИЯ, ДЕФОРМАЦИИ, АЛГОРИТМЫ, КОЛИЧЕСТВО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО, СОРТА, ВИДЫ, ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛА, ВНЕДРЕНИЕ, МОНИТОРИНГ.

В отчете представлены результаты шестого этапа НИР «Разработка автоматизированных методов решения технологических задач» по теме «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока».

Объектом исследования являлись стратегически важные минерально-сырьевых объекты Сибири и Дальнего Востока РФ.

Цель работы – разработка теоретических основ и мероприятий по снижению риска природно-техногенных катастроф, автоматизированных методов оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ, программы внедрения НИР в общеобразовательный процесс и научно-методических материалов для использования в образовательных учреждениях, проведение исследований патентной чистоты объектов техники, технико-экономическая оценка полученных результатов, практическая проверка и внедрение технологии на объектах недропользования.

В результате проведенных исследований установлено:

– современные геодинамические движения и деформационные процессы распространены повсеместно и имеют в сейсмически активных и асейсмических регионах достаточно высокий уровень, способный нарушить устойчивость и безопасность объекта недропользования;

– среди природных процессов и явлений, создающих условия для возникновения аварийных ситуаций на объектах недропользования, ведущее место занимают деформационные процессы, вызванные современными геодинамическими движениями.

Предложены пути и мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф, включающие:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов недропользования на основе проведения диагностики геодинамической активности территории;

- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений, основанных на уровне смещений и

деформаций, выявленных в процессе диагностики территории и прогнозных значений на период эксплуатации объекта.

Результаты разработок по геомеханическому обеспечению недропользования прошли практическую проверку и внедрение путем организации мониторинга за деформационными процессами на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых (Высокогорское железорудное месторождение, Высокогорский ГОК) и нефти (Красноленинское нефтяное месторождение, «ТНК-Нягань»).

Автоматизированный метод оценки объемов горной массы по сортам и видам при планировании горных работ в качестве основных документов включает погоризонтные качественные планы, атрибуты блоков (физические, технологические и качественные свойства горной массы), данные опробования скважин детальной и эксплуатационной разведок, планируемое положение горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом.

Правомерность использования алгоритмов и программ подсчета запасов золото с использованием пространственной связности геоданных подтверждается на примере на техногенных месторождений р. Винновка.

Специфика отработка угольных месторождений нагорного типа требует ранжирования технологических факторов, что необходимо учитывать при формировании рабочей зоны, как на стадии проектирования и планирования. Основным управляющим фактором на всех этапах существования разреза является длина фронта работ по горной массе, а фактор интенсивности отработки приобретает весомую значимость ближе к середине срока отработки разреза при обеспечении резерва готовых к выемке запасов. При автоматизированных горно-геометрических расчетах необходимо учитывать вышеуказанные факторы.

На основании анализ полученных основных результатов и учебных планов подготовки специалистов по направлению «Горное дело» предложены методические материалы. Программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс охватывают направления НОУ, факультет ЧС и УГГУ, повышение квалификации инженерно-технических специалистов горных предприятий.

Приведены результаты внедрения результатов исследований в проекты освоения месторождений и непосредственно на предприятиях горно-промышленного комплекса Урала, Сибири и Дальнего Востока - руднике /«Удачный» АК АЛРОСА, Кыштымском ГОКе, Малышевском РУ и Шеинском карьере известняков. Результаты внедрения показывают высокую эффективность технических решений и возможность использования научно-методических материалов в образовательном процессе.

В процессе изучения патентной и технической литературы выявлены технические решения, относящиеся к способу подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов (патент РФ № 2385956 и заявка № 2009143040). Сравнительный анализ показал, что признаки изобретения используются в проверяемом объекте, но так как патент и заявка принадлежат Государственному учреждению Институт горного дела УрО РАН, то указанный объект обладает патентной чистотой для разработчиков федеральной целевой программы.

Выполненный анализ методик оценки экономической эффективности показывает недостаточность и неполноту учета эколого-экономического эффекта наблюдающегося при применении технологий имеющих как прямой, так и сопряженный экологический эффект. Эколого-экономический эффект может составить до 25% от общего экономического результата освоения участка недр в результате своевременного применения в технологическом процессе технологии по переработки и утилизации техногенных отходов.

В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. При проведении технико-экономической оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство. В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3%).

Практическая проверка рекомендаций, разработанных в рамках данной НИР, проведена при проектировании разработки объектов недропользования Урала и Сибири: Шеинский карьер известняков, Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение, Кыштымское месторождение гранулированного кварца (Урал), кимберлитовая трубка «Удачная» (Саха-Якутия).

Результаты внедрения вышеуказанных рекомендаций на вышеуказанных предприятиях позволят получить суммарный потенциальный эффект более 800 млн. руб.

Содержание

Перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц, терминов	11
Введение	12
1 Разработка теоретических основ и мероприятий по снижению риска природно-техногенных катастроф	17
1.1 Истоки и причины возникновения природно-техногенных катастроф	17
1.2 Современные требования к изученности геодинамической активности площадок размещения объектов недропользования	28
1.2.1 Термины и понятия	28
1.2.2 Изученность современных геодинамических движений	29
1.2.3 Требования нормативных документов	45
1.3 Механизм воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования	51
1.3.1 Иерархически блочное строение массива горных пород	51
1.3.2 Самоорганизация иерархически блочной среды	55
1.3.3 Закономерности распределения геодинамических движений и деформаций в иерархически блочной самоорганизующейся среде	57
1.4 Мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф	58
1.4.1 Технология прогнозной оценки опасности возникновения природно-техногенных катастроф	58
1.4.1.1 Технология построения геомеханической модели участка недропользования	58
1.4.1.2 Технология диагностики геодинамической активности участка недропользования	60
1.4.1.3 Прогнозная оценка риска техногенных катастроф на участках недропользования	61
1.4.2 Технология снижения риска катастрофы и тяжести последствий	61
1.4.2.1 Выбор места расположения объекта недропользования	62
1.4.2.2 Изменение конструкции объекта недропользования	63
1.4.2.3 Управление техногенными сдвигами и деформациями	64
Выводы по разделу	64
2 Разработка автоматизированных методов оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ	66
2.1 Алгоритм расчета количественно-качественных показателей при планировании горных работ на асбестовом карьере	66
2.2 Оценка запасов золота на техногенном месторождении реки Винновки	90
2.3 Модель размещения качественных показателей по глубине разработки	105
2.3.1 Моделирование распределения выхода марок рудного сырья на геологических участках Саткинского месторождения магнетита	105
2.3.2 Методика обоснования стратегии поддержания минерально-сырьевой базы комбината «Магнетит»	115
2.4 Оценка технологических параметров рабочей зоны при управлении режимом горных работ и планировании отработки	124
Выводы по разделу	133
3 Разработка программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс и научно-методических материалов для использования НИР в образовательных учреждениях	134
3.1 Анализ полученных основных материалов и анализ учебных планов подготовки специалистов по направлению «Горное дело» и «Информатика»	134
3.2 Программа внедрения результатов НИР в образовательный процесс	138
3.2.1 Повышение квалификации специалистов аспирантов и соискателей	141
3.2.2 Повышение квалификации специалистов	142

3.2.3 Повышение квалификации инженерно-технических специалистов горно-добывающих предприятий.....	144
3.3 Разработка научно-методических материалов для использования результатов НИР в образовательных учреждениях.....	147
3.3.1 Разработка научно-методических материалов по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала	147
3.3.1.1 Основные положения.....	147
3.3.1.2 Разработка экономико-математической модели эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания.....	149
3.3.1.3 Алгоритм совместной оптимизации соотношений П и Р.....	154
3.3.1.4 Программа расчета эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания руды.....	155
3.3.2 Методические указания по обоснованию общего порядка разработки долгосрочных программ развития и поддержания минерально-сырьевой базы.....	163
3.3.3 Методические указания по проведению мониторинга на геодинамических полигонах при эксплуатации месторождений нефти и газа.....	180
Выводы по разделу	195
4 Проведение исследования патентной чистоты объектов техники	197
5 Технико-экономическая оценка полученных результатов	198
5.1 Методические рекомендации по технико-экономической оценке полученных результатов.....	198
5.2 Технико-экономическая оценка полученных результатов внедрения в технологических объектах недропользования.....	202
Выводы по разделу	208
6 Практическая проверка и внедрение технологии на объектах недропользования	209
Выводы по разделу	211
Заключение	212
Список использованных источников	215
ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ (по шести этапам)	221

Перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц, терминов

НИР	– Научно исследовательская работа
ПО	– Программное обеспечение
ПЭВМ	– Персональная электронная вычислительная машина
РФ	– Российская Федерация
АО	– Автономный округ
ФО	– Федеральный округ
ГОК	– Горно-обогатительный комбинат
АН	– Академия наук
ГЭС	– Гидроэлектростанция
АЭС	– Атомная электростанция
УрО	– Уральское отделение
ИГД	– Институт горного дела
РАН	– Российская академия наук
СО РАН	– Сибирское отделение
ЧДД	– Чистый дисконтированный доход
И Д	– Индекс доходности
ВНД	– Внутренняя норма доходности
ОАО	– Открытое акционерное общество
ЗАО	– Закрытое акционерное общество
ООО	– Общество с ограниченной ответственностью
ООН	– Организация объединенных наций
НАТО	– Организация Североатлантического договора
США	– Соединенные Штаты Америки
СО	– Сибирское отделение

Введение

В отчете представлены результаты **шестого** этапа НИР «Разработка автоматизированных методов решения технологических задач» по теме: «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока», выполняемой в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. Научные исследования в составе работы лота «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области геологии, горного дела» по государственному контракту с Департаментом федеральных целевых программ и проектов Министерства образования и науки Российской Федерации (шифр заявки «2009-1.1-151-066-004»), государственный контракт № 002.740.11.0317). Основанием для заключения и проведения НИР является решение Конкурсной комиссии Роснауки 2/К (Протокол от 25.06.2009 №40).

Технические требования для проведения НИР включают проведение исследований в шесть этапов:

Этап 1. Исследование состояния компьютерных технологий в горном деле (с 07 июля по 30 сентября 2009 г., промежуточный, представлен 19.09.2009 г.).

Этап 2. Исследование области применения базовых геотехнологий (с 01 октября по 10 декабря 2009 г., промежуточный, представлен 15.11.2009 г.).

Этап 3. Разработка моделей горных объектов (с 01 января по 30 июня 2010 г., промежуточный представлен в настоящем отчете).

Этап 4. Исследование методов манипулирования горно-геологической информацией (с 01 июля по 10 декабря 2010 г., промежуточный, предстоит выполнить в 2010 г.).

Этап 5. Разработка автоматизированных методов решения технологических задач (с 01 декабря по 31 марта 2011 г., промежуточный, предстоит выполнить в 2011 г.).

Этап 6. Разработка автоматизированных методов оценки технологических параметров (с 01 апреля по 15 августа 2011 г., заключительный).

В ходе проведения исследований **на шестом этапе** в соответствии с календарным планом и техническим заданием на выполнение НИР необходимо было решить следующие задачи:

– разработка теоретических основ и мероприятий по снижению риска природно-техногенных катастроф;

– разработка автоматизированных методов оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ;

– разработка программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс и научно-методических материалов для использования НИР в образовательных учреждениях;

– проведение исследования патентной чистоты объектов техники;

– технико-экономическая оценка полученных результатов;

– практическая проверка и внедрение технологии на объектах недропользования.

– составление промежуточного отчета о НИР.

В заключительном шестом этапе работы по направлению геомеханического обеспечения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока изложены итоговые результаты исследований, включающих теоретические основы развития природно-техногенных катастроф, проведения диагностики участков размещения ответственных объектов недропользования, прогнозной оценки риска и выбора путей и мер предотвращения аварийных ситуаций.

Среди природных процессов и явлений, создающих условия для возникновения аварийных ситуаций на объектах недропользования, ведущее место занимают деформационные процессы, вызванные современными геодинамическими движениями.

Анализ изученности современных геодинамических движений и закономерностей распределения по массиву горных пород вызванных ими деформационных процессов свидетельствуют, что современные геодинамические движения и деформационные процессы распространены повсеместно и имеют в сейсмически активных и асейсмических регионах достаточно высокий уровень, способный нарушить устойчивость и безопасность объекта недропользования. К сожалению, в практике проектирования, строительства и эксплуатации опасных объектов их параметры пока не учитываются.

Нормативные документы, регламентирующие изыскания, проектирование строительство и эксплуатацию опасных объектов недропользования, вплоть до объектов атомной энергетики, учет этих факторов не проработан в силу устаревших представлений о процессах и явлениях, происходящих в массиве горных пород, на которых они основываются. В то же время, фундаментальные исследования последнего десятилетия, подтвердившие иерархически блочную модель массива горных пород, показали, что механизм развития аварийных ситуаций на объектах недропользования определяется постоянной подвижностью и процессами деструкции и самоорганизации, проявляющимися в этой подвижности.

В соответствии с установленным механизмом воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования, в работе предложены пути и мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф, включающие:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов недропользования на основе проведения диагностики геодинамической активности территории;

- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений, основанных на уровне смещений и деформаций, выявленных в процессе диагностики территории и прогнозных значений на период эксплуатации объекта;

- управление уровнем техногенных смещений и деформаций, вызванных недропользованием.

Автоматизированный метод оценки объемов горной массы по сортам и видам при планировании горных работ в качестве основных документов включает погоризонтные качественные планы, атрибуты блоков (физические, технологические и качественные свойства горной массы), данные опробования скважин детальной и эксплуатационной разведок, планируемое положение горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом. Разработанный алгоритм является универсальным и соответствует потребностям горнодобывающих предприятий при расчете количественно-качественных показателей при планировании горных работ на карьерах. По сравнению с ранее используемыми методами время проведения расчетов сокращается в 2 – 3 раза, а точность получения заданных показателей повышается на (50 – 60) %.

Правомерность использования алгоритмов и программ подсчета запасов золота с использованием пространственной связности геоданных подтверждается на примере техногенных месторождений (отвалов) реки Винновка.

Проведенные исследования позволяют установить, что при отработке угольных месторождений нагорного типа влияние технологических факторов на производительность различно. Основным управляющим фактором на всех этапах существования разреза являются длина фронта работ по горной массе и величина резерва готовых к выемке запасов. Интенсивность отработки приобретает весомую значимость ближе к середине срока отработки разреза. Поэтому автоматизированные горно-геометрические расчеты необходимо проводить с учетом последовательности влияния вышеуказанных факторов.

Программы внедрения результатов НИР в общеобразовательный процесс и научно-методических материалов для использования в образовательных учреждениях направлены

на более углубленное изучение аспирантами специальных вопросов, специалистов по чрезвычайным ситуациям, повышению квалификации инженерно-технических работников горных предприятий. В частности разработаны методические указания по обоснованию и выбору систем подземной разработки месторождений и их вскрытию, по оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций, учету пространственной связности геоданных и автоматизированного моделировании осадочных месторождений.

На основании проведенного исследования патентной чистоты способа подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов установлено, что технические решения, относящиеся к способу подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов (патент РФ № 2385956 и заявка № 2009143040) и принадлежащие Государственному учреждению Институт горного дела УрО РАН, обладает патентной чистотой для разработчиков федеральной целевой программы.

В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. При проведении технико-экономической оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство. Выполненный анализ методик оценки экономической эффективности указывает на недостаточность и неполноту учета эколого-экономического эффекта, который может составить до 25% от общего экономического результата освоения участка недр при своевременной утилизации техногенных отходов.

Предложена методика технико-экономической оценки полученных решений, учитывающая эколого-экономическую эффективность применения технологии имеющей сопряженный экологический эффект, выражающийся в комплексности извлечения полезного компонента и закладки выработанного пространства. В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3%).

При применении системы разработки месторождения с закладкой выработанного пространства и использовании ресурсного потенциала образовавшихся в процессе выемки полезного ископаемого техногенных пустот на предприятии будет формироваться экономия на платежах за загрязнение окружающей среды.

Практическая проверка и внедрение технологий, разработанной в рамках данной НИР на объектах недропользования Урала и Сибири: Шеинский карьер известняков, Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение, Кыштымское месторождение гранулированного кварца (Урал), кимберлитовая трубка «Удачная» (Саха-Якутия),

показали высокую эффективность разработанных технических решений. Суммарный потенциальный эффект может составить более 800 млн. руб.

Патентная чистота технические решения, относящиеся к способу подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов, подтверждена. Патент РФ № 2385956 и заявка № 2009143040 принадлежат Государственному учреждению Институту горного дела УрО РАН.

В выполнении исследования по шестому этапу принимали участие молодые специалисты: Аленичев М.В. (аспирант), Титов Р.С.(аспирант), Кочнев К.А (аспирант), Селин К.В., Ершов А.А., Ведерников А.С., Зуев П.И., Григорьев Д.В., Коновалова Ю.П., Рыбак С.А., Замятин А.Л., Кошурников Н.С. (аспирант) и др.

1 Разработка теоретических основ и мероприятий по снижению риска природно-техногенных катастроф

1.1 Истоки и причины возникновения природно-техногенных катастроф

Возрастание риска катастроф является одной из существенных особенностей современного этапа развития земной цивилизации. Не проходит и дня, чтобы информационные агентства не сообщали о катастрофах, уносящих человеческие жизни, наносящих значительный экономический ущерб. По данным ООН ущерб от природных и техногенных катастроф в 60-е годы прошлого века составлял около 40 млрд. долларов в год, а к началу текущего века он уже превысил 280 млрд. долларов в год.

В России ежегодно возникает около тысячи чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, наносящих ущерб в пределах 10-15% валового внутреннего продукта. Причем, из общего числа погибших в катастрофах 15% приходится на чисто природных катастрофы, а 67% на катастрофы техногенного и природно-техногенного характера. Важность и актуальность проблемы предотвращения и снижения риска катастроф обеспечили включение исследований по этому направлению в Федеральную целевую программу приоритетных исследований, в состав критических технологий, утвержденных Правительством России, а также в состав одного из трех направлений программы совместных научных исследований России и НАТО.

В научной и практической деятельности, связанной с проявлением катастроф, по источникам причинам и объектам возникновения выделяют три вида катастроф: природные, природно-техногенные и техногенные. Определенные виды природных и техногенных катастроф с явными источниками и объектами возникновения без сомнений относятся к тому или иному виду. Но отнесение существующих между ними, так называемых, природно-техногенных катастроф нередко вызывает серьезные затруднения. Обычно к ним относят катастрофы, происходящие на объектах техногенного характера вследствие воздействия природных причин. Но вскрыть причины природного характера в силу их недостаточной изученности оказывается не так просто, а нарушения различных регламентов чаще всего лежат на поверхности, что дает основание ошибочно относить эти катастрофы к техногенным.

Среди катастроф подобного вида особо многочисленную группу составляют катастрофы на техногенных объектах, вызванные современной геодинамической активностью или современными движениями земной коры. Обычно у этих техногенных

объектов массив горных пород или земная поверхность являются либо их основанием, либо их конструктивной средой, то есть неотъемлемым компонентом объектов, которые именуется объектами недропользования. Выступая как потенциально опасные объекты по проявлению природно-техногенных катастроф, вызванных современной геодинамической активностью, объекты недропользования занимают обширное место в сфере экономической деятельности. Сюда могут быть отнесены:

- объекты минерально-сырьевого комплекса;
- объекты градопромышленных ассоциаций;
- инженерные коммуникации;
- транспортные системы;
- высотные сооружения;
- водные и гидротехнические объекты;
- захоронение экологически опасных отходов;
- стратегические объекты и объекты атомной энергетики.

Безопасность и устойчивость этих и многих других объектов во многом зависит от современных деформационных процессов, развивающихся в массиве горных пород и на земной поверхности под воздействием современных геодинамических движений. Фундаментальную основу современных деформационных процессов определяют два основных свойства реальных массивов горных пород: иерархически блочная структура, присущая подавляющему большинству горных пород; непрерывные движения в массиве горных пород, которые могут рассматриваться как форма существования иерархически блочных массивов горных пород.

При рассмотрении причин техногенных и природно-техногенных катастроф традиционно принимают во внимание изношенность объектов, низкое качество строительства, ошибки проектирования и нарушение регламента эксплуатации. Естественно, что эти факторы в той или иной мере имеют место во всех случаях, что дает основание оставлять без внимания действительные скрытые причины природного характера, как это имело место при катастрофах в аквапарке Москвы «Трансвааль», на обрушившемся мосту-путепроводе в Екатеринбурге и во многих других случаях.

В то же время, экспериментальными исследованиями Уральской школы геомеханики установлено, что основной причиной развития катастроф на объектах недропользования являются современные геодинамические движения. В ряду других привычных природных опасностей таких, как ураганы, землетрясения, наводнения и т.п., они протекают скрытно, незаметно и обнаруживаются лишь на инструментальном уровне наблюдений. Но повсеместное и постоянное их проявление представляет серьезную

опасность для объектов недропользования. Ярким примером ошибочного подхода к выявлению причин катастроф являются расследования, проведенные по Чернобыльской АЭС (1986 г.) и Саяно-Шушенской ГЭС (2009 г.).

Две крупнейших природно-техногенные катастрофы современности- Чернобыльскую (26 апреля 1986г.) и Саяно-Шушенскую (17 августа 2009г.)-разделяют 23 года. За этот период «социальный заказ» на прогноз чрезвычайных ситуаций, на смягчение их последствий, на повышение эффективности соответствующих социальных институтов и улучшение состояния гражданской защиты в обществе стал острейшей общественной потребностью, но практически не продвинулся в решении. По-прежнему в результатах расследования причин происходящих катастроф преобладает пресловутый «человеческий фактор».

А между тем, накопленный в России и в мире опыт свидетельствует, что катастрофическое поведение внутренне присуще большинству сложных систем, к которым, безусловно, относятся обе станции. Источником или причиной катастрофических явлений в них могут быть многочисленные техногенные или природные факторы, не всегда зависящие на стадии эксплуатации или в момент аварии от работающего персонала. Официальные комиссии, как правило, сосредотачивают все внимание на изучении «человеческого фактора» эксплуатационного персонала и упускают из виду, что сложная техногенная система создана и функционирует на массиве горных пород и его земной поверхности, которые, в свою очередь, представляют собой сложнейшую природную систему, живущую своей жизнью, со своими процессами и явлениями.

Следовательно, сложные техногенные объекты являются составной частью более сложных природно-техногенных систем, искусственные и природные элементы которой взаимодействуют между собой, определяя стабильность или аварийность ситуации. И часто «человеческий фактор» в том и состоит, что это взаимодействие не учтено на стадии проектирования при выборе места размещения объекта, не отражено в его конструкции и регламенте эксплуатации.

Следствием сложившегося современного подхода к расследованию причин аварий и катастроф являются замена персонала, восстановление работоспособности объекта и продолжение его эксплуатации с теми же внутренними потенциальными катастрофическими свойствами, которые, будучи не выявленными и не устраненными, проявятся в последующем [1]. Эту ситуацию очень точно охарактеризовал в отношении катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС известный гидростроитель А.Е. Долгинин, с чьим именем связано освоение гидроэнергетического потенциала Ангары и Енисея «...ведь

нельзя же всерьез полагать, что она (катастрофа на СШГЭС) произошла из-за нескольких нерадивых эксплуатационников» [2].

Если же отойти от политизированных и ведомственных позиций, преобладающих в настоящее время в сфере расследования природно-техногенных катастроф, то в реальной объективной действительности следует учитывать, что такие сложные уникальные быстро и необратимо развивающиеся системы могут иметь несколько путей развития, новых возможностей, каждый из которых имеет свои «окна уязвимости», принципиальную ограниченность методик долговременного прогноза. В таких системах время, опущенное на принятие стратегических решений, ограничено и обычно нельзя вернуться к предшествующей ситуации и поступить в ней более разумно, т.е. происходит утрата неиспользованных вовремя возможностей.

У двух знаковых катастроф, Чернобыльской и Саяно-Шушенской эти «окна уязвимости» возникли в период их проектирования. Выбор места размещения обеих станций был сделан неудачно без учета современных геодинамических движений земной коры.

В порядке оправдания проектов можно отметить, что в 60-е годы о современных геодинамических движениях было известно немного. Тем не менее, в период проектирования Саяно-Шушенской ГЭС передовые ученые обращали внимание на геодинамическую активность выбранного участка и на ее потенциальную опасность для электростанции [2, 3]. Но их беспокойство то ли мешало плановым срокам, приуроченным к знаменательным датам, то ли просто в силу ведомственной амбициозности было воспринято весьма агрессивно [4].

Это упущение («окно уязвимости») отмечено было В.И. Брызгаловым, длительное время возглавлявшим работу станции. «Несмотря на более чем тридцатилетний период с начала целевого изучения территории для строительства Саяно-Шушенской ГЭС, не были детально исследованы и некоторые геологические структуры (разломы), и процессы (движения земной коры), которые являются основными факторами и определяют долговременную стабильность территории. В проекте не были предусмотрены ни технические средства, ни сами наблюдения за геодинамическими процессами, а предполагалась лишь установка аппаратуры в теле плотины» [5, стр. 32-33].

Сегодня вернуться к прежней ситуации и поступить в ней более разумно невозможно. Чернобыльская станция потеряна безвозвратно и сейчас приходится думать-затыкать ли дыры в старом разрушающемся саркофаге или собирать по миру средства на новый. Саяно-Шушенская станция вновь вводится в строй без раскрытия причины происшедшей катастрофы, следовательно, без ее устранения. Запуск двух

восстановленных гидроагрегатов в этих условиях с определенной вероятностью можно рассматривать как запуск бомб замедленного действия с неизвестным временем срабатывания.

Да, шпильки крепления крышки гидротурбины действительно порвались, что выдвинуто в официальных актах расследования в качестве основной причины катастрофы [6]. Да, они были с усталостными дефектами. Но почему они в них возникли, когда по штатным нагрузкам их не должно быть? Почему они «дорвались» внезапно, имея многократный запас прочности на момент аварии? Почему в аналогичной ситуации в 1983 году на Нурекской ГЭС при порвавшихся 55 шпильках из всех 72 оставшиеся 17 шпилек удерживали крышку, допустив лишь проникновение воды в генераторный отсек? Это позволило перекрыть водовод и не допустить дальнейшего катастрофического развития аварии. И наконец, почему шпильки с установленными дефектами, как показано в работе [1], распределились по кругу крышки анизотропно?

Ответы на эти вопросы могут быть получены только в результате проведения специальных исследований современных геодинамических движений, которые предусмотрены современным нормативным документом СП 11-104-97, в том числе на стадии эксплуатации объекта, если возникли предположения о влиянии современных геодинамических движений на безопасность объекта [7].

Таким образом, станция восстанавливается в условиях, когда не выявлены и не устранены причины происшедшей катастрофы. А это не что иное, как создание вновь очередного «окна уязвимости», утрата возможностей предотвратить развитие катастрофической ситуации. И повторение локальной аварии, подобной происшедшей, не самый худший вариант. Существует реальная возможность нарушения устойчивости самой плотины.

Итак, каковы истоки двух знаковых катастроф, первая из которых внесла серьезный вклад в процесс развала СССР, а вторая, в случае ее развития в соответствии с прогнозами данной работы, завершится непредсказуемыми последствиями для современной России.

Первым источником обеих катастроф или их «окнами уязвимости» явился выбор под оба объекта достаточно сложных в тектоническом отношении территорий, специфика которых не была отражена в конструктивных решениях.

Чернобыльскую АЭС расположили на границе Днепровско-Донецкого прогиба среди серии глубинных разломов северо-восточного – юго-восточного простираения [8].

Саяно-Шушенскую ГЭС расположили в районе Джебашско-Джойского тектонического блока, представляющего собой антиклинорий, созданный интрузией

гранитов, прорвавшейся на поверхность через толщу прочных метаморфизованных сланцев примерно в полукилометре от плотины выше по течению (рис. 1.1) [9]. Контакт гранитов со сланцами круто падает в поперечном сечении под правый берег, а в продольном сечении-в сторону нижнего бьефа плотины под углами, соответственно 45° и 50° (рис. 1.2). Особенности его залегания обуславливают большую разницу мощностей сланцев в береговых примыканиях. В левом примыкании она едва достигает 250м, а в правом увеличивается до 450м. Неравномерность двухслойного основания плотины в сочетании с контактным метаморфизмом предопределяют неоднородное деформирование плотины при сезонных колебаниях уровня водохранилища даже без воздействия современных геодинамических движений.

Но из рис. 1.1 следует, что сланцы подверглись активному тектоническому структурированию, связанному, по-видимому с прорывом интрузии. По дезъюнктивным нарушениям, совпадающим с руслами ручьев Карлов и Таловка, тектонические блоки сместились на сотни метров в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В результате на геологической схеме контрастно прослеживается система структурных блоков одного из иерархических уровней. Одна из границ этих блоков между карымовскими парасланцами и ортосланцами, представляющая собой разломную зону, пересекает наискосок плотину ближе к левому примыканию (рис.1.3, см. рис. 1.1 и 1.2).

Неудачное размещение обоих объектов с позиций тектонического строения массива дополнилось высокой геодинамической активностью района и непосредственно площадок станций. Чернобыльской катастрофе в течение 5-6 лет предшествовало несколько заметных геодинамических событий в Центральном районе, такие как Солигорские землетрясения (1978г., 1983г.), прорыв дамбы рассолохранилища Стебнековского калийного комбината (1983г.), мощный смерч на Русской равнине (1984г.) и др.

Летом 1985г., за год до катастрофы, обнаружены большие смещения фундаментной плиты энергоблока №4. По запросу руководства станции ИФЗ

АН СССР должен был начать их исследования 12.05.1986г. В этот же период возникли большие трудности с эксплуатацией турбогенераторов №7 и 8,

вызванные появлением высокой вибрации. Это потребовало многократных вызовов харьковских турбостроителей для устранения вибрации, в том числе и за две недели до катастрофы, когда был замечен перекося фундаментов непосредственно турбогенераторов. В ночь с 25 на 26 апреля 1986г. в период аварии сейсмостанцией «Норинск», расположенной в 70км, зарегистрировано более 20 сейсмопроявлений. Фиксировались они и на следующий день, и через 4 месяца [8].

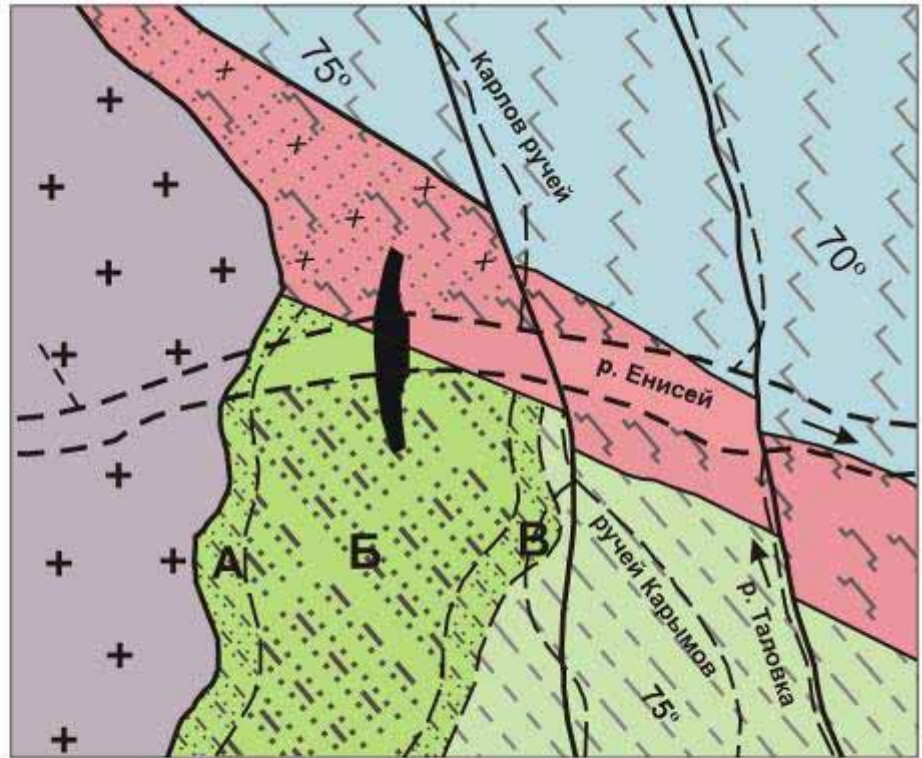


Рисунок 1.1 - Схематичная геологическая карта гидроузла СШГЭС [3]:

1 – парасланцы черемуховской толщи; 2 – парасланцы карымовской толщи; 3 – ортосланцы; 4 – границы джойской интрузии; 5 – зоны контактного метаморфизма: А – сильного, Б – среднего, В – слабого; 6 – нерасчлененная зона контактного метаморфизма; 7 – тектонические зоны; 8 – угол залегания пород; 9 – контур плотины

Таким образом, весь период до аварии, в процессе аварии и после нее регистрировались активные геодинамические процессы и их следствием были деформации и перекося фундаментов, повышенная вибрация турбогенераторов. То есть, геодинамические процессы выступали как источник аварии.

В районе Саяно-Шушенской ГЭС современные геодинамические движения фиксировались еще в период проектирования в 1964-1969 годах [2,3]. Но проектировщики и ведомственный аппарат, как отмечено выше, отмахнулись от этих предупреждений [4]. В то же время, характер усталостных разрушений шпилек крепления крышки гидроагрегата, вызванных сдвиговыми усилиями циклического действия, свидетельствуют, что на протяжении всего периода эксплуатации гидроагрегат находился под воздействием трендовых и циклических современных геодинамических движений. Деформирование

шахты и крышки гидроагрегата под их воздействием послужили причиной повышенной вибрации, как у турбогенераторов Чернобыльской АЭС [1].

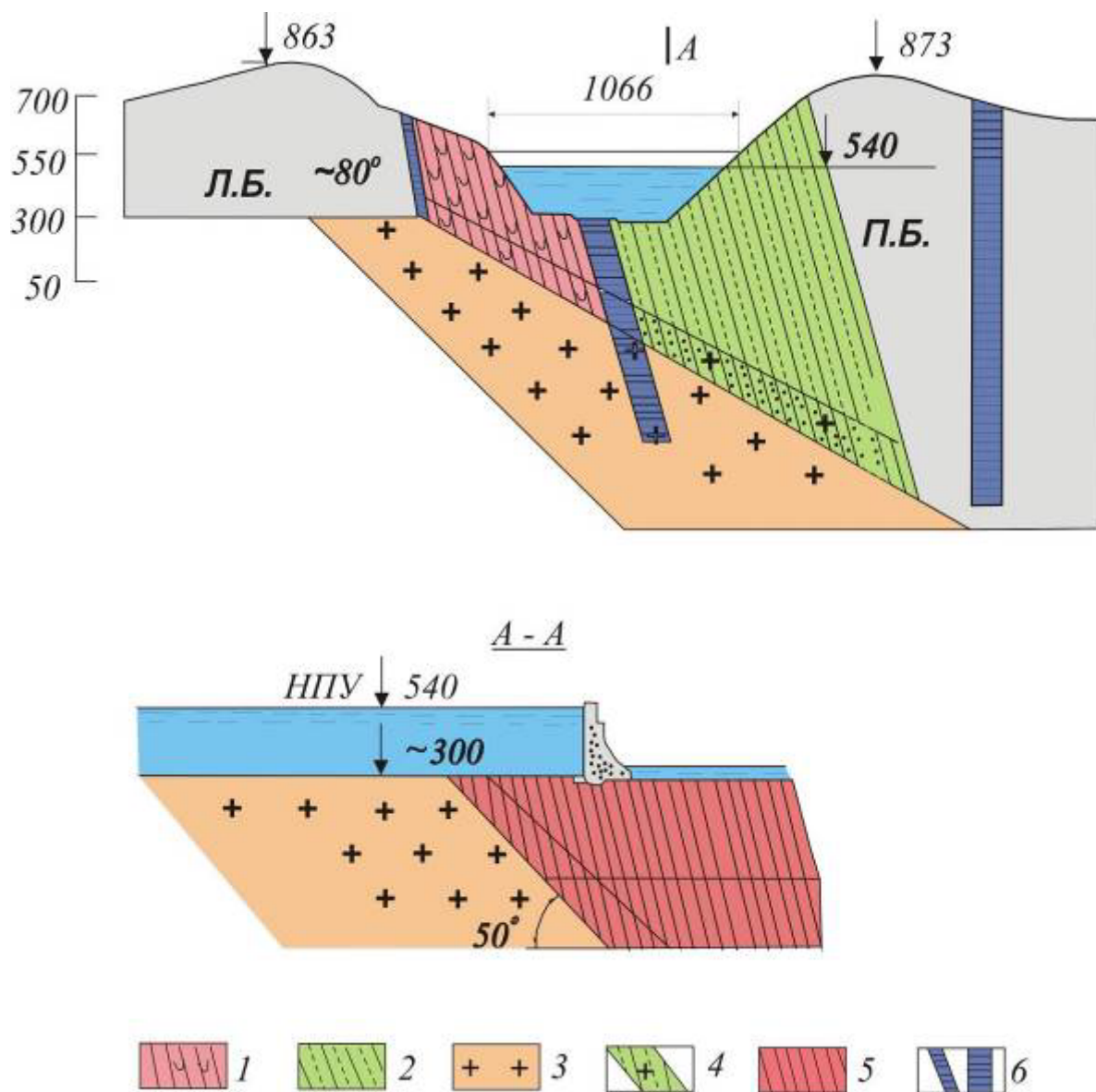


Рисунок 1.2 - Геоструктурная схема створа плотины Саяно-Шушенской ГЭС [2]: 1 – ортосланцы зеленокаменные; 2 – парасланцы; 3 – джойская гранитная интрузия; 4 – зона контактного метаморфизма; 5 – дайка основного состава; 6 – разломы

При сохранении наследственности палеогеодинамических движений, образовавших приведенную на рис. 1.1 блочную систему, в разломной зоне, пересекающей плотину, возникает сдвиг, вызывающий нештатное напряженно-деформированное состояние в теле плотины, в конструкции машинного здания, в том числе в бетонных шахтах гидроагрегатов. Но деформациям шахт препятствуют стальные крышки, разделяющие камеры гидротурбины и генераторов. Силовое взаимодействие

между крышкой и бетонной шахтой осуществляется за счет шпилек, в которых возникает срезающее усилие. Конструктивно они предназначены для работы на разрыв.

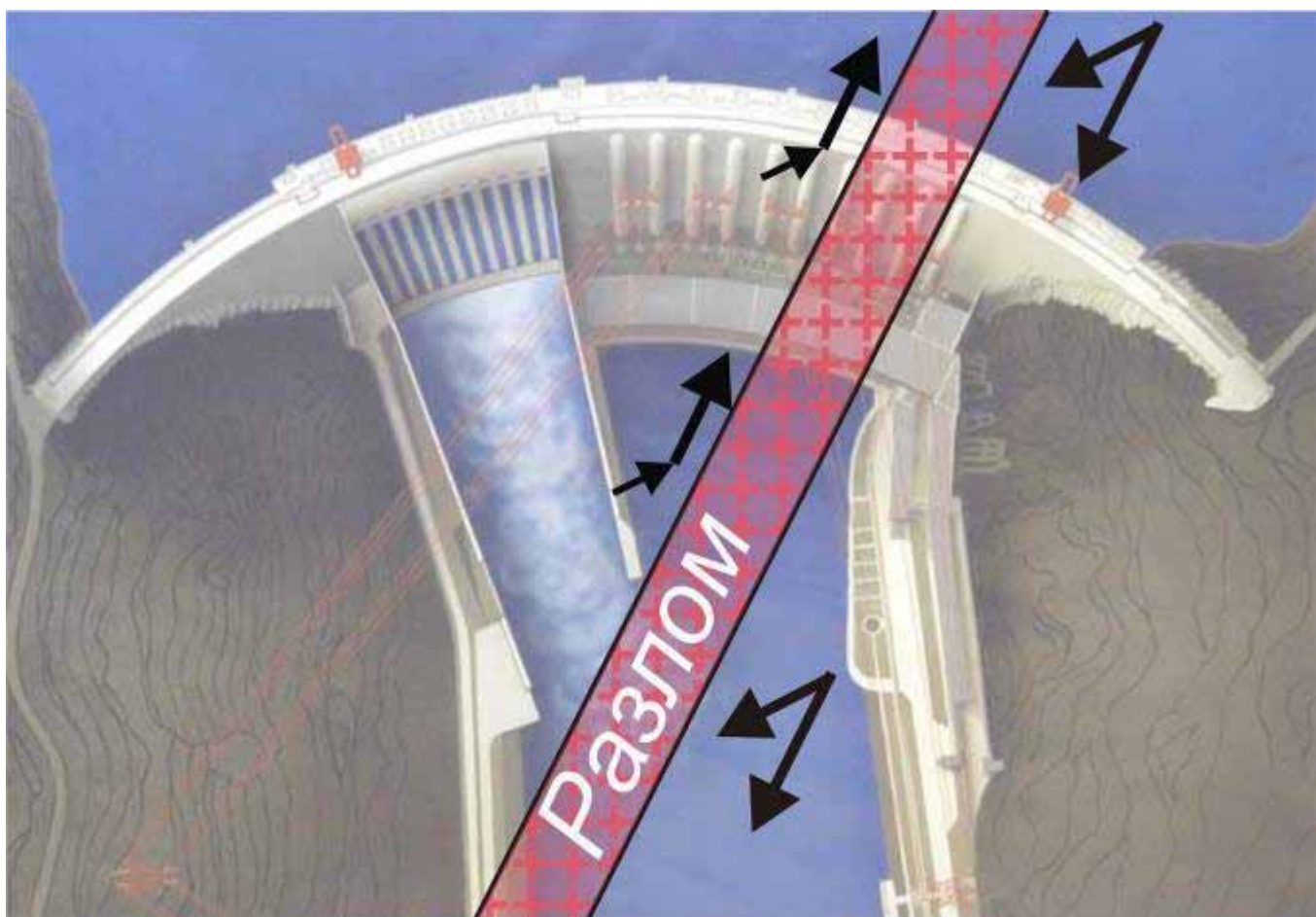


Рисунок 1.3 - Расположение разлома и прогнозируемые геодинамические движения структурных блоков

В срезающих усилиях выделяются трендовые и циклические составляющие, обусловленные соответствующими видами современных геодинамических движений. В циклических компонентах наибольшие амплитуды проявляются в циклах с продолжительностью около одного часа, т.е. около десяти тысяч циклических погружений в год.

На рис. 1.4 представлена диаграмма усталостных разрушений сечения каждой шпильки в процентах к площади ее сечения, построенная по данным акта расследования [6]. В распределении усталостных нарушений по контуру крышки четко просматривается анизотропия. Зоны с высоким удельным разрушением и зоны с отсутствием разрушений определяют направления, соответственно, максимальных и минимальных деформаций в аварийном гидроагрегате. С фактической диаграммой усталостных разрушений шпилек

хорошо коррелируют теоретические зоны смещений контура шахты при одноосном нагружении, отстроенные на этом же рисунке.

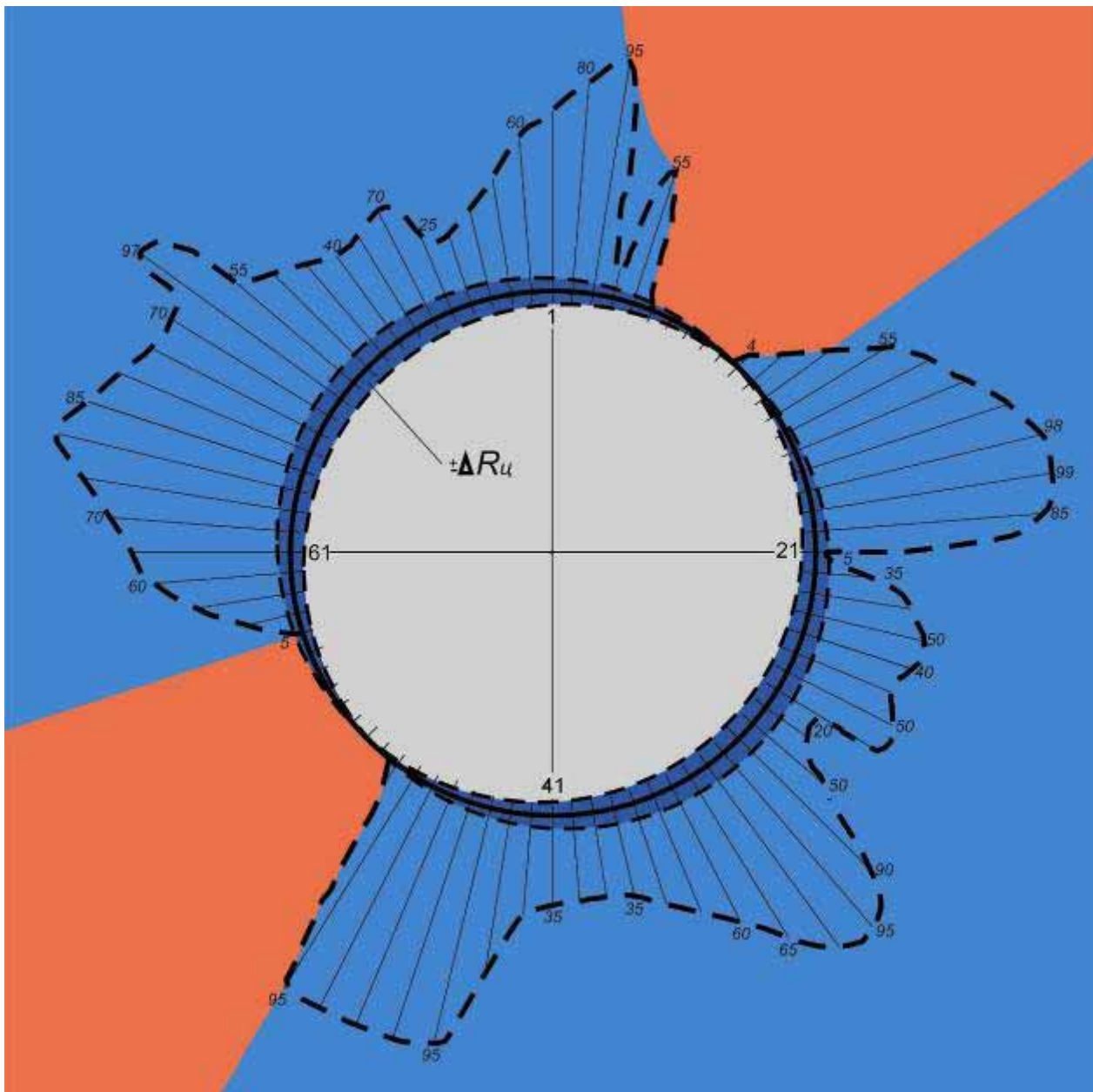


Рисунок 1.4 - Диаграмма усталостных разрушений шпилек (% от сечения) и зоны циклических сдвиговых нагружений шпилек от циклических короткопериодных геодинамических движений ($\pm\Delta R_u$)

Таким образом, причина разрушения шпилек, в целом, понятна. Остается неясным внезапный характер их «дорыва» при оставшемся многократном запасе прочности на отрыв. Этот процесс связан с «хлопком», отмеченным в акте расследования, но не нашедшим своего объяснения. Хлопок мог свидетельствовать о динамическом разрушении бетона и вмещающих пород в шахте гидротурбины, подобном горным ударам

в горных породах. Версия динамического разрушения пород в основании гидроагрегата рассмотрена в работе [10]. Динамический выброс нарушенных пород и бетона способен на какой-то промежуток времени перекрыть отводной канал, остановив движущийся поток воды. Гидротурбина, обладающая вместе с генератором кинетической энергией, вращаясь в остановившейся воде, превращается в гребной винт. Мощность гидроагрегата, составляющая на момент аварии около 400 Мегаватт, проясняет причину внезапного дорыва всех шпилек, подъема и «полета» гидроагрегата.

Таким образом, «хлопок» -динамическое разрушение бетонной шахты гидротурбины -замыкает окончательную цепочку событий, завершившихся одной из крупнейших аварий современности:

- нештатное цикличное деформирование бетонной шахты гидроагрегата под воздействием современных геодинамических движений;
- возникновение в шпильках крепления крышки гидроагрегата цикличных срезающих нагрузок и усталостных трещин;
- динамическое разрушение бетонной конструкции водоотводной системы в виде горного удара («хлопка») с мгновенным перекрытием водоотводного канала и остановкой водотока;
- переход вращающейся турбины в остановившейся воде в состояние гребного винта, дорыв оставшегося сечения шпилек с выбросом гидроагрегата в машинный зал.

При общих истоках обеих катастроф каждой из них, как и подобает сложным системам, присуща своя индивидуальность развития, ущерба и возможности снижения риска и тяжести последствий в будущем. Относительно Чернобыльской АЭС, выведенной из эксплуатации, проблема, как отмечалось выше, состоит в поддержании изоляции саркофага. В отношении интенсивно восстанавливаемой Саяно-Шушенской ГЭС ситуация неоднозначна. Истоки и причины аварии на гидроагрегате №2 позволяют сделать по ней два основных вывода. Во-первых, подобная авария возможна при последующей эксплуатации станции на любом из десяти агрегатов и особенно в зоне левого примыкания. Во-вторых, сама плотина не гарантирована от развития разрушительных деформаций. Для обоснованной оценки реальной ситуации и возможных вариантов ее дальнейшего развития требуется проведение специальных исследований по диагностике геодинамической активности территории станции, предусмотренных СП 11-104-97 [7].

1.2 Современные требования к изученности геодинамической активности площадок размещения объектов недропользования

1.2.1 Термины и понятия

В целях исключения неоднозначности понимания результатов исследований, выполненных в данной работе, целесообразно уточнить основные термины и понятия, используемые в тексте. Некоторые из них использовались ранее в Федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии [11,13], в ведомственных нормативно-технических документах Министерства атомной энергии [14, 15] и других ведомств, организации и учреждения которых привлекаются к выбору безопасных площадок размещения объектов недропользования [12]. Другие термины и понятия вносятся вновь на основе сложившихся понятий и терминов в науках о Земле.

Активный разлом – крупное тектоническое нарушение, по которому на основе геологического строения установлены вертикальные и горизонтальные смещения и при проведении изысканий инструментально фиксируются современные геодинамические движения земной коры.

Внешние явления и процессы – все явления процессы природного и техногенного происхождения, способные оказать влияние на безопасность объектов (геологические, гидрогеологические, гидрологические, метеорологические, землетрясения, активные тектонические процессы и современные геодинамические движения земной коры).

Геодинамическая активность – уровень современных геодинамических движений земной коры трендового и цикличного короткопериодного типа, формирующих напряженно-деформированное состояние массива горных пород и определяющих изменение его параметров во времени.

Иерархически блочная структура массива горных пород – иерархическая взаимосвязь геометрических параметров структурных элементов массива горных пород, определяемая модулем вложения структурных блоков низкого иерархического ранга в структурные блоки следующего более высокого иерархического ранга, колеблющемся по разным оценкам от 1:2,3 до 1:3,5.

Катастрофа – нарушение нормального хода технологических или природных процессов и явлений, сопровождаемое последствиями глобального или регионального масштабов, сопряженных с нанесением невосполнимого урона окружающей среде, с многочисленными человеческими жертвами, прямыми экономическими потерями и затратами на ликвидацию последствий, возникающее по причинам природного и техногенного происхождения.

Мониторинг – система наблюдений за процессом (явлением, фактором) природного или техногенного происхождения, состоянием окружающей среды, объекта, также оценка и прогноз их изменений и развития.

Площадка строительства объекта недропользования – территория, на которой размещаются все основные и вспомогательные сооружения объекта.

Район размещения объекта недропользования – территория, включающая конкурентные площадки строительства и альтернативные пункты размещения, на которой проявляются или могут проявляться явления, процессы или события, способные оказать влияние на безопасность объекта.

Разлом – крупное тектоническое нарушение в иерархически блочной структуре массива горных пород, определяющее геологическое строение верхней части земной коры, по, крайней мере, в пределах площадки строительства и за ее пределами.

Современные движения земной коры (СДЗК) – современные движения земной коры геодинамического происхождения трендового и цикличного короткопериодного характера, происходящие в настоящее время и прогнозируемые на период срока службы объекта.

Тектоническое нарушение – крупное структурное нарушение массива горных пород, формирующее иерархические блоки определенного ранга, имеющие размеры, сопоставимые с площадкой строительства.

Трендовые геодинамические движения – современные движения земной коры (СДЗК), сохраняющие длительное время относительно постоянными скорости и направления. Преимущественно проявляются по структурным нарушениям различных рангов.

Циклические короткопериодные геодинамические движения – современные движения земной коры (СДЗК), имеющие периодическую знакопеременную направленность, широкий спектр продолжительности циклов от нескольких секунд, нескольких минут, часов, придающий им полигармонический характер.

1.2.2 Изученность современных геодинамических движений

Существования движений земной коры, в том числе ее приповерхностной части и непосредственно земной поверхности, как геологического явления, пожалуй, никогда и никем не оспаривалось, если не считать ушедшую в историю борьбу фиксизма и мобилизма относительно дрейфа материков. Наличие разрывных нарушений в структуре массива горных пород, очевидные вертикальные и горизонтальные смещения по ним, иногда на сотни километров по крупным разломам как, например, Сан-Андреас в

Калифорнии, не оставляли места для сомнений, что в геологической истории Земли такие движения существовали.

Иное дело современные движения земной коры внутриконтинентальные, региональные, локальные и их роль в развитии катастрофических ситуаций на различных объектах недропользования. Долгое время современные движения земной коры и земной поверхности рассматривались, главным образом, во взаимосвязи с землетрясениями, на основе чего и были разработаны методики и нормативные документы по сейсмическому районированию и сейсмостойкому строительству. Те же многочисленные аварии и катастрофы, которые происходили на объектах недропользования в сейсмически неопасных районах, трактовались исключительно с позиций технологических нарушений при строительстве и эксплуатации этих объектов. Среди инженерно-геологических факторов выделялись осадки фундаментов, оползневые явления и другие причины, связанные с проявлением силы тяжести.

Коренной пересмотр традиционных взглядов на роль геодинамических факторов и вызываемых ими современных движений земной коры в формировании риска возникновения и механизма развития аварий и катастроф на объектах недропользования произошел в конце XX века. Многочисленные экспериментальные исследования на геодинамических полигонах выявили интенсивные современные движения земной коры в зонах, прилегающих к тектоническим нарушениям, в районах, которые по фактору опасности землетрясений являлись асейсмичными [16]. Эти движения, получившие у Ю.О. Кузьмина (ОИФЗ РАН) название суперинтенсивных современных движений, обладают знакопеременным циклическим характером, проявляющемся на фоне определенной трендовой направленности, высокоамплитудны (до 50-70 мм), в геологических масштабах времени короткопериодны (0,1-1 год) и при этом пространственно локализованы (0,1-1 км) в зонах тектонических разломов различных рангов. Некоторые примеры проявления движений этого вида приведены на рис. 1.5.

Применение дифференциальных технологий спутниковой геодезии в уникальных методиках исследования современных геодинамических движений позволило авторскому коллективу в конце девяностых годов углубить знания о циклических движениях, выявив новый класс циклических короткопериодных современных движений. Они также аномально высокоамплитудны (до 8-110 мм), концентрируются вблизи тектонических нарушений и в зонах самих нарушений и имеют полигармонический циклический характер с продолжительностью циклов гармоник от нескольких секунд, нескольких минут до 1 часа и более. Примеры записей этих движений приведены на рис. 1.6 - 1.10.

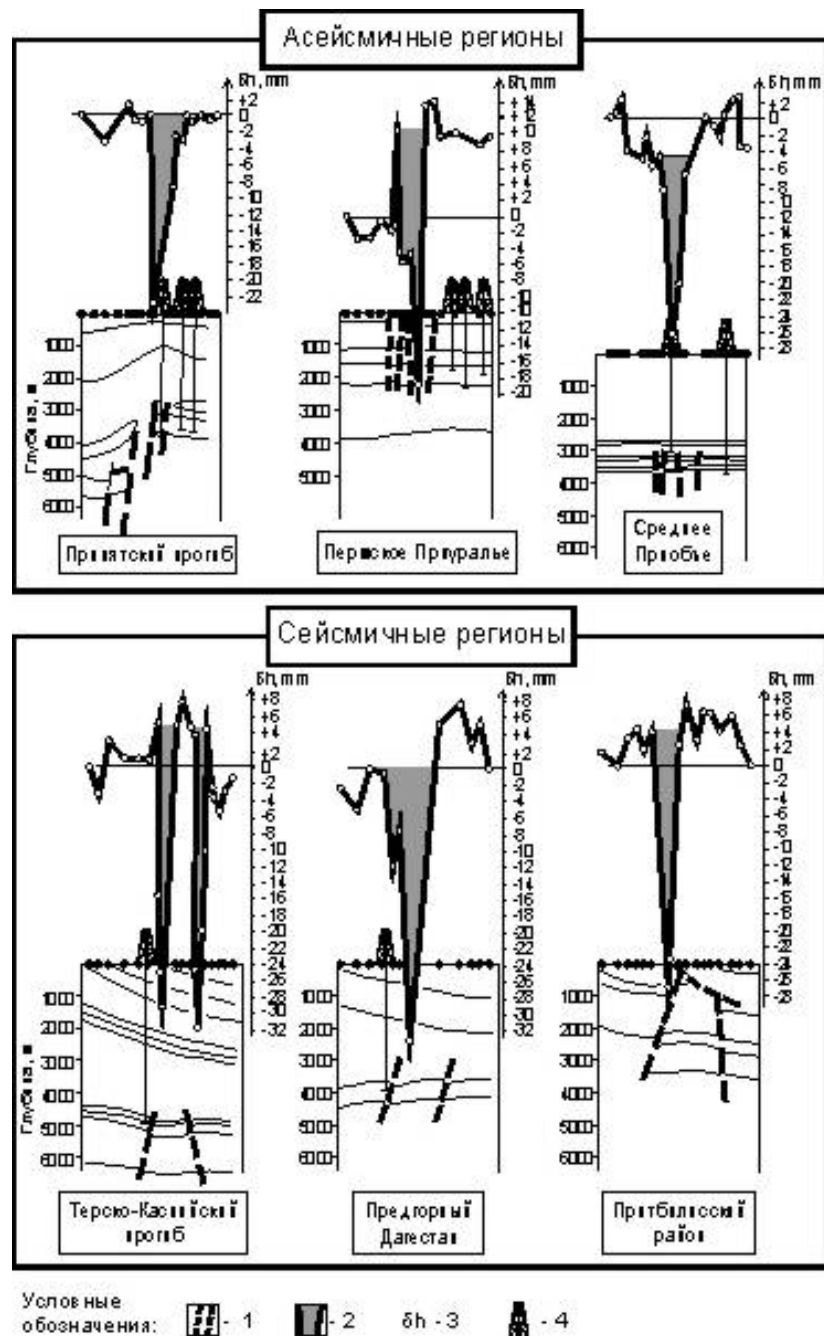
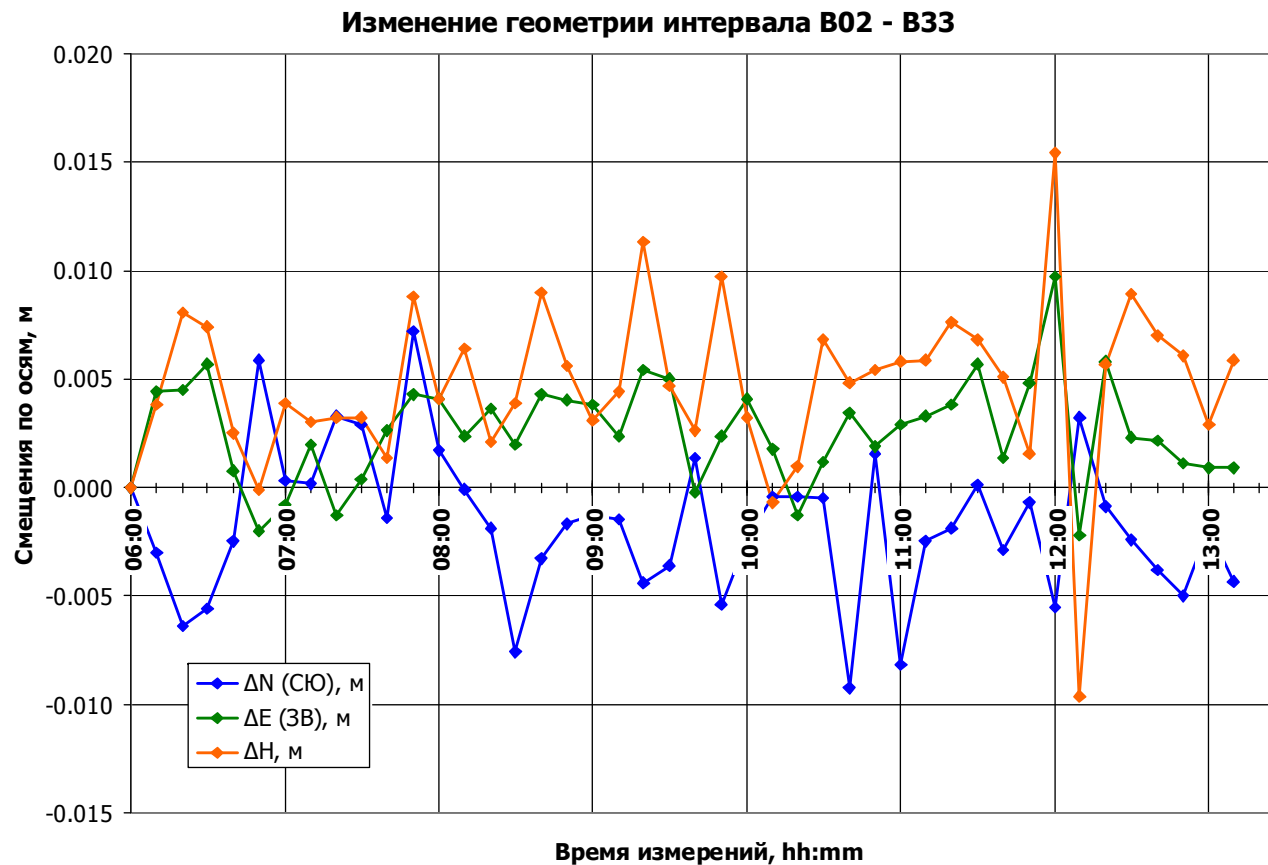


Рисунок 1.5 - Примеры суперинтенсивных движений (по Ю.О. Кузьмину):

- 1 - зоны разрывных нарушений;
- 2 - вертикальные аномальные движения;
- 3 - амплитуды вертикальных движений;
- 4 - буровые скважины

В последнее десятилетие коллективом данной работы при решении проблем предотвращения техногенных катастроф проведены изучения параметров современных трендовых и циклических короткопериодных современных движений земной коры, рассматриваемых в качестве основной причины развития катастроф. Результаты определения параметров современных движений и вызываемых ими деформаций в массиве горных пород приведены в табл. 1.1 и 1.2.



ΔN и ΔE – меридианальные и широтные движения, соответственно;
 ΔH - высотные (вертикальные) движения

Рисунок 1.6 - Пример записи короткопериодных циклических геодинических движений на Коршуновском месторождении (Приангарье, Восточная Сибирь) с интервалом измерения 10 минут

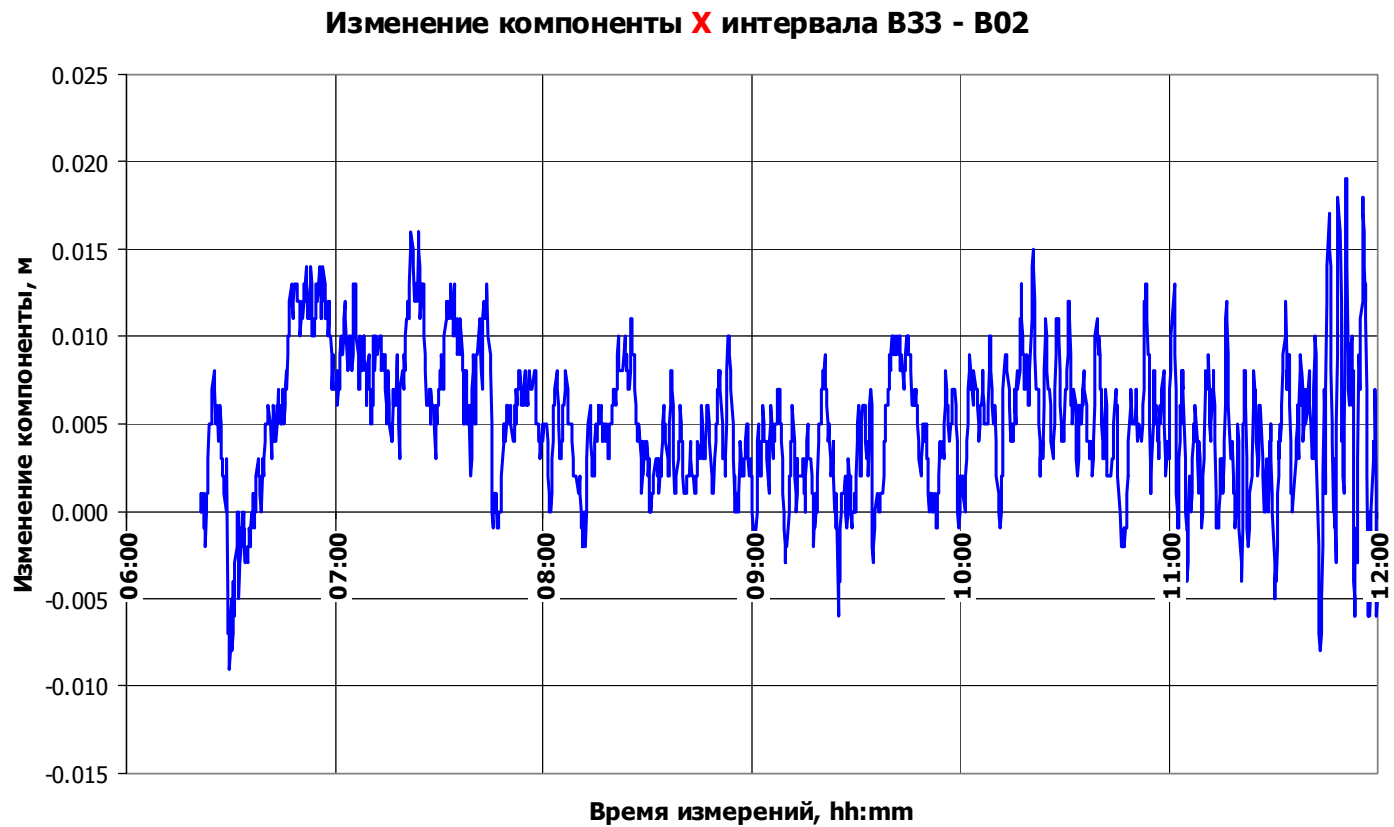


Рисунок 1.7 - Пример записи короткопериодных циклических геодинамических движений на участке (см. рис. 1.6) по меридианальной оси с интервалом измерения 5 секунд

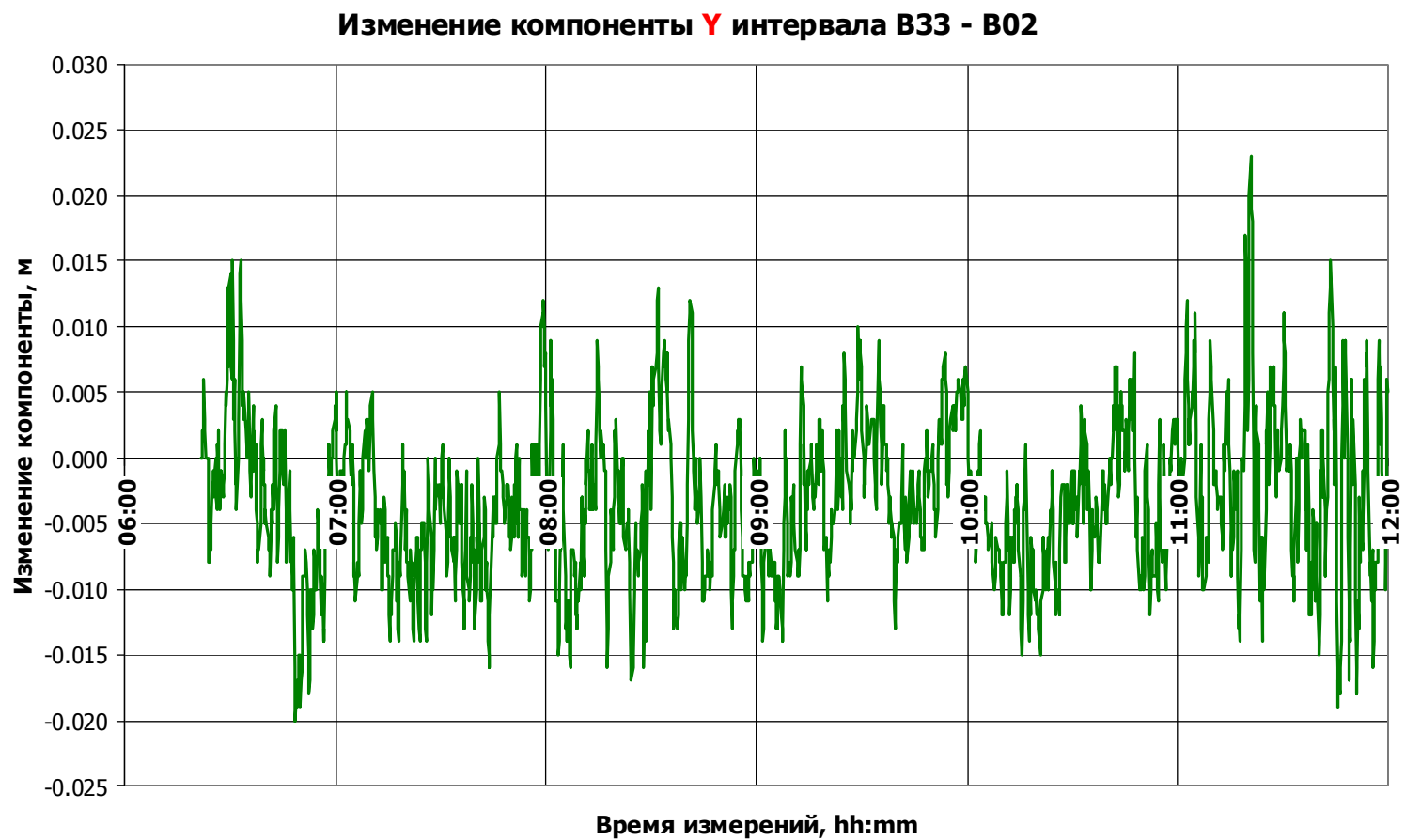


Рисунок 1.8 - Пример записи короткопериодных циклических геодинамических движений на участке (см. рис. 1.6) по широтной оси с интервалом измерения 5 секунд

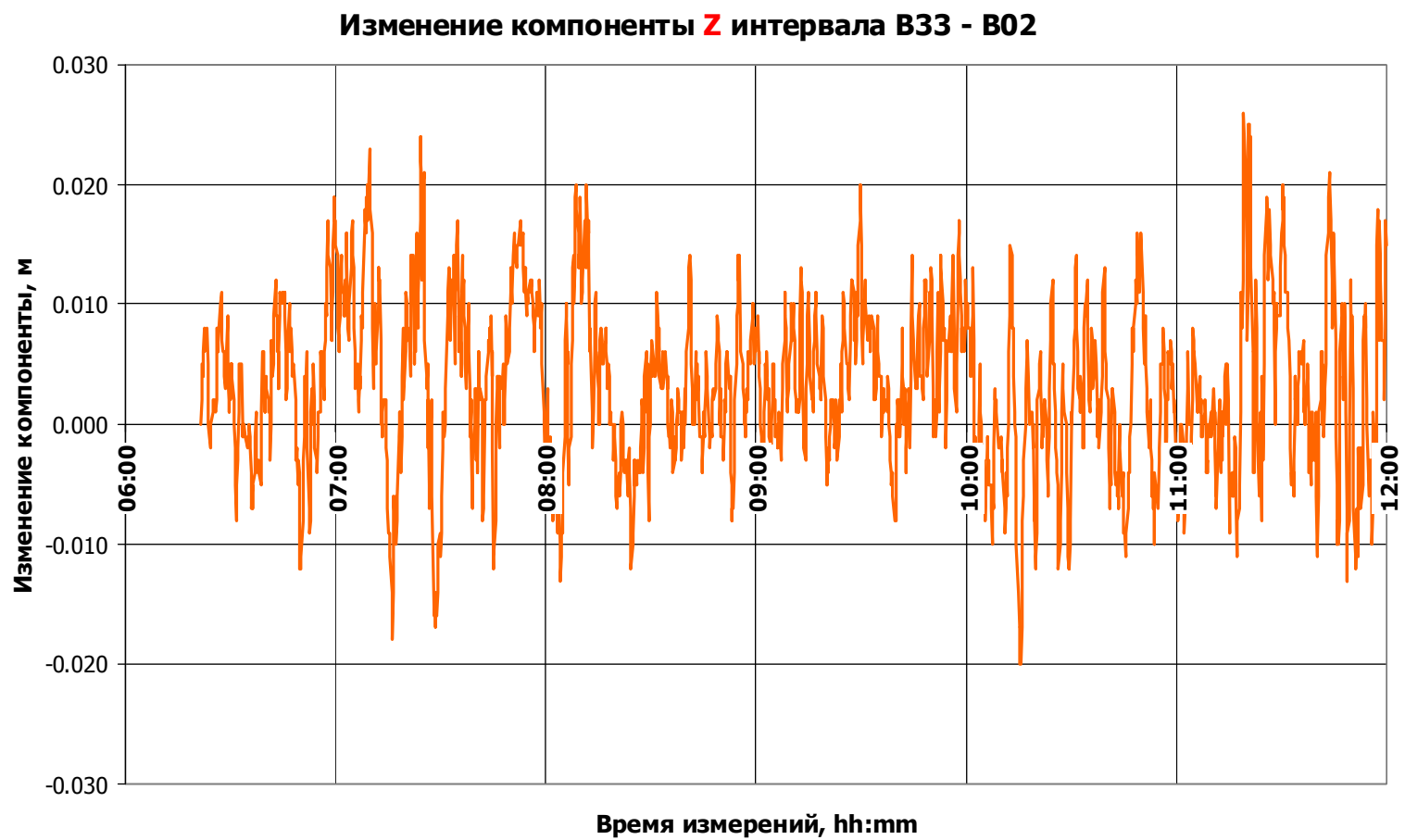


Рисунок 1.9 - Пример записи короткопериодных циклических геодинамических движений на участке (см. рис. 1.6) по вертикальной оси (высоте) с интервалом измерения 5 секунд

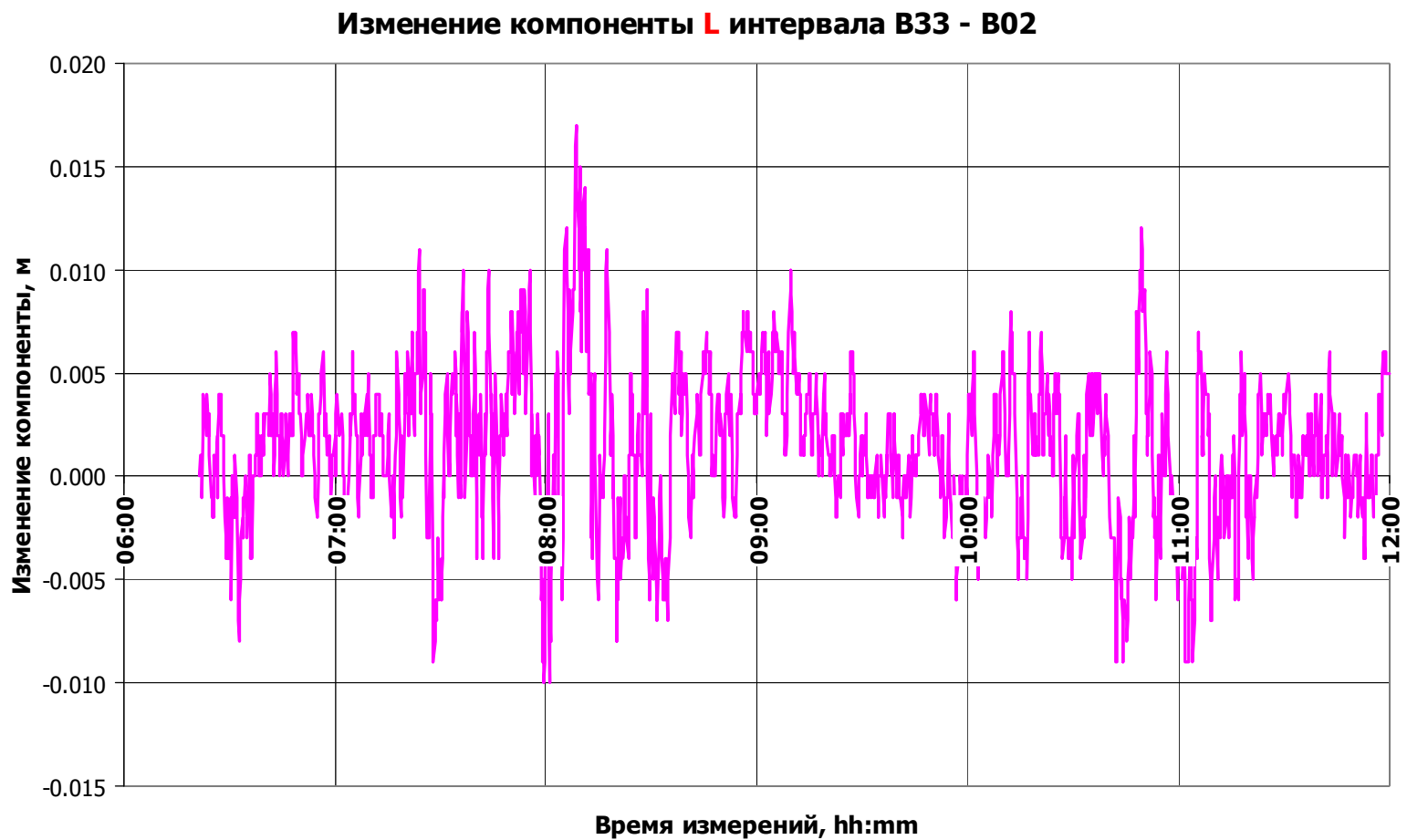


Рисунок 1.10 - Пример записи короткопериодных циклических геодинамических движений на участке (см. рис. 1.6) по полному изменению длины интервала 5 секунд

Таблица 1.1 - Экспериментальные значения параметров современных циклических короткопериодных геодинамических движений

№ п/п	Исследуемый объект (вид наблюдений)	Вид движений	Максимальные смещения, мм		Максимальные деформации, $1 \cdot 10^{-3}$	
			Горизонтальные	Вертикальные	Горизонтальные	Вертикальные
1	2	3	4	5	6	7
1.	г. Сургут, аварийный участок нефтепровода (непрерывные)	Циклические короткопериодные	47	108	1,17	2,69
2.	г. Сургут, аварийные участки подземного канализационного коллектора (непрерывные)	Циклические короткопериодные	57	92	1,03	1,46
3.	г. Каменск-Уральский, активизация карстовых провалов в жилой зоне (непрерывные)	Циклические короткопериодные	8	22	0,08	0,37
4.	г. Еманжелинск, активизация карстовых провалов под газопроводом Бухара-Урал (непрерывные)	Циклические короткопериодные	38	63	0,18	0,17
5.	г. Хромтау, Казахстан, шахта Десятилетия Независимости Казахстана (непрерывные)	Циклические короткопериодные	15	31	0,09	0,22
6.	г. Н.Тагил, шахта Магнитовая, процесс сдвижения (непрерывные)	Циклические Короткопериодные	8	33	0,98	0.16
7.	г. Н. Тагил шахта Естюнинская, процесс сдвижения (непрерывные)	Циклические Короткопериодные	28	61	0,16	0,36

8.	г. Екатеринбург изыскания под высотное здание	Циклические Короткопе- риод-ные	20	27	0,16	0,28
9.	г. Заречный, диагностика площа-дки строительства IV энергоблока Белояр-ской АЭС (непрерывные)	Циклические Короткопе- риод-ные	7	8	1,7	1,4
10.	г. Железногорск- Илимский, Коршуновский карьер (непрерывные)	Циклические Короткопе- риод-ные	31	55	0,13	0,17
11.	г. Касли, диагностика площа-дки строительства Южно-Уральской АЭС (непрерывные)	Циклические Короткопе- риод-ные	30	35	0,12	0,14

Таблица 1.2 – Экспериментальные значения параметров современных длиннопериодных и трендовых геодинамических движений

№ п/п	Исследуемый объект (вид наблюдений)	Вид движений	Максимальные смещения, мм		Максимальные деформации, $1 \cdot 10^{-3}$	
			Горизон- тальные	Верти- кальные	Горизон- тальные	Верти- кальные
1	2	3	4	5	6	7
1.	г. Ясный, Киембаевский карьер (периодические)	Циклические длиннопериодные и трендовые	335	113	0,06	0,04
2.	г. Железногорск- Илимский, Коршуновский карьер (периодические)	Циклические длиннопериодные и трендовые	629	600	1,20	0,29

3.	п. Сараны, Пермской обл., мониторинг положения радиорелейной мачты (периодические)	Циклические длиннопериодические	48	28	0,24	0,14
4.	г. Хромтау, Казахстан, шахта Десятилетия Независимости Казахстана (периодические)	Трендовые	231	74	0,85	0,14
5.	г. Н. Тагил, территория города (периодические)	Циклические длиннопериодические	35	-	-	-
6.	г. Екатеринбург территория города (периодические)	Циклические длиннопериодические	107	-	-	-

Таким образом, в настоящее время экспериментально установлено, что массив горных пород и его земная поверхность испытывают сложный комплекс циклических и трендовых современных геодинамических движений с широким спектром частот и амплитуд. При этом амплитуды циклических движений соизмеримы, а часто и превосходят величины трендовых подвижек.

Важно отметить, что массив горных пород, слагающий и тектонические нарушения, и внутренние области структурных блоков, ограниченных этими нарушениями, находится в непрерывном движении, выступающем в качестве формы существования геологической среды. Практика свидетельствует, что именно данное природное явление – непрерывные движения массива горных пород – является часто причиной аварий и катастроф инженерных объектов как за счет непосредственного превышения допустимых деформаций, так опосредованного – через проявления усталостных эффектов в конструкциях и материалах, а также изменений прочностных свойств породных массивов и грунтов в основаниях объектов, провоцирующих неравномерные оседания. При этом следует учитывать, что весь комплекс современных геодинамических движений, охватывая весь массив горных пород, концентрируется в

зонах тектонических нарушений и проявляет в них преимущественно свои негативные свойства.

Несмотря на важную роль всего комплекса геодинамических движений в обеспечении безопасности ответственных объектов, проведение специальных изысканий по их диагностике не вошло в практику проектирования и строительства опасных объектов. Также и за рубежом, в частности, в США, Новой Зеландии и Японии инженерно-геологические изыскания ограничиваются лишь трендовыми геодинамическими движениями. Циклические компоненты этих движений не учитываются. Причина такого положения заключается в объективной сложности изучения и учета этих факторов, связанная, прежде всего, с пространственной и временной изменчивостью современных геодинамических движений, особенно циклических короткопериодных.

Пространственная изменчивость обусловлена иерархически блочным строением литосферы, вследствие чего на любом локальном участке земной поверхности неизбежно присутствует иерархический набор тектонических нарушений и дислокаций различных масштабных рангов. При этом прямой зависимости между рангом тектонической структуры и ее геодинамической активностью не прослеживается. Часто высокий уровень подвижности фиксируется не только на крупных нарушениях, а также по самому нарушению параметры подвижности распределяются неравномерно.

Все это является основной причиной того, что до настоящего времени не разработана методика диагностики современной геодинамической активности горного массива, пригодная для массовой реализации в практике инженерно-геологических изысканий. Пока же инженерные изыскания по диагностике геодинамической активности доступны для ограниченного круга организаций и не все способны выполнить полный комплекс необходимых исследований.

В период 1995-1999 годов диагностика геодинамической активности проводилась в районах Кольской, Калининской и Ново-Воронежской атомных электростанций [17, 18, 19]. Однако изыскания, проводившиеся на этих станциях, были направлены на изучение геодинамических движений и деформаций как предвестников сейсмических явлений. То есть, они не рассматривались как внешние факторы воздействия, способные непосредственно повлиять на устойчивость и безопасность атомных электростанций. Кроме того, методики исследований предполагали выявление только трендовых современных геодинамических движений. Циклические короткопериодные движения не рассматривались.

В районе Калининской АЭС горизонтальные смещения геодезических пунктов, удаленных друг от друга на 2-12 км, составляло от -4 мм (сокращение интервала) до 15 мм (удлинение интервала) [17]. Максимальные деформации, вызванные этими движениями, составляли до $3,66 \cdot 10^{-6}$ в год. Интересно отметить, что в соответствии с «Руководящим техническим материалом...» [12] предельные допустимые вертикальные деформации определены значением $3 \cdot 10^{-6}$ в год. Но в рассматриваемых работах вертикальные движения не определялись, горизонтальные взаимные смещения пары геодезических пунктов не превышали 15 мм в год, что меньше критерия неблагоприятной площадки в соответствии с НП-032-01 [11], устанавливающими для горизонтальных движений 50 мм в год.

В районе Ново-Воронежской АЭС проведено две повторные серии наблюдений за взаимными горизонтальными смещениями 28 пар геодезических пунктов [19]. В первой серии наблюдений, выполненной через месяц после проведения исходных наблюдений, взаимные горизонтальные смещения парных пунктов составляли от минус 5 мм (сжатие интервала) до плюс 5 мм (растяжение интервала). В пересчете на деформации их величина составила $8,06 \cdot 10^{-6}$. То есть, более чем в два раза превосходит критерий неблагоприятной территории.

Через три года максимальные горизонтальные смещения увеличились до минус 5 мм и до плюс 9 мм, что свидетельствует о непропорциональном времени приращении горизонтальных трендовых движений. Максимальные горизонтальные деформации сохранили свои значения.

Таким образом, диагностика геодинамической активности на площадках размещения Калининской и Ново-Воронежской АЭС, проводившиеся в форме мониторинга за трендовыми горизонтальными движениями, была направлена на дополнительную оценку сейсмологической опасности, не рассматривая деформационные компоненты геодинамических движений. В связи с этим, результаты мониторинга не дают возможности произвести прогнозную и текущую оценку безопасности объектов атомных электростанций.

На Урале изучение современных геодинамических движений осуществлялось на протяжении длительного периода путем проведения высокоточных повторных наблюдений с использованием методик высокоточного нивелирования [20]. Нивелирование проводилось на геодезических пунктах государственной сети. Карта скоростей современных вертикальных движений земной коры Уральского региона, составленная по сети линий повторного нивелирования, проложенных с 1915 года по 1980 год, представлена на рис. 1.11. Интервалы времени между исходными и повторными

нивелированиями составляли от 11 лет до 51 года и в среднем составляли 35 лет. Годовые скорости определялись делением накопленных превышений за период между исходной и повторной нивелировками на продолжительность этого периода.

Скорости вертикальных движений по этим данным, казалось бы, небольшие. Однако последующие исследования на Среднеуральском геодинамическом полигоне в 1983-1986 годах показали существенно более высокий уровень скоростей вертикальных движений.

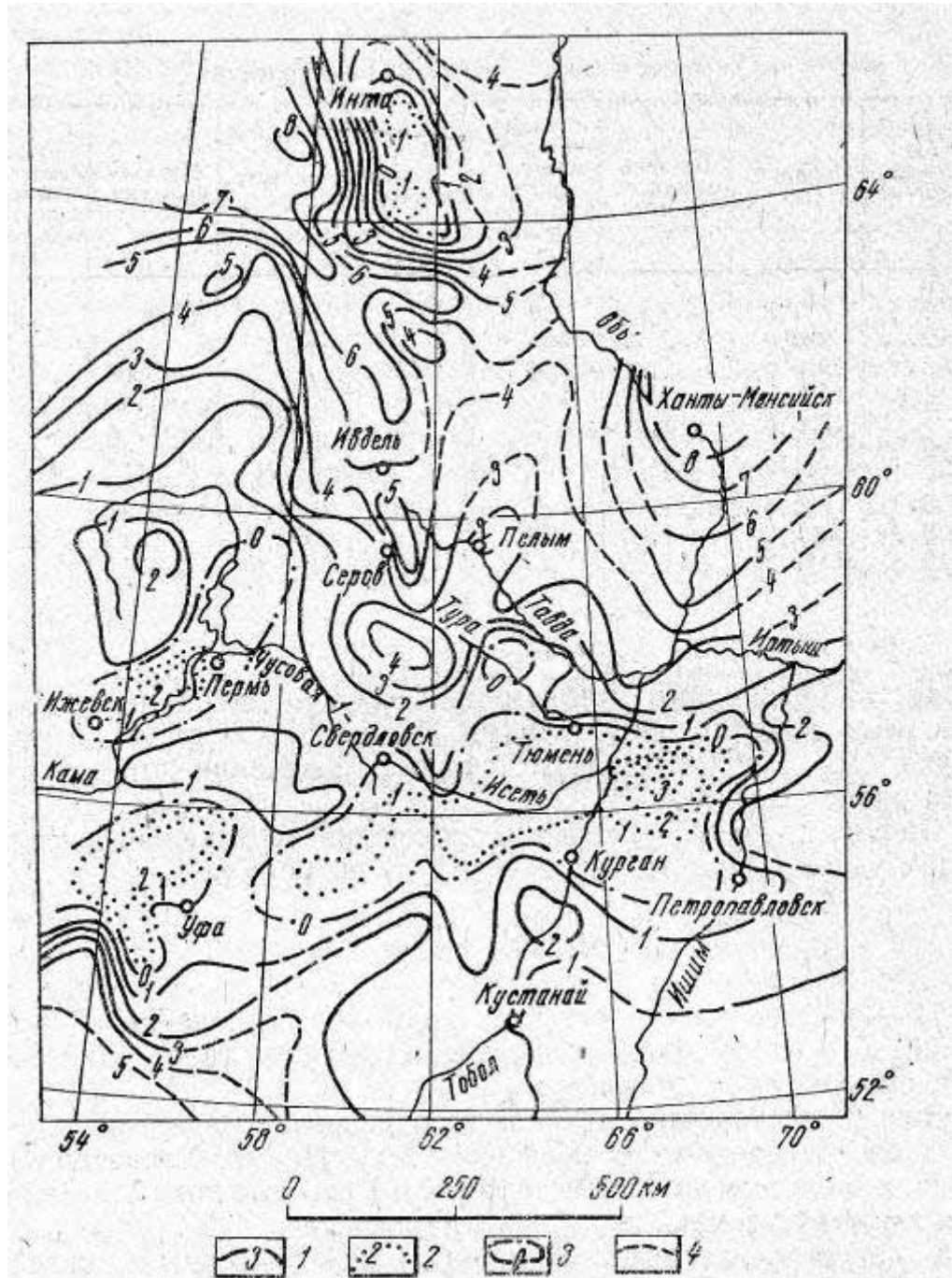
На рис. 1.12 представлены результаты измерений вертикальных движений за этот период. Из анализа этих результатов следует, что за годичный период 1983-1984 годов на участке полигона от пункта 15 до пункта 27 поднятия достигали до 30 мм/год. За следующий двухлетний период происходили оседания по 10 мм/год, а за трехлетний период 1983-1986 годы снова проявились поднятия по 10 мм/год.

Таким образом, из этих результатов вытекает важный вывод, что усредненные скорости за длительный период не отражают действительный характер происходящих за этот период движений. Усредненная скорость за несколько лет сглаживает вариации движений, проявляющиеся в более короткий период. Так по приведенному выше примеру амплитуда вертикальных движений достигает не менее 50 мм, складываясь из годичных поднятий 30 мм и двухлетних оседаний по 10 мм. Поэтому необходимо с особым вниманием подходить к интерпретации этих данных, учитывая, что на объекты воздействуют амплитуды движений.

В 2002 г. ИГД УрО РАН проводились комплексные изыскательские работы по оценке состояния горного массива на площадке основных сооружений IV энергоблока Белоярской АЭС [21]. В составе работы проводились изучения циклических короткопериодных геодинамических движений и отдельно вертикальные движения за период проведения работ.

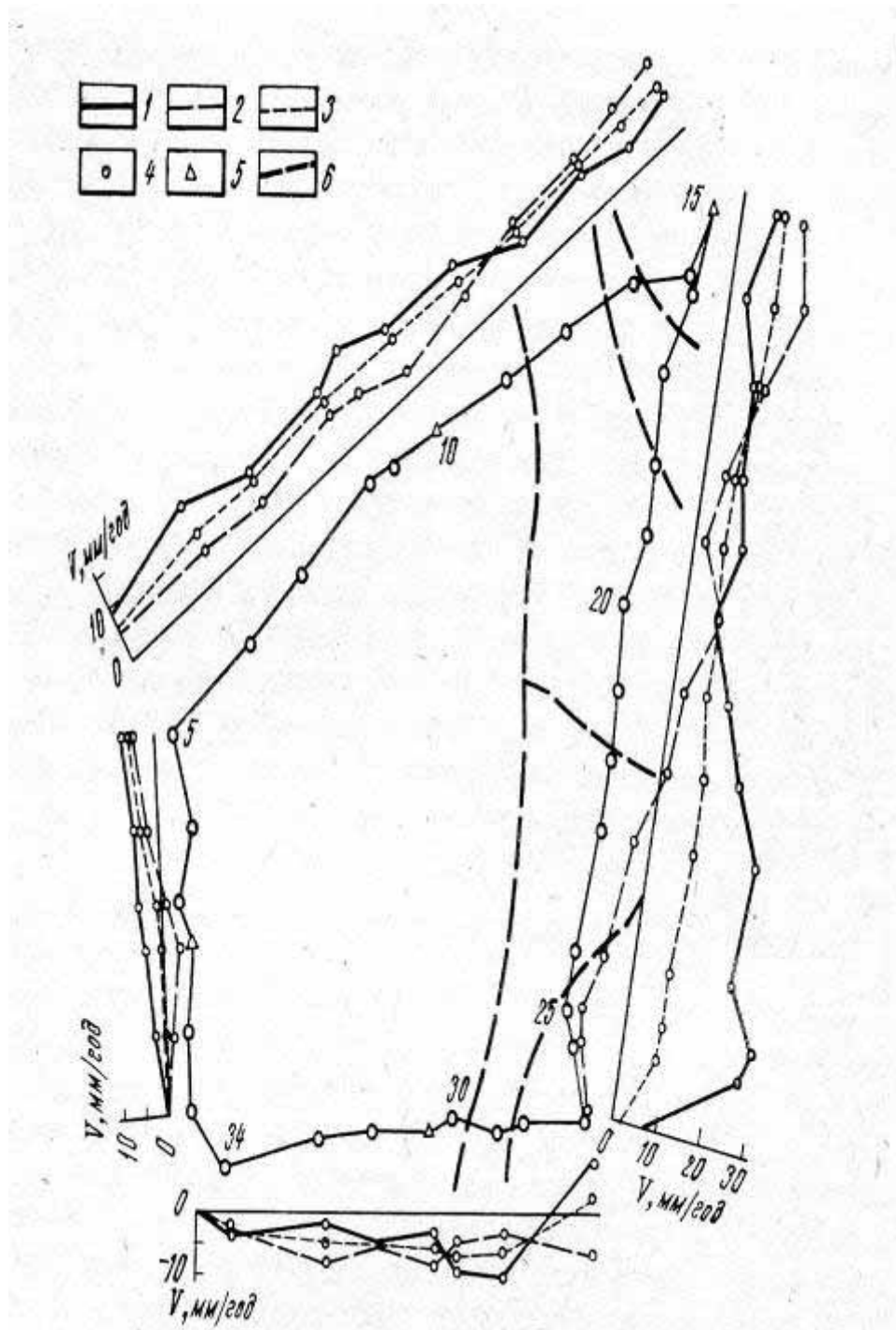
Диагностика короткопериодной геодинамической активности территории строительства главного корпуса IV энергоблока была осуществлена путем постановки шести серий непрерывных наблюдений. Средние значения горизонтальных и вертикальных деформаций по шести сериям составили, соответственно, $\varepsilon = 0,51 \cdot 10^{-4}$ и $i = 0,61 \cdot 10^{-4}$, то есть 61 % от длительного предельного значения ($i=1,0 \cdot 10^{-4}$ [12]). В четырех сериях непрерывных наблюдений на восьми векторах зафиксированы аномальные значения короткопериодных деформаций, превышающие допустимые в 2 раза, а на одном векторе деформации превышали допустимые значения в 9-14 раз. Области аномальных деформаций были локальными, но их наличие свидетельствует, во-первых, о существенной неоднородности деформационного поля, а, во-вторых, о важности

детальных исследований площадки для разработки генерального плана размещения основных объектов станции.



1 - 4 изолинии скоростей вертикальных движений, мм/год:
 1 – положительные, 2 – отрицательные, 3 – нулевые, 4 - неуверенные

Рисунок 1.11 - Карта скоростей современных вертикальных движений земной коры Уральского региона [20]



1 – 1983-1984гг., 2 – 1984-1986гг., 3 – 1983-1986 гг., 4 – нивелирные знаки,
 5 – пункты триангуляции, 6 – тектонические нарушения

Рисунок 1.12 - Графики скоростей вертикальных движений по Средне-Уральскому геодинамическому полигону за периоды

Диагностика трендовых и длиннопериодных вертикальных движений и деформаций территории строительства главного корпуса IV энергоблока осуществлена с применением высокоточного нивелирования по грунтовым реперам. Две серии нивелировок I класса с месячным интервалом выявили, что значения вертикальных деформаций по трем векторам превысили допустимое годовое значение ($3,3 \cdot 10^{-6}$ [12]) и составили $3,5 \cdot 10^{-6}$, $3,8 \cdot 10^{-6}$ и $19,1 \cdot 10^{-6}$. С их учетом среднее значение вертикальных деформаций составило $3,73 \cdot 10^{-6}$, превысив на 10 % допустимое. Без учета деформаций по вектору, деформировавшемуся аномально и по короткопериодным циклическим движениям, среднее значение вертикальных деформаций составило $2,02 \cdot 10^{-6}$, что составляет около 60 % от допустимых.

Таким образом, оба вида исследований современных геодинамических движений, выполненных различными методами и аппаратурой, свидетельствуют о неоднородном распределении параметров деформаций по площади. Поэтому, наряду с оценкой района размещения станции, наряду с выбором пункта строительства, необходимо тщательнейшим образом провести детальные исследования площадки строительства для размещения основных объектов вне аномальных зон концентрации. При проведении работ на Белоярской АЭС возможности смещения главного корпуса уже не было, исходя из стадии строительства.

В целом, исследования в Уральском регионе и в других районах и геологических провинциях свидетельствуют, что повсеместно имеют место трендовые, длиннопериодные и короткопериодные циклические современные движения земной коры, величины которых представляют опасность для устойчивости и безопасности атомных электростанций.

1.2.3 Требования нормативных документов

Требования к учету геодинамической активности и параметров современных движений земной коры при в настоящее время действуют в основном при выборе площадок строительства АЭС и сформулированы в основных нормах и правилах, регламентирующих критерии и требования по обеспечению безопасности при размещении атомных станций [11, 12, 22, 23]. Сложность и многогранность проявления геодинамической активности и недостаточная изученность порождают многозначность критериев требований, которые не всегда отражают сущность процессов воздействия природных геодинамических явлений на основные объекты. В связи с этим, в стратегии

выбора безопасных площадок строительства объектов целесообразно сочетать критерии и требования действующих норм и правил с последними достижениями наук о Земле.

В соответствии с регламентом НП-032-01 [11] пунктом 3.2 не допускается размещать АС на площадках, расположенных непосредственно на активных разломах. Под активным разломом в данном документе понимается тектонический разлом, по которому за последние 1 млн. лет (четвертичный период) произошло относительное перемещение примыкающих блоков земной коры на 0,5 м и более.

При кажущейся, на первый взгляд, конкретности этого критерия, в реальных условиях возникает много неопределенностей. Во-первых, четвертичных отложений, по которым из общего геологического строения участка можно оценить параметры перемещений за четвертичный период, может вообще не быть. Тогда из общего перемещения вычленивать «четвертичное» не представляется возможным. Во-вторых, этот критерий никак не взаимосвязан с современной активностью и с современными движениями земной коры ($0,5\text{ м}/1000000\text{ лет} = 5 \cdot 10^{-4}\text{ мм/год}$ – средняя скорость перемещения). Такая средняя скорость перемещений ничтожно мала в сравнении с реальными скоростями современных движений, приведенными в табл. 1.2.

В связи с этим, для оценки активности разломов необходимы иные критерии, связанные с современными движениями земной коры и с вызванными ими деформациями, способными через деформирование основания нарушить устойчивость объекта. В целом, размещение площадки на более или менее крупном разломе нецелесообразно при любых его параметрах активности и может рассматриваться как исключительный случай. При этом на стадии детального изучения площадки основные объекты должны быть вынесены за его зону, а связующие коммуникации выполнены с соответствующими конструктивными мероприятиями.

Пунктом 3.2 [11] неблагоприятными для размещения АС определяются территории, на которых установлены современные дифференцированные движения земной коры вертикальные – со скоростью более 10 мм/год, горизонтальные – более 50 мм/год. Сразу следует отметить, что эти критерии ничего не определяют из тех явлений и процессов, которые могут повлиять на устойчивость объектов АС. Блоки, на которых будут размещены основные объекты, а, может быть, и вся площадка АС, как локальные участки земной коры без ущерба для АС могут перемещаться и на большие величины. Основу безопасности объектов определяют деформации, происходящие в их основаниях, но приведенные критерии никак их не определяют.

В последующем пункте 4.1.2 рекомендуется определять характеристики тектонической активности:

- амплитуды, скорости и градиенты новейших и современных движений земной коры, параметры возможных подвижек;

- характеристики активных разломных зон (геометрические, амплитуды и направленности смещений по разломам, время последней активизации).

Но и здесь деформации не упоминаются, а по остальным параметрам численные значения не регламентируются.

В НП-050-03 «Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности» [22] пунктом 2.1 подпунктом 1 предусмотрено «выявление в районе и на площадке процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения и оценка параметров внешних воздействий на ЯУ ЯТЦ». Однако не конкретизируются процессы, явления и факторы и, соответственно не регламентируются их допустимые параметры.

Далее, в пункте 2.4 рекомендуется на этапе обоснования инвестиций выполнить предварительную оценку соответствия площадки требованиям безопасности эксплуатации ЯУ ЯТЦ с учетом экстремальных параметров выявленных процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения и их неблагоприятных сочетаний.

По основным критериям и требованиям к безопасному размещению ядерных установок ядерного топливного цикла площадки подразделяются на два вида – благоприятные и неблагоприятные. В соответствии с пунктом 3.1, площадка считается благоприятной при ее размещении в пределах тектонического блока, ненарушенного активными разломами и геодинамическими зонами. При этом геодинамической зоной считается линейный или кольцевой участок земной коры, в пределах которого установлен градиент скорости четвертичных движений 10^{-9} в год и более. Размещение в пределах тектонического блока, ненарушенного крупными разломами, это требование понятно. А критерии «активный разлом» (рассмотренный выше по нормативу [11]) и «геодинамическая зона» (градиент скорости четвертичных движений 10^{-9} в год) ничего реального не характеризуют. Во-первых, критерий «активного разлома» (как отмечено выше средняя скорость $5 \cdot 10^{-4}$ мм/год) ничтожно мал с реальной подвижностью рядового массива. Во-вторых, градиент скорости четвертичных движений 10^{-9} в год по определению должен обозначать изменение скорости движений, а не сами скорости и не вызываемые движениями деформации. И, кроме того, критерий дан без размерности, поэтому не представляется возможности как-либо им воспользоваться.

Неблагоприятными для размещения ЯУ ЯТЦ, в соответствии с пунктом 3.2, считаются линейные геодинамические зоны, в пределах которых установлены дифференцированные тектонические движения в четвертичное время с градиентом

скорости четвертичных движений 10^{-9} в год и более (без проявления активных разломов на земной поверхности). Относительно критерия 10^{-9} в год высказана оценка возможности им воспользоваться в предыдущем критерии благоприятной площадки.

Таким образом, в НП-050-03 [22] отсутствуют критерии современных движений земной коры (СДЗК), а критерии по четвертичным движениям одни ничтожно малы в сравнении с уровнем современных движений, а вторые, по градиентам скоростей, не имеют размерностей.

В НП-064-05 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии» [23] пунктом 2.1 устанавливается номенклатура процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения, которые должны изучаться в районе и на площадке размещения ОИАЭ, в том числе связанные с современной геодинамикой:

- сеймотектонические разрывные смещения, сейсмодислокации, сеймотектонические поднятия, опускание блоков земной коры;
- современные дифференцированные движения земной коры, тектонический крип.

Рекомендуется также пунктом 4.3 обеспечивать безопасность ОИАЭ сопровождением его эксплуатации (организация наблюдений за развитием опасных процессов и реакцией на них систем, важных для безопасности). А пунктом 6.4 рекомендуется осуществлять анализ стойкости зданий от воздействия деформаций, перемещений и прогибов, осадок и крена. Однако численные критерии по допустимым параметрам деформационных процессов отсутствуют.

Численными значениями определены критерии степени опасности процессов, явлений и факторов природного происхождения, приведенные в Приложении 1 [23]. Современные дифференцированные движения земной коры и тектонический крип, проявляющиеся в виде медленных разрывных и складчатых движений, сопровождаемых деформациями пород и подвижками по разрывам, подразделяются на три степени опасности:

I – подвижка по разрыву более или равна 0,3 м; геодинамические зоны с градиентом скорости четвертичных движений 10^{-6} м/год и более;

II – подвижка по разрыву менее 0,3 м; геодинамические зоны с градиентом скорости четвертичных движений от 10^{-9} до 10^{-6} м/год;

III – территории с градиентом скорости четвертичных движений менее 10^{-9} м/год.

Таким образом, этот документ дает критерии, характеризующие степень опасности геодинамических факторов, не разделяя на пригодные и непригодные, благоприятные и

неблагоприятные. Но здесь, как и в предыдущих нормативных документах, речь идет только о четвертичных скоростях. Причем, не о скоростях, а о градиентах скоростей.

По современным движениям земной коры какие-либо критерии отсутствуют.

В ГКИНП-10-186-84 «Руководящем техническом материале по изучению деформаций земной поверхности геодезическими методами на полигонах атомных электростанций» [12] регламентирован предельно допустимый крен оснований зданий и сооружений АЭС, который не должен превышать $1 \cdot 10^{-4}$ за 30 лет или $3,3 \cdot 10^{-6}$ в год. Фактически эти критерии являются единственными деформационными критериями во всей нормативной документации, регламентирующей выбор безопасных площадок размещения и строительства атомных электростанций. Обоснованность их не соответствует реальной подвижности массива горных пород любого участка земной коры. Они ужесточены, по крайней мере, на порядок и в сравнении с данными о фоновой подвижности земной коры, и в сравнении с допускаемыми деформациями для самых ответственных и прецизионных объектов. Кроме крена оснований зданий для ответственных объектов важнейшую роль играют деформации растяжения-сжатия (горизонтальные) и кривизна (вертикальные).

Таким образом, анализ критериев безопасности факторов, обусловленных современными движениями земной коры (СВДЗК) или геодинамической активностью, свидетельствует, что в общих рекомендациях этим факторам отводится важнейшая роль при выборе безопасной площадки и дальнейшей эксплуатации атомных электростанций. Однако слабая изученность современных движений привела к тому, что подавляющее большинство используемых критериев относится не к современным, а к четвертичным движениям, источником информации о котором служит геологическое строение района. И, конечно, практически полностью отсутствует регламент по допустимым деформациям: растяжение-сжатие; наклон (крен); кривизна. Именно они определяют состояние объектов.

На более современном уровне критерии пригодности и выбор площадок для особо сложных и уникальных сооружений (I и II уровней ответственности, в том числе АЭС) регламентированы в общестроительном Своде правил СП 11-104-97 [24]. Кроме рекомендаций пунктов 6.8, 7.2 и 9.1 проводить специальные геодезические измерения движений земной поверхности в районах развития современных разрывных тектонических смещений (РТС) при изысканиях для строительства технически особо сложных и уникальных объектов, в данном нормативе в разделе 10 в подразделе «Районы современных разрывных тектонических смещений» сформулирован детальный регламент инженерно-геодезических изысканий по их определению.

Регламентом предусматривается:

- определение и выявление на основе геодезических наблюдений активности (скорости) РТС и ориентировки смещений (подвижек);

- прогноз развития смещений на период эксплуатации объектов.

По ориентировке и скорости РТС подразделяют на следующие виды:

- криповые движения с постоянным знаком (в одном направлении) и примерно с постоянной скоростью;

- квазипериодические движения с периодом до одного года и более;

- короткопериодные импульсные подвижки с возвращением во многих случаях в первоначальное (или близко к нему) положение за период от нескольких часов до одного и более месяцев;

- мгновенные сейсмогенные.

Опасные значения смещений для особо сложных и уникальных сооружений (I и II уровней ответственности) регламентируются ведомственными нормативными документами.

Предельно допустимые (за весь срок службы объекта) деформации в основании объектов массового строительства согласно Примечанию к пункту 10.67 [82] не должны превышать:

- горизонтальное растяжение или сжатие – 1 мм/м;

- наклон – 3 мм/м;

- радиус кривизны – не менее 20 км;

- уступ – 10 мм;

- относительная неравномерность осадок – 0,006;

- крен фундамента – 0,005.

Для атомных станций предельно допустимый крен (наклон) в основании реакторных отделов АЭС составляет 0,001 или 1 мм/м, а при особых воздействиях 0,003 или 3 мм/м.

Таким образом, выбранные под строительство площадки должны удовлетворять этим критериям. Смещения и деформации, превышающие приведенные величины, считаются опасными для сооружений.

1.3 Механизм воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования

Воздействие современных геодинамических движений на объекты недропользования реализуется через деформирование массива горных пород в основании объекта, которое определяется двумя фундаментальными свойствами массива горных пород. Первое характеризует его структурные особенности – иерархически блочное строение. Второе – нахождение массива горных пород в постоянном движении, обеспечиваемом трендовыми и циклическими полигармоничными современными геодинамическими движениями.

Эти два свойства массива горных пород порождают два противоположных явления, проявляющиеся в естественном состоянии массива и в областях техногенного воздействия на него:

- деструкцию массива горных пород, следствием которой является дискретный характер распределения деформаций;

- самоорганизацию, формирующую в деструктурированном иерархически блочном массиве консолидированные блоки, включающие структурные блоки различных рангов, сохраняющие относительную целостность и свойства, близкие к сплошной среде.

Внутренние области и граничные зоны консолидированных блоков существенно разнятся в параметрах и характере деформаций, порождаемых современными геодинамическими движениями. Границы являются зонами концентрации геодинамических движений и деформаций. Во внутренних областях уровень деформаций существенно ниже и распределяются они относительно равномерно.

В связи с этими особенностями поведения и деформирования иерархически блочного массива горных пород, задача выбора безопасных площадок строительства сводится к выявлению консолидированных блоков. Объекты, оказавшиеся на границах консолидированных блоков, подвергаются повышенному уровню деформирования и могут потерять свою устойчивость.

1.3.1 Иерархически блочное строение массива горных пород

Исследования и открытия последних десятилетий показали, что массив скальных горных пород имеет иерархическое строение. Физической основой для этого служит установленный в 1940-е годы исследователями в России [25] и за рубежом [26] закон логарифмически- нормального непрерывного распределения размеров твердых тел при дроблении. Закон этот хорошо вписывается в теоретические положения математической статистики, согласно которым распределение указанного вида имеет место в тех случаях,

когда каждое последующее наблюдаемое случайное значение само в свою очередь составляет случайную долю предыдущего значения. Многочисленные натурные исследования [27-32] показали, что этот закон проявляется на всех масштабных уровнях строения литосферы: от микротрещин до глобальных разломов. Установлено, что формирование планетарной трещиноватости любого ранга осуществляется по единым закономерностям, не зависящим от литологических факторов, при этом усредненное расстояние между тектоническими разломами (трещинами) и число структурных блоков, на которые разделяется горный массив, описывается логарифмически-нормальной зависимостью (или гиперболической – в линейном масштабе). По мере накопления фактического материала сформировалось понимание, что существуют преобладающие размерности структурных отдельностей, т.е. их дискретная масштабная иерархичность.

Наличие структурной иерархичности строения литосферы было экспериментально зафиксировано на различных масштабных уровнях и различными методами:

1) Путем анализа размеров структурных отдельностей:

- в отбитой взрывами горной массе [33 - 35];
- в окрестностях подземных выработок [36 - 37];
- в бортах карьеров [38 - 39];
- по спутниковым фотоснимкам и геолого-геофизическому оконтуриванию

крупных тектонических структур [27 - 31, 40 - 43].

2) Путем анализа скачкообразных изменений геофизических характеристик на различных базах:

- амплитуды, времени пробега и формы продольных сейсмических волн [44 - 45];
- спектров и скоростей сейсмоакустических волн [46-48].

В результате экспериментов [51] с хрупкими полимерами было установлено, что разрушение материала происходит при достижении условия

$$(N/L)^{-1/3} = k \approx 3, \quad (1.3.1.1)$$

где N – критическая концентрация трещин для соответствующего уровня разрушения;

L – средний линейный размер структурных отдельностей на данном иерархическом уровне;

k – концентрационный критерий разрушения.

В ходе последующих экспериментальных исследований [49 - 51] было установлено, что величина k находится в пределах 2 - 5 при различном виде напряженного состояния и свойств материалов, в том числе и для горных пород, в диапазоне размеров от 10^{-8} м до 10

км. В работе [52] было показано, что этот критерий является универсальным для характеристики разрушения на любом масштабном уровне.

В конце 1970-х годов академиком М.А. Садовским [53 - 55] на основании анализа и обобщения большого числа натуральных данных о структуре материи "от пылинок до планет" было установлено, что распределение структурных отдельностей по размерам имеет полимодальный характер на любом масштабном уровне, причем отношение соседних мод находится в интервале от 2 до 5 при среднем 3. Иными словами, распределение преобладающих размеров L структурных блоков любых соседних иерархий, например $\dots i-1; i; i+1\dots$, подчиняется закону, близкому к геометрической прогрессии

$$L_i / L_{i-1} = L_{i+1} / L_i = k, \quad (1.3.1.2)$$

где $k \approx 3$ - коэффициент вложения блоков, не зависящий от масштабов, физических свойств материала и генезиса структурных отдельностей.

В настоящее время встречающиеся в литературе уточнения и критика основных положений Садовского, как правило, направлены на дальнейшую детализацию иерархического строения, во всяком случае для массивов скальных горных пород. Так, например, согласно исследованиям ИГД СО РАН [36,39], неопределенность линейного коэффициента вложения структурных блоков в диапазоне от 2 до 3 объясняется некорректностью отнесения части блоков не в свой иерархический ряд вследствие неопределенности коэффициента их формы. Обосновывается фактическая величина коэффициента вложения, близкая к 2, при этом усредненные размеры Δ_i геоблоков i -го иерархического уровня увязываются с диаметром ядра Земли $\Delta_0 = 2500$ км:

$$\Delta_i = (\sqrt{2})^i \Delta_0, \quad (1.3.1.3)$$

где i – иерархические уровни, задаваемые с отрицательными значениями.

Положение о структурном коэффициенте вложения, близком к 2 – 3, находит подтверждение и в ряде недавно открытых геомеханических эффектов, установленных в результате экспериментальных исследований разнообразных геофизических характеристик, а именно:

- знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия (волны маятникового типа, геомеханические квазирезонансы и пр.) [56];
- зональной дезинтеграции массива вокруг подземных выработок [57];
- иерархичности энергетики землетрясений [58];
- иерархичности геологических и сейсмических циклов [59];

- иерархичности раскрытия трещин [60].

Во всех случаях в различных условиях и формах фигурируют коэффициенты иерархичности, близкие к 2 - 3.

К сожалению, до настоящего времени нет общепризнанного теоретического обоснования указанных особенностей иерархически-блочного строения твердых тел. Академик Е.И. Шемякин [61 - 62] обосновывает шаг структурной иерархии, равный 3, как отражение трехмерности нашего пространства. В работах М.В. Курлени и В.Н. Опарина иерархический ряд геоблоков увязывается, с одной стороны, как уже отмечалось, с диаметром ядра Земли [36], с другой – с атомно-ионными радиусами и межъядерными расстояниями в молекулах основных породообразующих элементов [63].

Детальное рассмотрение этого вопроса не входит в задачу настоящей работы. Однако из комплекса представленных выше фактов следует практическое следствие, важное для рассматриваемой задачи – учета процессов подвижек структурных элементов скального массива выбираемых площадках. При существующем в реальных горных массивах коэффициенте вложения иерархических структур очевидна невозможность избавиться от необходимости учета дискретности деформируемой среды путем выбора подходящего масштаба. Каким бы ни был выбран этот масштаб при коэффициенте иерархичности порядка 2 – 3, в среде всегда будут присутствовать структурные неоднородности сравнимого с этим масштабом иерархического уровня и, таким образом, условие однородности выполняться не будет.

Однако деструкция массива горных пород на иерархически блочную среду не создает тупиковой ситуации в выборе благоприятной площадки размещения объектов «в пределах тектонического блока, не нарушенного активными разломами и геодинамическими зонами», как это рекомендуется пунктом 3.1.2) НП-050-03 [22]. Выход из этой ситуации обеспечивает способность иерархически блочного массива в условиях постоянной геодинамической подвижности к самоорганизации и формированию консолидированных блоков, ведущих себя как относительно целостная система, не нарушенная активными подвижками тектонических структур.

1.3.2 Самоорганизация иерархически блочной среды

Теоретическая база модельных представлений о явлении самоорганизации основывается на рассмотрении деформируемой иерархически блочной среды в виде динамической системы, в которой непрерывно протекают процессы перераспределения и трансформации поступающей извне энергии, в результате чего постоянно происходит перестройка ее блочной структуры с определенной направленностью и темпом. В термодинамике такие системы именуют открытыми неравновесными или диссипативными, поскольку в них имеет место явление диссипации: переход энергии упорядоченного процесса в энергию процесса неупорядоченного. При этом, вследствие стремления деформируемой среды к уменьшению энтропии, формируются упорядоченные каналы для эффективной диссипации поступающей извне энергии, т.е. происходят процессы самоорганизации среды. Создается иерархия определенных временных и пространственных структур, именуемых диссипативными, которые находятся в состоянии динамического равновесия, т.е. постоянно мигрируют, разрушаются, вновь формируются.

Изучением процессов образования и развития диссипативных структур в энергетически открытых системах занимается синергетика (неравновесная термодинамика) – молодая наука, основанная четверть века назад немецким физиком-теоретиком Германом Хакеном [64]. В качестве основных объектов синергетики выступают жидкие и сыпучие среды, поскольку пространственно-временные масштабы происходящих в них процессов структурирования более благоприятны для исследований, чем в газах и деформируемых твердых телах. В геомеханике, также в основном применительно к сыпучим горным массивам, в последние десятилетия XX века выполнен ряд перспективных работ, в частности [65 - 67]. К этому же направлению следует отнести исследования, авторы которых не употребляли термины "диссипативный" и "синергетика", но в процессе которых было зафиксировано формирование упорядоченных структур в сыпучих и мелкоблочных искусственных средах: в гранулированной фотоупругой резине [68 - 69], в различного рода песчаных массивах [70 - 72] (включая временные структуры [73], в натуральных условиях в шахтной закладке [74].

Работ, посвященных диссипативному структурированию деформируемых твердых тел, существенно меньше. В основном исследования проводятся в рамках физики твердого тела на микро- и мелкомасштабных макроуровнях при деформировании поли- и монокристаллов [75 - 76]. Изучаются процессы возникновения и развития пространственно-временных структур в форме трехмерных объемов (блоков, ячеек, дислокационных "вихрей"), не упруго и зачастую знакопеременно смещающихся

относительно друг друга. Параметры диссипативных структур описываются нелинейными уравнениями типа кинетических, построенными на статистической основе. Процесс структурирования трактуется как с позиции фрагментации сплошной среды, так и с позиции консолидации (кластеризации) отдельных объемов дискретной среды. Различие между подходами имеет сугубо методологический, а не физико-мировоззренческий смысл, поскольку все твердые тела, даже монокристаллы, являются по существу физически дискретными образованиями.

Представление о горных массивах как о термодинамически открытых неравновесных самоорганизующихся системах было сформировано еще в конце 1970-х начале 1980-х годов в трудах М.А. Садовского, В.Н. Родионова, Г. Николиса и их коллег [53, 54, 77, 78]. По существу в рамках этой же концепции рассматривается массив в работах В.В. Адушкина, А.А. Спивака, Г.Г. Кочаряна, С.А. Козырева, М.В. Курлени, В.Н. Опарина и др. [56, 79 - 85]. Однако до настоящего времени изучение феномена самоорганизации породных структур ограничивалось, главным образом, пространственными и временными масштабами геофизических исследований: при взрывных и вибрационных воздействиях на массив.

Между тем явление диссипативного структурирования скального породного массива в форме процесса взаимного смещения консолидированных породных блоков проявляется и на более крупномасштабных пространственно-временных уровнях: при энергетическом воздействии техногенного поля статических напряжений, формирующегося вокруг подземных выработок, выработанных пространств и зон обрушения шахт в процессе ведения горных работ. Причем интенсивность этих проявлений такова, что они имеют практическую значимость для решения геотехнологических задач. Размеры консолидированных структур соизмеримы с размерами подземных выработок, а амплитуда относительных взаимных деформаций составляет, по крайней мере, $\Delta\varepsilon = \pm 10^{-4}$ или $\pm 0,1$ мм/м (при решении задачи деформирования сплошной упругой среды с модулем 10 ГПа такая амплитуда будет соответствовать добавочным напряжениям ± 1 МПа).

На реальность такого предположения указывает, в частности, феномен дискретности проявлений механизма разрушения и деформирования горного массива на всех уровнях, вплоть до самых крупномасштабных (из числа техногенных), фиксируемых при инструментальных маркшейдерских исследованиях процесса сдвижения земной поверхности в окрестностях зон обрушения шахт [86 - 88].

В рассматриваемой задаче выбора безопасных площадок размещения объектов недропользования процессы самоорганизации имеют еще большие масштабы и

определяются явлениями диссипативного структурирования, инициируемого энергетическим воздействием геодинамических движений трендового и циклического характера. Эти движения поддерживают массив горных пород в постоянном движении и обеспечивают непрерывную энергетическую подпитку.

Однако даже просто выявление указанных процессов диссипативного структурирования в природных условиях сопряжено со значительными трудностями, связанными с необходимостью проведения многолетних мониторинговых инструментальных замеров деформаций массива на больших базах. Поэтому ни в России, ни за рубежом систематических исследований в этом направлении до сих пор не проводилось.

1.3.3 Закономерности распределения геодинамических движений и деформаций в иерархически блочной самоорганизующейся среде

Воздействие геодинамических движений и деформаций на основания сооружений зависит от их уровня и распределения параметров по деформируемой иерархически блочной среде массива горных пород. Как следует из предыдущих разделов 1.3.1 и 1.3.2, деформационные процессы, а следовательно, и распределение параметров деформаций по иерархически блочному массиву определяется двумя противоположными по своей сути явлениями – деструкцией и самоорганизацией.

Явление деструкции разделяет массив на множество отдельных блоков различных рангов и обеспечивает, в целом, дискретный характер распределения деформаций на всех уровнях иерархической блочности массива. Большая часть смещений и соответствующих им деформаций массива горных пород реализуется за счет межблоковых подвижек. Остальная часть деформаций происходит внутри структурных блоков в виде внутриблочных подвижек и деформаций. Учитывая принцип иерархичности, следует иметь в виду, что внутриблочные смещения и деформации будут также формироваться за счет межблочных подвижек блоков более низкой иерархии. То есть, казалось бы, что распределение смещений и деформаций от одного уровня к другому должно иметь какие-то равномерные коэффициенты пропорциональности. В этом случае действительно было бы трудно выбрать благоприятные площадки и обеспечить безопасность и устойчивость ответственных сооружений.

Однако противоположное деструкции явление самоорганизации, возникающее в условиях переменного напряженно-деформированного состояния и постоянной подвижности под воздействием трендовых направленных и мерцающих циклических полигармонических геодинамических движений, вызывает возникновение

консолидированных блоков, включающих блоки разной иерархии. В массиве горных пород, представленном такими блоками, основная часть смещений и деформаций выражается межблочными подвижками между консолидированными блоками, а меньшая часть происходит в виде внутриблочных смещений и деформаций.

Экспериментально установлено, что в зонах межблочных подвижек у границ консолидированных блоков происходит концентрация геодинамических движений и деформаций по отношению к средним интегральным значениям параметров в этом районе [89]. Коэффициенты концентрации в граничных межблочных зонах составляет $3,0 \pm 0,3$. Внутри консолидированных блоков внутриблочные движения и деформации соотносятся с средними интегральными значениями через коэффициент $0,5 \pm 0,06$.

Таким образом, объекты, расположенные в пограничных межблочных зонах испытывают воздействие повышенных деформаций, а во внутренних зонах консолидированных блоков – пониженных.

1.4 Мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф

1.4.1 Технология прогнозирования оценки опасности возникновения природно-техногенных катастроф

1.4.1.1 Технология построения геомеханической модели участка недропользования

Прогноз опасности возникновения техногенных катастроф на объектах недропользования является исходным этапом в технологии снижения риска катастроф и начинается с построения геомеханической модели участка недропользования.

На практике обычно встречаются два вида потенциальных аварийных случаев, отличие между которыми заключается в разных уровнях техногенного воздействия. В первом случае техногенная деятельность играет несущественную роль в воздействии на объекты недропользования и аварийные ситуации возникают в результате превышения допустимых деформаций и нагрузок под влиянием естественной геодинамической активности. К этому виду могут быть отнесены здания и сооружения, возводимые на земной поверхности, нефтегазопроводы, транспортные магистрали и другие протяженные объекты, которые сами не вызывают существенных сдвижений и деформаций, способных вызвать разрушение объектов.

Во втором случае в результате техногенной деятельности возникают существенные деформации и нагрузки в объектах, сопоставимые с естественной геодинамической подвижностью и способные самостоятельно или совместно с естественными вызвать разрушение. К этому виду можно отнести объекты, расположенные в областях влияния

открытых и подземных разработок, элементы самих горных работ, в том числе выработки, борта карьеров и другие.

Прогноз риска катастроф в обоих видах потенциально опасных ситуаций начинается с изучения структуры массива горных пород, включающего:

- выявление пространственных элементов залегания тектонических нарушений различных рангов;
- определение параметров тектонических нарушений, свойств слагающих пород, параметров образуемых структурных блоков с учетом иерархии нарушений.

Изучение структуры массива горных пород на участке недропользования производится в два этапа. На первом этапе производится укрупненная оценка тектонического строения. Обычно она осуществляется на основе фондовых геологических материалов или с использованием аэрофотосъемки, космических снимков.

Второй этап диагностики направлен на детализацию тектонического строения массива горных пород, точное определение положения тектонических нарушений, их размеров, состояния слагающих пород. Для этой цели используются геофизические методы: электроразведка в вариантах вертикального зондирования и срединного градиента; спектральное сейсмопрофилирование; георадарное зондирование.

Для задач первого типа, когда имеют место лишь естественные геодинамические движения, построение геомеханической модели ограничивается структурой массива на участке недропользования с учетом состояния и свойств пород.

Во втором типе задача прогнозирования риска катастроф усложняется нарушением первоначального равновесия и формированием вторичного напряженно-деформированного состояния в области влияния техногенной деятельности. В этом случае для прогнозирования риска необходимо определиться с параметрами объектов, в качестве которых могут быть карьеры, выработанные пространства и зоны обрушения от подземных разработок, отвалы вскрышных пород, хвостохранилища и т.п. Кроме того, возникает необходимость определения первоначального естественного напряженно-деформированного состояния, чтобы иметь возможность рассчитать уровень вторичных деформаций и нагрузок, вызванных изменением напряженно-деформированного состояния.

Применение комплекса геофизических методов для изучения структуры массива горных пород позволяет получить необходимую информацию от земной поверхности до глубин 100-150м при оценке поверхностных объектов недропользования. Георадарное зондирование производится до глубины 30-35м, электроразведка позволяет изучить массив до глубин 70-100м и спектральное сейсмопрофилирование на глубины 100-150м.

1.4.1.2 Технология диагностики геодинамической активности участка недропользования

Технология диагностики геодинамической активности включает два вида работ: определение трендовых движений, осуществляемое периодическим переопределением координат реперов специальной наблюдательной станции; определение параметров современной циклической короткопериодной геодинамики путем проведения непрерывных наблюдений за реперами наблюдательной станции.

Оборудование специальной наблюдательной станции производится с учетом выявленной структуры массива горных пород. Реперы закладываются в грунт с таким расчетом, чтобы охватить наблюдениями все основные тектонические нарушения на исследуемой территории.

В исследованиях используются комплекты спутниковой геодезии. Точность измерения смещений двух точек относительно друг друга в зависимости от условий приема, колеблется в пределах 1-3мм.

В проведении непрерывных наблюдений применяются обычно 4-6 приемников одновременно, установленных на реперах наблюдательной станции. При последующей попарной камеральной обработке результатов наблюдений это обеспечивало получение параметров геодинамических смещений и деформаций по 6-13 отрезкам на местности или базам измерения.

В непрерывных измерениях применялся десятиминутный или пятнадцатиминутный режим съема данных. То есть, величины вертикальных и горизонтальных смещений представляли усредненные значения за этот промежуток времени.

Обеспечение высокой точности определения смещений GPS-технологиями достигается также за счет тщательного планирования спутниковых наблюдений. Фирменные программы позволяют заблаговременно оценить такие факторы, как количество видимых спутников, их расположение, значение специального коэффициента PDOP, маску угла возвышения видимых спутников. Учет этих и других факторов позволяет выбрать благоприятное время выполнения экспериментальных работ.

Камеральная обработка измерений производится с использованием фирменного программного обеспечения, поставляемого с приемниками, а также дополнительных программ, разработанных в ИГД УрО РАН и значительно расширяющего возможности комплекса.

В процессе проведения измерений проводится дополнительный контроль за работой всей системы путем оценки точности замыкания треугольников и

четыреугольников, образуемых работающими приемниками. Продолжительность непрерывных наблюдений устанавливается от 5 часов до 24 часов. Разработанная методика диагностики геодинамической активности позволяет произвести оценку параметров геодинамической подвижности по всем основным тектоническим нарушениям участка недропользования с уровнем точности, обеспечивающим надежный прогноз риска разрушения объектов недропользования.

1.4.1.3 Прогнозная оценка риска техногенных катастроф на участках недропользования

Построение геомеханической модели участка недропользования, отражающей структуру массива горных пород, состояние и свойства слагающих пород, а также определение параметров современной геодинамической активности, включающим величины трендовых смещений и деформаций, частоты и амплитуды циклических короткопериодных смещений и деформаций, позволяют выделить потенциально опасные участки по фактору геодинамического воздействия, нормировать ожидаемые дополнительные нагрузки на конструкции объектов, необходимые для принятия мер по предупреждению их разрушения.

Прогнозная оценка риска техногенных катастроф в потенциально опасных ситуациях первого вида производится на основе сопоставления естественных современных геодинамических деформаций с допустимыми для рассматриваемых объектов. Во втором виде ситуаций, когда техногенное воздействие носит значимый характер, в сопоставлении используются суммарные деформации, возникающие под воздействием современной геодинамики и техногенной деятельности. Значения техногенных деформаций определяются в соответствии с методиками, приведенными в работе [90].

1.4.2 Технология снижения риска катастрофы и тяжести последствий

Задача снижения риска техногенных катастроф может решаться на разных стадиях создания и эксплуатации объектов недропользования от проведения изысканий и проектирования и в период эксплуатации действующих объектов. Стадия накладывает определенный отпечаток на состав выполняемых работ, но, в целом, технология выполнения работ остается однотипной.

При проектировании новых объектов недропользования наиболее доступным и эффективным методом снижения риска разрушения объекта является выбор

благоприятного места его расположения. При этом учитывается и естественная геодинамическая подвижность, и техногенные сдвигения и деформации.

Естественно, что этот метод приемлем только в тех случаях, когда имеется возможность варьировать расположением объекта. Но, к сожалению, это не всегда возможно. В стесненных условиях городской застройки, при жестких требованиях технологических процессов и в ряде других случаев смещение места нахождения на благоприятные участки бывает проблематичным или вовсе невозможным. При строительстве протяженных объектов таких, как нефтегазопроводы, транспортные магистрали, инженерные коммуникации также весьма сложно обойти потенциально опасные участки и практически невозможно избежать пересечения геодинамически активных тектонических нарушений.

В этих случаях вынужденным вариантом являются конструктивные меры снижения риска нарушения объектов и снижения вероятности возникновения техногенных катастроф. Конструкция объекта должна быть рассчитана на нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации на неблагоприятном участке.

Таким образом, в качестве пассивных методов снижения риска катастроф выступает выбор благоприятных мест расположения объектов недропользования и изменение конструкции объектов в соответствии с прогнозируемыми деформациями.

Наряду с пассивными методами, имеется также возможность активно влиять на риск катастроф. Это возможно на объектах недропользования с масштабной техногенной деятельностью, где можно варьировать параметрами этой деятельности, используя закономерности формирования вторичного напряженно-деформированного состояния для выбора варианта с оптимальным уровнем воздействия на охраняемый объект.

1.4.2.1 Выбор места расположения объекта недропользования

Выбор благоприятного места расположения объекта недропользования по фактору минимального риска проявления техногенной катастрофы включает следующие технологические процессы:

1. Изучение геофизическими методами участка недропользования с выявлением его структурных особенностей, места нахождения и параметров тектонических нарушений, состояния слагающих пород.

2. Построение геомеханической модели участка недропользования с основными тектоническими нарушениями массива горных пород.

3. Диагностика геодинамической активности участка технологиями спутниковой геодезии GPS с выделением наиболее активных тектонических нарушений и зон.

4. Прогнозная оценка риска техногенных катастроф по всей территории с картированием опасных зон для объектов недропользования.

5. Выбор благоприятных зон расположения объектов, на которых дополнительные деформации и нагрузки от естественных геодинамических процессов не превысят допустимых значений.

В случае масштабной техногенной деятельности прогнозная оценка риска катастроф и картирование опасных зон производится по суммарным деформациям от естественной геодинамики и техногенной деятельности. Расчет техногенных деформаций производится для разных стадий разработки месторождения или другого вида техногенной деятельности. Картирование опасных зон в этом случае производится по максимальным суммарным деформациям. Благоприятные зоны расположения объектов выделяются там, где суммарные деформации не превышают допустимых для объекта значений.

Расчет техногенных сдвижений и деформаций при разработке месторождения может производиться по методикам, приведенным в работе [90].

1.4.2.2 Изменение конструкции объекта недропользования

В тех случаях, когда по тем или иным причинам объекты недропользования вынуждены создавать или эксплуатировать имеющиеся в неблагоприятных условиях и действующие на них современные геодинамические или суммарные смещения, деформации и нагрузки создают опасность разрушения, единственным методом снижения риска является применение мер по конструктивному усилению объектов, обеспечивающему им устойчивость и безопасность эксплуатации в условиях действующих дополнительных смещений, деформаций и нагрузок.

Технология снижения риска катастроф в этом случае включает следующие технологические процессы:

1. Исследование структуры массива горных пород геофизическими методами.
2. Построение геомеханической модели массива горных пород с основными тектоническими нарушениями.
3. Диагностика геодинамической активности с применением технологий спутниковой геодезии GPS и выделение наиболее активных участков.
4. Прогнозная оценка риска катастроф на участках расположения объектов недропользования.

5. Конструирование объектов с учетом величин суммарных деформаций и нагрузок, вызванных современной геодинамической активностью и техногенной деятельностью.

1.4.2.3 Управление техногенными сдвигами и деформациями

В тех случаях, когда естественная геодинамическая активность не представляет опасности для объектов недропользования, а угроза их нарушения возникает лишь от совместного действия с техногенными факторами, имеется возможность, активно влияя на уровень техногенного воздействия, управлять риском катастроф.

Во многих случаях открытой и подземной разработки месторождений параметры вторичного напряженно-деформированного состояния зависят от последовательности разработки месторождения. Используя закономерности формирования вторичного напряженно-деформированного состояния в зависимости от параметров выработанного пространства, можно управлять значениями техногенных деформаций на участках расположения объектов путем применения необходимой последовательности разработки месторождения [90]. Это позволяет активно влиять на риск катастроф.

Кроме управления уровнем воздействия техногенных деформаций на объекты недропользования выбором последовательности отработки месторождения и варьированием параметрами других технологических процессов горного производства, открывается возможность снижения риска техногенных катастроф, проявляющихся в виде техногенных землетрясений.

Источником наиболее вероятных техногенных землетрясений являются зоны с высокими градиентами суммарных деформаций. Они возникают, как правило, в граничных зонах техногенных нагрузок и в зонах моментных нагружений. Риск возникновения техногенных землетрясений в этом случае сводится к технологическим мероприятиям, снижающим уровень градиентов деформаций.

На горных предприятиях необходимого распределения деформаций можно добиться за счет применения внутреннего отвалообразования, за счет придания отвалам специального профиля и других технологических мероприятий, которые представляют собой предмет для патентной проработки.

Выводы по разделу

1. Среди многочисленных аварий и катастроф, вызывающих чрезвычайные ситуации, одно из ведущих мест занимают аварии и катастрофы природно-техногенного

характера в сфере недропользования. Истоками и причинами возникновения наиболее сложных среди них являются процессы и явления, происходящие в массиве горных пород и на земной поверхности под воздействием современных геодинамических движений.

2. Изученность современных геодинамических движений свидетельствует о повсеместной их распространенности в сейсмически активных и асейсмичных регионах. Уровень вызванных ими смещений и деформаций достаточен для нарушения устойчивости и безопасности ответственных сооружений недропользования.

3. Фундаментальными исследованиями выявлены два вида современных геодинамических движений: трендовые, сохраняющие некоторое время направление и скорость движения; циклические полигармоничные, имеющие широкий спектр частот от нескольких секунд до нескольких часов, среди которых наибольшую опасность представляют циклы от 0,5 до 1,5 часов.

4. Современные движения и деформации распределяются в массиве горных пород, имеющем иерархически блочное строение, неравномерно. Механизм их распределения и воздействия на объекты недропользования определяется явлением самоорганизации иерархически блочного массива, находящегося в постоянном движении. На границах вторичных структурных блоков, сформированных явлением самоорганизации, концентрация смещений и деформаций достигает 2 – 3 и внутри вторичных блоков снижается до 0,5 по отношению к усредненным интегральным значениям.

5. Объекты недропользования, оказавшиеся в граничных зонах самоорганизовавшихся блоков, испытывают нештатное воздействие повышенных смещений и деформаций, способных вызвать их разрушение и аварийную ситуацию.

6. Снижение риска природно-техногенных катастроф осуществляется за счет применения следующих мероприятий:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов недропользования на основе проведения диагностики геодинамической активности территории;

- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений, основанных на уровне смещений и деформаций, выявленных в процессе диагностики территории и прогнозных значений на период эксплуатации объекта;

- управление уровнем техногенных смещений и деформаций, вызванных недропользованием.

2 Разработка автоматизированных методов оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ

2.1 Алгоритм расчета количественно-качественных показателей при планировании горных работ на асбестовом карьере

Составной частью подсистемы автоматизированного планирования горных работ в карьере при активном участии горного инженера-технолога и ориентированной на реализацию непрерывного объемно-календарного планирования должна быть методика [91 – 96] количественно-качественных признаков горной массы по видам и сортам по этапам (вариантам текущего состояния) развития горных работ. В качестве обобщенного примера рассмотрен автоматизированный метод оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ на Кiemбаевском асбестовом карьере.

Результаты расчетов оформляются в виде плана горных работ (фактическое и планируемое положение фронта горных работ) при годовом и квартальном планировании и соответствующих таблиц горно-геометрического анализа (табл. 2.1, табл. 2.2). В таблице квартального планирования (табл. 2.1) характеристики приводятся для блоков руды, формируемых в процессе планируемого развития горных работ и характеризующихся одним типом обогатимости. Заданные плановые количественно-качественные показатели готовой продукции по периодам планирования получаются в результате интерактивных расчетов. Таблица годового планирования (табл. 2.2) содержит объемы (количество) горной массы, пустых пород по горизонтам и этапу, а полезного ископаемого дополнительно по залежам. В асбестовой руде по залежам подсчитываются обогатимость (дол. ед.), плотность (т/м^3) и содержание класса –200 меж (%%), общего асбеста (%%), остатков на ситах 2 и 3 (%%), количество асбеста (т) общего, готовой продукции после сита 2 и сита 3, руды легко-, средне- и труднообогатимой. Текущий коэффициент вскрыши ($\text{м}^3/\text{м}^3$, $\text{м}^3/\text{т}$) указывается в Примечании к таблицам.

Дополнительно формируется два вида таблиц. Таблицы первого вида (табл. 2.3) включают пробы, по которым определяются качественные характеристики руды в блоке, второго – пробы, попадающие в зону залежи при планировании развития горных работ. Таблица первого вида формируется для каждого блока и позволяют пользователю проанализировать пробы, использованные для определения добываемого полезного ископаемого, Пользователь вправе добавить или исключить некоторые пробы,

скорректировать значения характеристик, приписанных контуру блока, уточнив их в рамках принятой методики геологического опробования. При повторном формировании

Таблица 2.1 – Объемы и качество руды, подаваемой из карьера на ОФ в I-м (II-м, III-м, IV- м) квартале 20...г.

Отм. гор.	Объем				№ блока	Залежь	Кол-во руды, тыс. т	Обога- тимость, п, дол. ед	Клас- -200 меж, м, %	Плот- ность, d, т/м ³	Содержание, %			Кол-во асбеста, т			Кол-во руды по обогатимости, тыс. т		
	горной массы		пустых пород								асбес- та, а	ост. на сите 2, b	ост. на сите 3, g	общего	после сита 2	после сита 3	легко	средне	трудно
	тыс м ³	тыс.т	тыс м ³	тыс.т															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
xxxx	xxxxx.xx xxxxxxxxx x	xxxxx.xx xxxxxxxxx x	xxxxx.xx xxxxxxxxx x	xxxxx.xx	xxxx	xxxxxxxxxxxx	xxxx.x	x.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xxxxxxx	xxxxxxxx.x	xxxxxxx	xxxx.x	xxxx.x	xxxx.x
...							16	7	8	3	4	5	6	17	18	19	20	21	22
Σ _г	50	50 ¹	51	51 ¹			23	14	15	10	11	12	13	31	32	33	34	35	36
...																			
Σ _г																			
...																			
Σ _г																			
ΣΣ _г	52	52 ¹	53	53 ¹			37	42	43	38	39	40	41	44	45	46	47	48	49

Примечание:

1 Строка Σ_г в колонке «Отм. Гор» соответствует итоговым значениям по горизонтам.

2 Строка ΣΣ_г в колонке «Отм. Гор» соответствует итоговым значениям по всему карьере.

Таблица 2.2 – Итоговая таблица объемов и качества руды, подаваемой из карьера на ОФ в 20... г.

Отм. гор.	Объем				Залежь	Кол- во руды, тыс. т	Обога- тимость, п, дол. ед	Клас- с- -200 меж, п, %	Плот- ность, d, т/м ³	Содержание, %			Кол-во асбеста, т			Кол-во руды по обогатимости, тыс. т		
	горной массы		пустых пород							асбес- та, а	ост. на сите 2, b	ост. на сите 3, g	общего	после сита 2	после сита 3	легко	средне	трудно
	тыс м ³	тыс.т	тыс м ³	тыс.т														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
xxx	xxxxx.xx	xxxxx.xx	xxxxx.xx	xxxxx.xx	xxxxxxxxxx	xxxx.x	x.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	xxxxxxx	xxxxxx.x	xxxxxxx	xxxx.x	xxxx.x	xxxx.x
...						55	64	65	60	61	62	63	66	67	68	56	57	58
Σ _г	50	50 ¹	51	51 ¹		55 ²	14	15	10	11	12	13	31	32	33	34	35	36
...																		
Σ _г																		
...																		
Σ _г																		
ΣΣ _г	52	52 ¹	53	53 ¹		55 ⁴	42	43	38	39	40	41	44	45	46	47	48	49

Примечание:

текущий коэффициент вскрыши ($k_{вск}$, в м³/м³, м³/т) считается по этапу в целом.

таблицы горно-геометрического анализа измененные (уточненные) показатели учитываются при определении количественно–качественных показателей готовой продукции [97 – 99].

Планируемый вариант развития горных работ формируется из совокупности «микроэтапов» и представляется в виде текущего этапа, отражаемого на плане как результат подвигания уступов по горизонтам карьера относительно исходного состояния. Отметки горизонтов соответствуют отметкам подошвы уступов.

Контур блок в границах подвигания уступов формируется из однородных по типу обогатимости руд в пределах одной Залежи. Контуров блоков могут быть односвязными и многосвязными. Контуров блоков однотипных по обогатимости руды не должны пересекаться и соприкасаться в границах одной залежи.

В качестве исходных данных при расчетах используются следующие материалы:

1 Погоризонтные качественные планы с изображением:

- границ асбестовой руды по подошве уступа, исходя из обогатимости (легко-, средне- и труднообогатимые) и принадлежности их к конкретной Залежи;
- контуров верхних и нижних бровок уступов, вскрывающих выработок (в зоне существующего и предельного положений горных работ).

2 На каждом погоризонтном качественном плане заданы в форме атрибутов блоков физические, технологические и качественные свойства горной массы, полученные по данным анализа проб скважин детальной или эксплуатационной разведок. Характеристика проб по скважинам детальной разведки включает номер скважины и содержание асбеста. Атрибуты блока для каждой пробы по скважинам эксплуатационной разведок включают следующие характеристики: номер пробы, номер скважины, плотность горной массы (т/м³), обогатимость (дол.ед.), содержание асбеста в руде (%), остаток на сите 2 (содержание II ситовой характеристики асбеста) (%), остаток на сите 3 (содержание III ситовой характеристики асбеста) (%), содержание класса –200 меж (0.071 мм).

Некоторых из перечисленных характеристик в отдельных пробах могут отсутствовать, о чем свидетельствует наличие в строке соответствующего показателя прочерка (–), пусто (нет записи), аббревиатуры типа <сл> или буквы Х.. В этом случае значение характеристики в расчетах принимается:

при минусе или Х на всех регистрах и языках (русском, английском), а также пусто – нет данных;

– при «сл», «СЛ», «Сл», «СЛ», в том числе и первая буква латинская – равно 0 (ноль);

При отсутствии данных о содержании класса –200 меж принимать содержание класса –200 меж равным 0 (нулю).

Информация в пробах по скважинам детальной разведки включает номер скважины и содержание асбеста (%). Точкой вставки блока являются координаты пересечения оси скважины с горизонтальной плоскостью, проходящей через соответствующую отметку проектного горизонта. Каждая проба имеет координаты XYZ. Координаты X и Y определяются на плане горных работ как пересечение оси скважины с плоскостью горизонта, отметка Z совпадает с подошвой уступа. Характеристики приписаны к подошве уступа и характеризуют качественные и технологические показатели горной массы в вышележащем слое, высота которого равна высоте уступа. Предусматривается контроль показателей при вводе исправленных данных. Для обеспечения правильности ввода данных по пробам необходимо произвести замены:

- пустой атрибут на символ минус (-);
- значение «X» на символ минус (-);
- верхний регистр в значении «СЛ» на нижний регистр «сл».

Символ «СЛ» во всех его комбинациях относится только к показателю «Остаток руды на сите 2».

Информация по обогатимости руд отражается на погоризонтных качественных планах контурами, цвет которых соответствует типу по обогатимости: легкообогатимые (красный цвет), среднеобогатимые (зеленый цвет), труднообогатимые (голубой цвет). При задании «Свойств» руды по обогатимости принята следующая градация: легкообогатимые, среднеобогатимые, труднообогатимые. Каждое рудное тело по обогатимости дополнительно идентифицируется принадлежностью к конкретной залежи (Вершинная, Восточная, Западная, Новая, Основная и другие).

3 Данные опробования группируются по назначению разведочных скважин (детальная, эксплуатационная) и слоям, имя которых соответствуют отметке подошвы уступа (горизонту). Каждая проба характеризуется своими координатами XYZ, что позволяет проводить их привязку к номеру разведочной линии (табл. 2.3).

Проба принадлежит разведочному профилю, если она находится от последнего на расстоянии, не превышающем заданного, что необходимо для отнесения пробы к определенному профилю. Для детальной и эксплуатационной разведок линии профилей одни и те же. Информация о пробе, удаленной от геологического профиля на большее расстояние, сохраняется под названием «Отдельные пробы». Таблица 2.3 обеспечивает визуальный контроль и субъективную корректировку качественных показателей по блокам.

4 Планируемое положение горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом, полученное в результате автоматизированного построения контура отработки. Анализируемый вариант развития горных работ может быть скорректирован пользователем с учетом различных технологических требований, схемы вскрытия, развития транспортной системы карьера, потерь и засорения (изменение положения уступа с целью включения или исключения из планируемого этапа отработки небольших приконтактных зон полезного ископаемого) и других факторов.

Требования к средствам подсистемы автоматизированной оценки объемов горной массы по видам и сортам сводятся к следующим требованиям:

1 Задание в диалоговом окне необходимые данные для формирования планируемого положения фронта работ по горизонтам в текущем этапе: номер этапа, отметка горизонта, ширина площадки, угол откоса уступа, допустимые отклонения по высоте на отдельных участках подошвы уступа, минимально допустимый радиус искривления фронта работ по нижней бровке уступа. Порядок расположения отметок горизонтов в таблице по убыванию (первой располагается отметка подошва верхнего уступа). Выбор всех этапов для включения в таблицу производить из текущего чертежа. Этапы в таблице располагать по возрастанию номера. Структура «Технологических данных по этапам в варианте» представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Форма представления технологических данных по этапам

Этапы	Отм. горизонта, м	Угол откоса уступа, град.	Ширина площадки, м	Мин.доп. радиус, м	Доп. отк. отметки гор., м
xxxxxxxx	xxxx	xx.x	xxx.x	xxx	xx.x
xxxxxxxx					
xxxxxxxx					

2 Корректировка нижней бровки прирезки, а также возможность объединения ранее построенных этапов развития горных работ.

3 Возможность изменения пользователем конечного положения этапа по горизонтам.

4 Для многовариантного анализа развития горных работ необходимо сохранение планируемого положения горных работ, допускающего последующее продолжение вычислений.

5 Формирование исходных данных о блоках (табл. 2.4). В таблицу записываются порядковый номер, отметка подошвы, количество руды, обогатимость руды и принадлежность ее к конкретной Залежи, содержание общего асбеста в руде, остатки готовой продукции на сите 2 (содержанием II ситовой характеристики асбеста) и сите 3 (содержанием III ситовой характеристики асбеста), плотность, показатель обогатимости, содержание класса – 200 меж (показатель промываемости).

Характеристика блока, структура данных и интервалы их изменения представлены в табл. 2.4, 2.5.

Таблица 2.4 – Структура данных по блоку и интервалы их изменения

Наименование	Тип Значения	Возможность изменения	Значения	
			Мин	Мак
№ блока	Целое	Нет	-	-
Нг	Целое	Нет	-	-
Vбл	Веществ	Нет	-	-
Тип	Строка	Нет	-	-
Залежь	Строка	Нет	-	-
Плотность, т/м ³ , d / k ₁	Веществ	Да / Да	2.0	3.0
Сод. асбеста, %, b / k ₂	Веществ	Да / Да	0	75.0
Остаток на сите 2, %, g / k ₃	Веществ	Да / Да	0	75.0
Остаток на сите 3, %, a / k ₄	Веществ	Да / Да	0	15.0
Обогатимость, дол. ед., o / k ₅	Веществ	Да / Да	0	1.00
Содержание кл. -200 меж (промываемость), %, m / k ₆	Веществ	Да / Да	0	75.0

Примечание: Значения коэффициентов обеспеченности k₁, k₂, k₃, k₄, k₅ и k₆ рассчитываются по соответствующим формулам.

Таблица 2.5 – Характеристика проб по блокам отработки

№ пп в блоке	№ пробы	Характеристика проб						
		№ скв	d, т/м ³	b, %	g, %	a, %	n, дол. ед.	m, %
xxx	xxxxxx	xxx	x.xx	xx.xx	xx.xx	xx.xx	x.xx	xx.xx
Номер блока xxx								
Горизонт xxx Разведочный профиль № xxxx								
1...	...	...	...	...	...	...	...	...
N...	...	...	...	...	...	...	...	...
Горизонт xxx Разведочный профиль № xxxx								
N+1	...	...	...	...	...	...	...	...

...
Номер блока xxx								
Горизонт xxx Разведочный профиль № xxxx								
1								
...
N ₁								
Горизонт xxx Разведочный профиль № xxxx								
N+1	...	...	...	...	...	...	....	...

Примечание: Порядковый номер проб по каждому блоку начинать с единицы.

Сущность объемно-календарного планирования горных работ на карьере состоит в распределении объемов добычи полезного ископаемого по горизонтам отработки, обеспечивающих выполнение заданных (установленных) количественно-качественных требований, предъявляемых к готовой продукции. Исходя из фактического состояния горных работ, пространственного распределения полезного ископаемого и развития транспортных коммуникаций, указанные требования удовлетворяются при отгрузке полезного ископаемого из различных зон карьера. Планирование горных работ в рамках компьютерной технологии сводится к поэтапному формированию карьерного пространства, включающему процедуры:

- 1) построения на конец планируемого периода фронта горных работ (положения уступов), обеспечивающего отгрузку необходимого объема полезного ископаемого для получения готовой продукции заданного количества и качества;
- 2) построение транспортных выработок для доступа к добычным и вскрышным забоям;
- 3) корректировка положения уступов с учетом развития транспортных коммуникаций;
- 4) вычисление объемов горной массы, пустых пород и полезного ископаемого по сортам или типам в границах скорректированного этапа работ (рис. 2.1).

По каждому рабочему уступу (горизонту) в объединенном этапе для планового периода отработки формируются блоки асбестовой руды. Блоку присваиваются порядковый номер p ($p = 1, \dots, J$), обогатимость (дол. ед.), плотность (t/m^3), содержание асбеста, коэффициенты выхода асбеста на ситах 2 и 3, содержание класса -200 меж (%), общего асбеста (%%), остатков на ситах 2 и 3 (%), количество асбеста (т) общего, готовой продукции после сита 2 и сита 3, руды легко ($f = 1$)–, средне ($f = 2$)– и труднообогатимой ($f = 3$), принадлежность к конкретной залежи c («Имя Залежи») и отметка горизонта l об.

Общее число блоков на горизонте равно J_i ($J_i = \sum_{f=1}^{f=3} p_{fc}$). Подсчитывается объем

v_{pcfi} (тыс. м³) каждого блока $pcfi$.

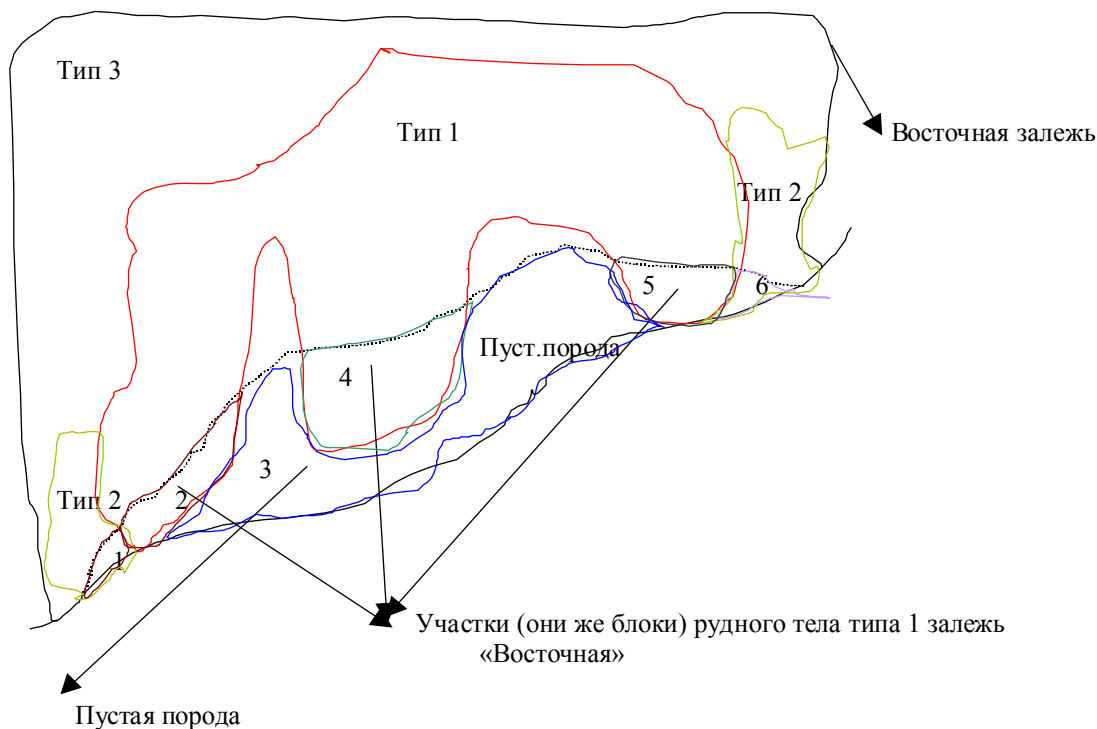


Рисунок 2.1 – Фрагмент погоризонтного качественного плана

Средняя высота блока определяется усреднением высот в узлах сетки, попавших в блок. Шаг сетки задается в программе и равен 5 м. Площадь блока вычисляется по его замкнутому контуру. Объем блока рассчитывается как произведение площади на среднюю высоту блока в зоне вскрытой части уступа и как произведение площади на проектную высоту уступа в зоне не вскрытой части уступа (целике). Блоки, объем v_{pcfi} которых меньше v_0 , из анализа исключаются. Численное значение v_0 устанавливается пользователем. Блокам присваиваются средние значения качественных характеристик: плотность, содержание асбеста в руде ($\bar{\alpha}$), проценты выхода готовой продукции после сита 2 ($\bar{\beta}$) и сита 3 ($\bar{\gamma}$), обогатимость (θ), содержание класса -200 мез (η).

Для определения значений вышеуказанных показателей необходимо в первую очередь:

– установить перечень проб z_{pcfi} , попадающих в р-й блок («исходный» контур – контур блока) с-й залежи f-го тела на i-м горизонте ($z_{pcfi} = 1, 2, \dots, N_{pcfi}$); , $f = 1, \dots, 3$ ($f = 1$ – легкообогатимая, $f = 2$ – среднеобогатимая, $f = 3$ – труднообогатимая); $c = 1, \dots, 6$ ($c = 1$ – Вершинная, $c = 2$ – Восточная, $c = 3$ – Западная, $c = 4$ – Новая, $c = 5$ – Основная, $c = 6$ – Дюсбасовская)

– определить, исходя из параметров сетки опробования (10 м x 20 м), число необходимых проб:

$$N_{0pcfi} = \frac{S_{pcfi}}{250} = 0.004S_{pcfi}, \quad (2.1.1)$$

где S_{pcfi} – площадь р-го блока f-го рудного тела в с-й залежи на i-м горизонте в этапе обработки, м².

Коэффициент обеспеченности объема руды по k-му признаку ($k = 1, 2, \dots, 7$): $k = 1$ – плотности, $k = 2$ – содержанию асбеста, $k = 3$ – остатку на сите 2, $k = 4$ – остатку на сите 3, $k = 5$ – содержанию кл. –200 меж (промываемость), $k = 7$ – обогатимость) пробами эксплуатационной разведки рассчитывается по формуле:

$$k_{обесп_{pcfik_m}} = \frac{N_{pcfik_m}}{N_{0pcfi}}. \quad (2.1.2)$$

Для определения коэффициентов обеспеченности объема руды пробами эксплуатационной разведки по конкретному показателю в формулу включаются только пробы, по которым имеются данные по конкретному показателю, т. е. по непустым (по данному показателю) пробам в блоке. При этом число привлекаемых проб определяется наличием рассчитываемого показателя в пробах.

Выполнение условия

$$k_{обесп_{pcfik_m}} \geq 1$$

$$(N_{pcfik_m} \geq N_{0pcfi})$$

свидетельствует о том, что числа проб, попавших в обрабатываемый блок, соответствует принятой сетка опробования (10 м x 25 м) при условии наличия конкретного показателя в каждой пробе.

Средние значения по блоку: плотности, содержания асбеста в руде, коэффициенты выхода остатков на сите 2 и сите 3 (присваиваются контуру анализируемого блока (участка) рудного тела) определяются по формулам:

средняя плотность (по каждому блоку)

$$\bar{d}_{pcfi}(p = \overline{1}, \overline{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N d_z^{pcfi}, \quad (2.1.3)$$

где d_z^{pcfi} – плотность горной массы в z -ой пробе p -го блока c -ой залежи f -го тела i -го горизонта, т/м³.

Среднее содержание асбеста в блоке

$$\bar{\alpha}_{pcfi}(p = \overline{1}, \overline{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N \alpha_z^{pcfi}, \quad (2.1.4)$$

средний коэффициент выхода остатка на сите 2 по каждому блоку

$$\bar{\beta}_{pcfi}(p = \overline{1}, \overline{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N \beta_z^{pcfi}, \quad (2.1.5)$$

средний коэффициент выхода остатка на сите 3 по каждому блоку

$$\bar{\gamma}_{pcfi}(p = \overline{1}, \overline{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N \gamma_z^{pcfi}, \quad (2.1.6)$$

средняя обогатимость по каждому блоку

$$\bar{\eta}_{pcfi}(p = \overline{1}, \overline{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N \eta_z^{pcfi}, \quad (2.1.7)$$

среднее содержание класса -200 меж, характеризующий показатель промываемости, по каждому блоку

$$\bar{\theta}_{pcfi}(p = \bar{1}, \bar{B}_{cfi}) = \frac{1}{N_{pcfi}} \sum_{z=1}^N \theta_{z_{pcfi}}, \quad (2.1.8)$$

где $d_{z_{cfpi}}$, $\alpha_{z_{cfpi}}$, $\beta_{z_{cfpi}}$, $\gamma_{z_{cfpi}}$, $\eta_{z_{cfpi}}$, $\bar{\theta}_{pcfi}(p = \bar{1}, \bar{B}_{cfi})$ – плотность горной массы, содержание асбеста, выход остатка на сите 2 (содержание II ситовой характеристики асбеста), выход остатка на сите 3 (содержание III ситовой характеристики асбеста), обогатимость асбестовой руды, содержание фракции класса -200 меж (показатель промываемости). Эти данные извлекаются из z -й пробы, принадлежащей p -му блоку c -й залежи f -го тела (по типу обогатимости асбестовой руды) на i -м горизонте;

N_{pcfi} – фактическое число непустых значений проб по конкретному показателю, включая «сл», в p -м блоке f -го анализируемого рудного тела c -й залежи на i -м горизонте.

При отсутствии в пробе значений средней обогатимости и содержанию класса -200 меж принимать их равными соответственно единице и 100 %.

В процессе анализа данных по блокам пользователь может скорректировать значения содержания общего асбеста в руде, остатков на сите 2 и сите 3, плотности асбестовой руды, показателя обогатимости и содержания класса -200 меж. При последующем построении Таблицы горно-геометрического анализа (ТГГА) эти данные должны быть учтены при подсчете количественно-качественных показателей. При $k_{обесн_{pcfi}} \neq 1$ в анализ дополнительно включаются пробы со смежного вышележащего $i = i - 1$ -го горизонта (подшвы вышележащего уступа) и уточняются значения содержания общего асбеста в руде, остатков на сите 2 и сите 3, плотности асбестовой руды, обогатимости, содержания класса -200 меж и соответствующих коэффициентов обеспеченности $\{k_{обесн_{pcfi}}\}$.

Пользователь вправе, привлекая ретроспективные данные, личный опыт и интуицию, уточнить средние значения \bar{d} , $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$, $\bar{\delta}$, $\bar{\eta}$, которые должны быть учтены при последующем создании новой ТГГА.

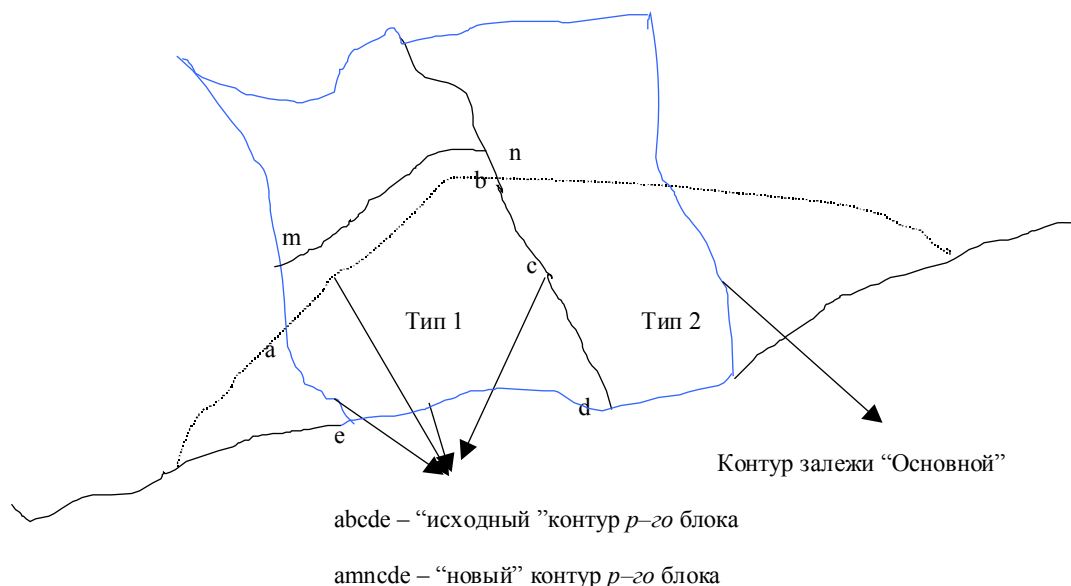


Рисунок 2.2 – Фрагмент этапа развития горных работ

Средние значения показателей руды, отгружаемой в варианте текущего развития горных работ, по i -му горизонту вычисляются по формулам:

плотность

$$\bar{d}_{i(i=1, N)} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf_i} * \bar{d}_{pcf_i})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}}, \quad (2.1.10)$$

содержание асбеста

$$\bar{\alpha}_{i(i=1, N)} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf_i} * \bar{\alpha}_{pcf_i})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}}, \quad (2.1.11)$$

средневзвешенный выход остатка на сите 2 по горизонту

$$\bar{\beta}_{i(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\beta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.12)$$

выход остатка на сите 3

$$\bar{\gamma}_{i(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\gamma}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.13)$$

обогатимость по горизонту

$$\bar{\eta}_{i(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\eta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.14)$$

средневзвешенное содержание класса -200 меж по горизонту

$$\bar{\theta}_{i(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\theta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.15)$$

Количество руды в $pcf\hat{i}$ -м блоке (тыс. т)

$$P_{pcf\hat{i}} = v_{pcf\hat{i}} * \bar{d}_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. т,} \quad (2.1.16)$$

где $v_{pcf\hat{i}}$ – объем p -го блока c -й залежи f -го тела на i -м горизонте, тыс. м³;

Объем блока определяется как произведение площади блока на его среднюю высоту, вычисляемую методом триангуляции Делоне.

Количество общего асбеста в блоке

$$Q_p^{ac\bar{o}} = 10^3 P_{pcf\hat{i}} * 10^{-2} \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}} = 10 P_{pcf\hat{i}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}}, \text{ т} \quad (2.1.17)$$

Количество готовой продукции после сита 2 из блока

$$Q_p^2 = 10^{-4} Q_p^{acб} * \bar{\beta}_{pcf\hat{i}} * \bar{\eta}_{hcf\hat{i}} * (100 - \bar{\theta}_{pcf\hat{i}}), \text{ т} \quad (2.1.18)$$

Количество готовой продукции после сита 3 из блока

$$Q_p^3 = 10^{-4} Q_p^{acб} * \bar{\gamma}_{pcf\hat{i}} * \bar{\eta}_{hcf\hat{i}} * (100 - \bar{\theta}_{pcf\hat{i}}), \text{ т} \quad (2.1.19)$$

Количество руды f -го типа в c -й залежи в $pcf\hat{i}$ -м блоке (тыс. т) на i -м горизонте
– легкообогатимой ($f = 1$)

$$P_{1cpi}(f = 1) = P_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.20)$$

– среднеобогатимой ($f = 2$)

$$P_{2cpi}(f = 2) = P_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.21)$$

– труднообогатимой ($f = 3$)

$$P_{3cpi}(f = 3) = P_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.22)$$

Количество руды на i -м горизонте по этапу развития горных работ

$$P_i = \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{B_{cf\hat{i}}} P_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.23)$$

$$V_{pi} = \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{B_{cf\hat{i}}} V_{pcf\hat{i}}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.24)$$

Средневзвешенная плотность руды по горизонту

$$\bar{d}_i = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (V_{pcf\hat{i}} * \bar{d}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} V_{pcf\hat{i}}}. \quad (2.1.25)$$

средневзвешенное содержание асбеста по горизонту

$$\bar{\alpha}_{i(i=1, \bar{N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}. \quad (2.1.26)$$

средневзвешенный выход остатка после сита 2 из руды по горизонту

$$\bar{\beta}_i = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcf\hat{i}} * \bar{\beta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.27)$$

средневзвешенный выход остатка после сита 3 из руды по горизонту

$$\bar{\gamma}_{i(i=1, \bar{N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcf\hat{i}} * \bar{\gamma}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.28)$$

средневзвешенная обогатимость по горизонту

$$\bar{\eta}_{i(i=1, \bar{N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcf\hat{i}} * \bar{\eta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.29)$$

средневзвешенное содержание класса -200 меж по горизонту

$$\bar{\theta}_{i(i=1, \bar{N})} = \frac{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcf\hat{i}} * \bar{\theta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.30)$$

количество асбеста в руде по горизонту

$$Q_i^{acб} = 10 \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^J (P_{pcf\hat{i}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}}), m \quad (2.1.31)$$

Количество готовой продукции из руды по горизонту после сита 2

$$Q_i^2 = 10^{-3} \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^J P_{pcf_i} * \bar{\alpha}_{pcf_i} * \bar{\beta}_{pcf_i} * \bar{\eta}_{hcf_i} * (100 - \bar{\theta}_{pcf_i}), m \quad (2.1.32)$$

Количество готовой продукции из руды по горизонту после сита 3

$$Q_i^3 = 10^{-3} \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^J P_{pcf_i} * \bar{\alpha}_{pcf_i} * \bar{\gamma}_{pcf_i} * \bar{\eta}_{hcf_i} * (100 - \bar{\theta}_{pcf_i}), m \quad (2.1.33)$$

Количество легкообогатимой руды на горизонте

$$P_{1i} = \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{1cpi}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.34)$$

Количество среднеобогатимой руды на горизонте

$$P_{2i} = \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{2cpi}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.35)$$

Количество труднообогатимой руды на горизонте

$$P_{3i} = \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{3cpi}, \text{ тыс. т.} \quad (2.1.36)$$

Количество руды в этапе (варианте) развития горных работ

$$P = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf_i}, \text{ тыс. т,} \quad (2.1.37)$$

$$V_p = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}, \text{ тыс. м}^3, \quad (2.1.37^1)$$

где N – число горизонтов в этапе отработки, $i = \overline{1, N}$.

Средневзвешенная плотность руды по этапу

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf_i} * \bar{d}_{pcf_i})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}}. \quad (2.1.38)$$

Средневзвешенное содержание асбеста по этапу

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf_i} * \bar{\alpha}_{pcf_i})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}}. \quad (2.1.39)$$

Средневзвешенный выход остатка на сите 2 по этапу

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \bar{\beta}_{pcfi})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcfi}}. \quad (2.1.40)$$

Средневзвешенный выход остатка на сите 3 по этапу

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \bar{\gamma}_{pcfi})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcfi}}. \quad (2.1.41)$$

Средневзвешенная обогатимость по этапу

$$\bar{\eta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \bar{\eta}_{pcfi})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcfi}}. \quad (2.1.42)$$

Средневзвешенное содержание класса -200 меж по этапу

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \bar{\theta}_{pcfi})}{\sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcfi}}. \quad (2.1.43)$$

Количество асбеста в руде по этапу

$$Q_{ac\bar{o}} = 10 \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \bar{\alpha}_{pcfi}), \text{ т} \quad (2.1.44)$$

Количество готовой продукции после сита 2 из руды по этапу

$$Q_2 = 10^{-3} \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \alpha_{pcfi} * \bar{\beta}_{pcfi} * \bar{\eta}_{pcfi} * (100 - \bar{\theta}_{pcfi})), \text{ т} \quad (2.1.45)$$

Количество готовой продукции после сита 3 из руды по этапу

$$Q_3 = 10^{-3} \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (P_{pcfi} * \alpha_{pcfi} * \bar{\gamma}_{pcfi} * \bar{\eta}_{pcfi} * (100 - \bar{\theta}_{pcfi})), \text{ т} \quad (2.1.46)$$

Количество легкообогатимой руды в этапе обработки

$$P_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{1cpi}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.47)$$

$$V_1(f=1) = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} v_{1cpi}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.47^1)$$

Количество среднеобогатимой руды в этапе отработки

:

$$P_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{2cpi}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.48)$$

$$V_2(f=2) = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} v_{1cpi}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.48^1)$$

Количество труднообогатимой руды в этапе отработки

$$P_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} P_{3cpi}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.49)$$

$$V_3(f=3) = \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^6 \sum_{p=1}^{J_i} v_{1cpi}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.49^1)$$

Количество горной массы (тыс.м³) по горизонту

$$V_i^{GM} = 0.0005(S_{1i} + S_{2i}) * h_i, \text{ тыс. м}^3, \quad (2.1.50)$$

где S_{1i} – площадь прирезки по подошве уступа на i -м горизонте, м²;

S_{2i} – площадь прирезки по кровле того же уступа на $i-1$ -м горизонте, м²;

h_i – средняя высота уступа (разность отметок между горизонтами $i-1$ -м и i -м горизонтами, м;

Количество горной массы (тыс. т) по горизонту

$$P_i^{GM} = V_i^{GM} * d_i, \text{ тыс. т}, \quad (2.1.50^1)$$

где d_i – плотность горной массы (из таблицы «Технологические параметры...»).

Объем пустых пород на i -м горизонте

$$V_i^{III} = V_i^{GM} - V_{pi}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.51)$$

$$P_i^{III} = P_i^{GM} - P_i^{PYDA}$$

Объем горной массы по этапу отработки, как сумма по горизонтам

$$V_{эм}^{ГМ} = \sum_{i=1}^{N_{эм}} V_i^{ГМ}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.52)$$

Вес (масса) горной массы по этапу отработки

$$P_{эм}^{ГМ} = \sum_{i=1}^{N_{эм}} V_i^{ГМ} * \bar{d}_i, \text{ тыс. т.} \quad (2.1.52^1)$$

где d_i – плотность горной массы на i -м горизонте (таблица «ТехнолД» для этапа).

Объем пустых пород в этапе отработки

$$V_{эм}^{ПП} = \sum_{i=1}^{N_{эм}} (V_i^{ГМ} - V_i^{ПУДА}), \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.53)$$

Вес (масса) пустых пород в этапе отработки

$$P_{эм}^{ПП} = (P_{эм}^{ГМ} - (P_1 + P_2 + P_3)), \text{ тыс. т.} \quad (2.1.53^1)$$

Текущий коэффициент вскрыши ($\text{м}^3/\text{м}^3$) по этапу. Вписывается в Примечание к таблицам 1 и 2.

$$k_1^{ТЕКУЩ} = \frac{V_{эм}^{ПП}}{V_1 + V_2 + V_3}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (2.1.54)$$

Текущий коэффициент вскрыши ($\text{м}^3/\text{т}$) по этапу. Вписывается в Примечание к таблицам 1 и 2.

$$k_2^{ТЕКУЩ} = \frac{V_i^{ПП}}{P_1 + P_2 + P_3}, \text{ м}^3/\text{т} \quad (2.1.54^1)$$

При отсутствии блоков полезного ископаемого в прирезаемом этапе в «Примечании» ставится прочерк вместо значений соответствующих коэффициентов.

Количество руды в c -й залежи на i -м горизонте В настоящее время на Кiemбаевском месторождении выделено 6 типов залежей ($c=1, 2, 3, 4, 5$; $c = 1$ - Вершинная, $c = 2$, $c = 2$ – Восточная, $c = 3$ – Западная, $c = 4$ – Новая, $c = 5$ – Основная, $c = 6$ – Дюсбасовская) определяется по формуле:

– в тыс. т

$$P_{ci}^{ПУДА} (c = \overline{1,6}) = \sum_{f=1}^{f=3} \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i} * \overline{d_{pcf_i}}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.55)$$

– в тыс. м^3

$$V_{ci}^{PYDA} (c = \overline{1,6}) = \sum_{f=1}^{f=3} \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf_i}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.55^1)$$

Количество руды на i-м горизонте

– тыс. т

$$P_{ci}^{PYDA} = \sum_{c=1}^6 P_{ci}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.55^2)$$

– в тыс. м³

$$V_{ci}^{PYDA} = \sum_{c=1}^6 V_{ci}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.55^3)$$

Количество руды по этапу

– в тыс. т

$$P_{ЭГ}^{PYDA} = \sum_{i=1}^{N_{ЭГ}} P_i, \text{ тыс. т} \quad (2.1.55^4)$$

– в тыс. м³

$$V_{ЭГ}^{PYDA} = \sum_{i=1}^{N_{ЭГ}} V_i, \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1.55^5)$$

Количество руды на i-м горизонте в конкретной Залежи (с = 1,6) по обогатимости:

– легкообогатимой (табл. 2.2: столбец 17 в строке имени Залежи)

$$P_{1ci}^{PYDA} (f = 1) = \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf_i}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.56)$$

– среднеобогатимой (табл. 2.2: столбец 18 в строке имени Залежи)

$$P_{2ci}^{PYDA} (f = 2) = \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf_i}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.57)$$

– труднообогатимой (табл. 2.2: столбец 19 в строке имени Залежи)

$$P_{3ci}^{PYDA} = \sum_{p=1}^{J_i} P_{pcf_i}, \text{ тыс. т} \quad (2.1.58)$$

Условие проверки баланса руды в Залежи на горизонте: общая масса руды в с-й залежи на i-м горизонте равна сумме объемов легко-, средне- и труднообогатимых руд

$$P_{ci}^{PYDA} = P_{1ci}^{PYDA} + P_{2ci}^{PYDA} + P_{3ci}^{PYDA} \quad (2.1.59)$$

$$(c = 1, \dots, 6)$$

Средние значения показателей руды по с-й залежи на i-м горизонте:

– плотность (табл. 2.2: столбец 10 в строке имени Залежи)

$$\bar{d}_{ci(i=1, N)} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcfi} * \bar{d}_{pcfi})}{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcfi}}, \quad (2.1.60)$$

– содержание асбеста (табл. 2.2: столбец 11 в строке имени Залежи)

$$\bar{\alpha}_{ci(i=1, N)} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcfi} * \bar{\alpha}_{pcfi})}{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcfi}}, \quad (2.1.61)$$

– коэффициент выхода остатка на сите 2 (табл. 2.2: столбец 12 в строке имени Залежи)

$$\bar{\beta}_{ci(i=1, N)} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcfi} * \bar{\beta}_{pcfi})}{\sum_{c=1}^6 \sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcfi}}, \quad (2.1.62)$$

– коэффициент выхода остатка на сите 3 (табл. 2.2: столбец 13 в строке имени Залежи)

$$\bar{\gamma}_{ci(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\gamma}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.63)$$

–обогатимость (табл. 2.2: столбец 8 в строке имени Залежи)

$$\bar{\eta}_{ci(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\eta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}, \quad (2.1.64)$$

– среднее содержание класса –200 меж (табл. 2.2: столбец 9 в строке имени Залежи)

$$\bar{\theta}_{ci(i=\overline{1,N})} = \frac{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} (v_{pcf\hat{i}} * \bar{\theta}_{pcf\hat{i}})}{\sum_{f=1}^3 \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}}}. \quad (2.1.65)$$

Количество асбеста общего в c -й залежи на i -м горизонте этапа (табл. 2.2: столбец 14 в строке имени Залежи)

$$Q_{ci}^{ac\bar{b}} (c = \overline{1,6}) = 10 \sum_{f=1}^{f=3} \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}} * \overline{d_{pcf\hat{i}}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}}, m \quad (2.1.66)$$

Количество готовой продукции после сита 2 из руды c -й залежи на i -м горизонте этапа (табл. 2.2: столбец 15 в строке имени Залежи)

$$Q_{ci}^{C2} = 10^{-3} \sum_{f=1}^{f=3} \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}} * \overline{d_{pcf\hat{i}}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}} * \bar{\beta}_{pcf\hat{i}} * (100 - \bar{\theta}_{pcf\hat{i}}), m \quad (2.1.67)$$

Количество готовой продукции после сита 3 из руды c -й залежи на i -м горизонте этапа (табл. 2.2: столбец 16 в строке имени Залежи)

$$Q_{ci}^{C3} = 10^{-3} \sum_{f=1}^{f=3} \sum_{p=1}^{J_i} v_{pcf\hat{i}} * \overline{d_{pcf\hat{i}}} * \bar{\alpha}_{pcf\hat{i}} * \bar{\gamma}_{pcf\hat{i}} * (100 - \bar{\theta}_{pcf\hat{i}}), m \quad (2.1.68)$$

Разработанный алгоритм является универсальным и практически с вероятностью 97 % соответствует потребностям горнодобывающих предприятий при расчете количественно-качественных показателей при планировании горных работ на карьерах. По сравнению с ранее используемыми методами время проведения расчетов сокращается в 2 – 3 раза, а точность получения заданных показателей повышается на 50 %.

2.2 Оценка запасов золота на техногенном месторождении реки Винновки

Техногенное месторождение россыпного золота реки Винновка и её левого притока р. Мотылья расположено на восточном склоне Среднего Урала, в 16 км к северо-востоку от г. Нижний Тагил и в 10 км к востоку от станции Малая Лая.

В 1966-1978 г.г. россыпь р. Винновка и её приток р. Мотылья отрабатывалась гидравликой № 67 Салдинского прииска Исовского приискового управления., в том числе, собственно, россыпь р.Винновка – с 1966 г. по 1973 г., россыпь р. Мотылья – с 1974 г. по 1978 г. Отработка велась гидравлическим способом, 2-3^{мя} гидроустановками ежегодно. До 1970 г. в нижней части р.Винновка отвалы после гидравлической добычи вторично переработаны драгой.

В 1978 г. запасы россыпи р. Винновка и её притока р. Мотылья были полностью отработаны. За весь период работы Салдинским прииском было добыто из россыпи 816 кг золота (без учёта погашения запасов) с содержанием 160 мг/м³.

В 2003 году работы по оценке гале-эфельных отвалов техногенной россыпи р. Винновка проводило ООО «Аномалия». На 10 перспективных участках – гале-эфельных отвалах, в головных частях, была опробована поверхностная зона по сети 20x20 м посредством проходки лунок, с объёмом пробы 0,02 м³, выполнена мензурная съёмка отвалов масштаба 1:1000. Принимая во внимание, что гале-эфельные отвалы не были изучены на глубину, по результатам работ были подсчитаны только прогнозные ресурсы кат. Р₁ в количестве 32,6 кг золота с содержанием 170 мг/м³.

В геологическом строении района принимают участие осадочные, вулканогенно-осадочные, вулканогенные, метаморфические и интрузивные породы в возрастном диапазоне от раннего протерозоя до ранней перми, а также мезозойско-кайнозойские и четвертичные образования, развитые, согласно структурно-формационному районированию в пределах двух структурно-формационных мегазон: Тагильской и Восточно-Уральской.

В гидрогеологическом отношении район месторождения находится в пределах Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых безнапорных и напорных вод. Подземные воды развиты повсеместно и приурочены к верхней трещинной зоне коры выветривания вулканогенно-осадочных и метаморфических пород палеозоя, интрузивных пород различного состава, средняя мощность которой составляет 40-60 м. Встречаются линейные геолого-структурные элементы с повышенной водообильностью, приуроченные к тектоническим нарушениям, литологическим контактам, участкам внедрения жильных тел, где дебиты скважин превышают фоновые в 10 и более раз. Глубина залегания подземных вод – от 1-2 м в долинах рек до 15-20 м на водоразделах с амплитудой сезонных и межгодовых колебаний уровня до 6-7 м. Питание подземных вод осуществляется за счет атмосферных осадков. Подземные воды на рассматриваемой территории слабо защищены от загрязнения с поверхности.

Исследуемые участки работ расположены в долинах рек Винновка и её левого притока р. Мотылья между пос. Винновка (нежил.) в нижнем течении р. Винновка и первым широтным поворотом р. Мотылья (в 1,2 км выше по течению от устья впадения в р. Винновка) в верхнем течении. Общая протяжённость долин рек, где разместились участки, составляет 7 км м при ширине 250-400 м. В результате гидравлической добычи золота на россыпи в 1966-78 г.г., в долинах р.р. Винновка и Мотылья, на месте выработанного пространства была образована система отстойников, в которых разместились гале-эфельные отвалы.

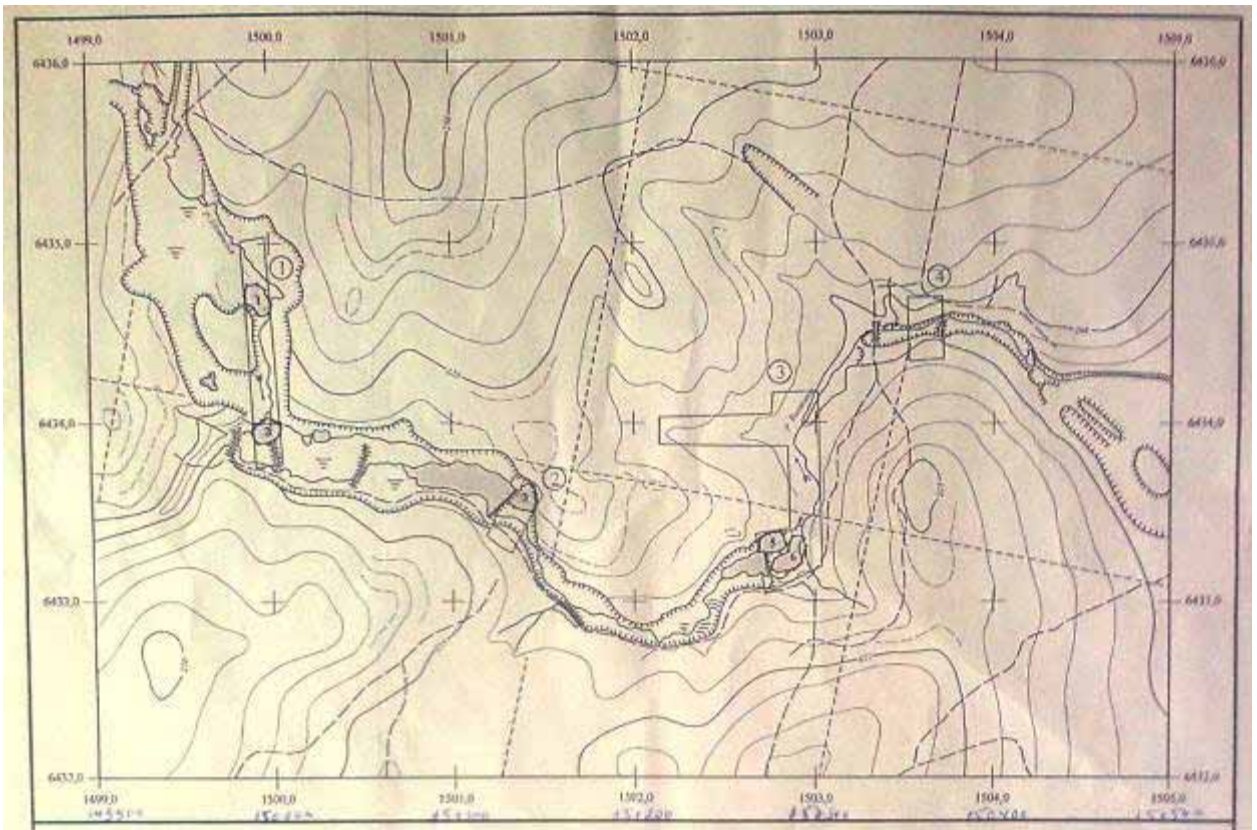


Рисунок 2.3 – общий план россыпи

В настоящее время техногенная россыпь р. Винновка представляет собой чередование участков гале-эфельных отвалов (хвостохранилищ) и участков выборочной ручной старательской отработки первичной россыпи, не затронутых разработками Салдинским прииском. Участки выборочных разработок старателями составляют по площади до 20 % от первичной россыпи р Винновка. Запасы, содержащиеся по данным геологоразведочных работ 1955-56 г.г. в пределах контура этих разработок, по уровню содержания золота были отнесены к забалансовым и по этой причине не обрабатывались гидравликой Салдинского прииска. По окончании промышленной добычи золота на россыпи в 1978 г. забалансовые запасы были списаны.

По объёму каждый отвал – это объём накопленных хвостов промывки в течение одного добычного сезона при работе одной, двух гидроустановок. Объёмы промывки «песков» составляли ежегодно от 290 тыс.м³ до 540 тыс.м³. В зависимости от места стоянки обогатительной установки, ложем изучаемых гидравлических «головок», в одном случае, было дно выработанного пространства (гидравлического разреза), представленное корой выветривания рассланцованных порфиритов, базальтов и их туфов, в другом случае – борт гидравлического разреза (дневная поверхность), представленный почвенно-растительным слоем.

Мощность песчано-гравийно-галечных образований не превышает 4,0 м и складывается в отработанное пространство. Верхний уровень техногенных образований после рекультивации был спланирован практически до уровня естественного, первичного залегания отложений россыпи. При мощности 5,0 м – складирование в отвалах на бортах россыпи (ограничивалась мощность высотой слива пульпы со стационарного обогатительного прибора и площадью земельного отвода).

Металлоносность техногенных образований связана, прежде всего, с условиями их формирования. Как правило, наиболее обогащёнными золотом являются техногенные образования в местах стоянок обогатительных приборов или, так называемые, гидравлические «головки», с чего начинали формироваться гале-эфельные отвалы. Максимальное содержание здесь в пробах по шурфам составило 1358 мг/м³, рядовое – 80-150 мг/м³. Следует отметить, что концентрации золота резко снижаются по мере удаления от мест стоянок обогатительных приборов.

Геологоразведочные работы на отвалах выполнены механизированным способом при помощи экскаватора. Шурфы по отвалам по возможности закладывались в крест простирания длинных сторон отвалов с целью пересечения направлений потоков пульпы от промприборов. Пройдены 73 шурфа сечением 0,5 х 2,0 м. Шурфы располагались по квадратной сети с расстоянием между ними 40 х 40 м и 20 х 20 м. Опробование выполнено валовым способом на всю мощность продуктивной галечно-песчаной толщи. Таким образом, созданная сеть шурфов на отвалах, в соответствии с геологическим заданием позволила подсчитывать запасы.

Подсчёт запасов произведён в трёх галечно-песчаных отвалах. Балансовые запасы при среднем содержании золота в контуре не менее 240 мг/м³. Исходные данные и результаты расчётов приведены ниже.

Таблица 2.6 – исходные данные по отвалу №1

№ шурфа	координаты по X	координаты по Y	Содержание, кг/м ³
1	4708.61	9883.08	140
2	4740.49	9884.92	132
3	4754.71	9901.69	141
4	4752.11	9927.51	27
5	4730.48	9912.42	1015
6	4680.79	9909.7	146
7	4702.62	9929.3	180
8	4646.94	9935.84	696
9	4657.44	9945.78	180
10	4627.01	9946.78	135
11	4637.92	9961.78	154
12	4734.4	9941.11	32
13	4716.34	9952.19	12

14	4677.19	9966.46	2
15	4655.64	9978.15	10
16	4678.55	9885.11	24
17	4678.55	9973.76	12

Таблица 2.7 – исходные данные по отвалу №2

№ шурфа	координаты по X	координаты по Y	Содержание, кг/м3
1	3949.45	499973.76	949
2	3935.54	499995.55	175
3	3909.74	499976.97	134
4	3973.62	499973.76	132
5	3949.92	499928.77	28
6	3910.59	499932.86	10
7	3956.19	499996.32	210
8	3965.73	499934.08	142
9	3975.48	500006.06	4
10	3930.91	499965.99	52
11	3928.52	499931.03	12
12	3945.8	500023.8	4
13	3965.67	500025.99	36
14	3997.26	499994	38

Таблица 2.8 – исходные данные по отвалу №3

№ шурфа	координаты по X	координаты по Y	Содержание, кг/м3
1	3565.88	1404.93	74
2	3546.9	1402.18	10
3	3546.64	1419.09	3
4	3526.42	1415.42	28
5	3567.22	1381.31	447
6	3578.93	1346.91	32
7	3638.39	1422.31	8
8	3595.35	1434.95	12
9	3567.05	1433.07	36
10	3595.78	1407.24	620
11	3596.61	1381.77	83
12	3617.48	1423.14	66
13	3614.49	1393.29	381
14	3598.82	1355.3	250
15	3548.1	1381.38	42
16	3532.9	1381.62	0
17	3560.03	1348.63	5
18	3546.7	1348.87	10

Таблица 2.9 – Результаты ручного расчёта

Отвал	Площадь, тыс.м ²	Средняя мощность, м	Объём горной массы, тыс.м ³	Среднее содержание, мг/м ³	Запас, кг
1	6.1	2.2	13.3	233	3.1
2	3.4	3.1	10.5	265	2.8
3	4.3	3.2	14	257	3.6

Оконтуривание блоков по глубине россыпи выполнено на всю мощность продуктивной толщи, так как интервалы опробования шурфов, соответствуют их глубинам и в результате валового опробования, получалось содержание, характеризующее всю галечно-песчаную толщу отвала. Измерение площадей блоков производилось в два приёма графически разными исполнителями при помощи планиметра.

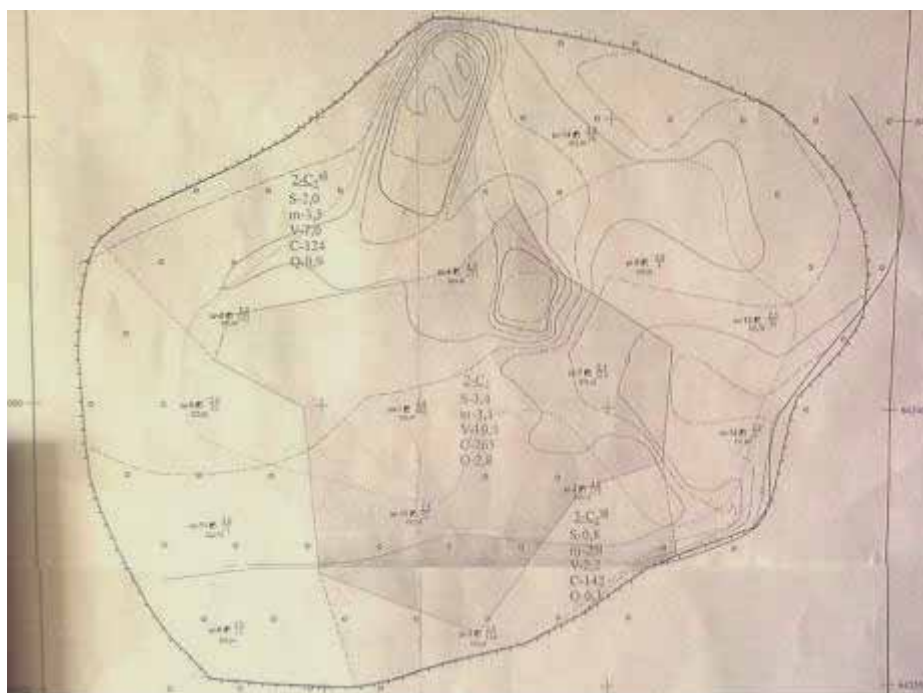


Рисунок 2.4 – Ручное оконтуривание отвала № 1

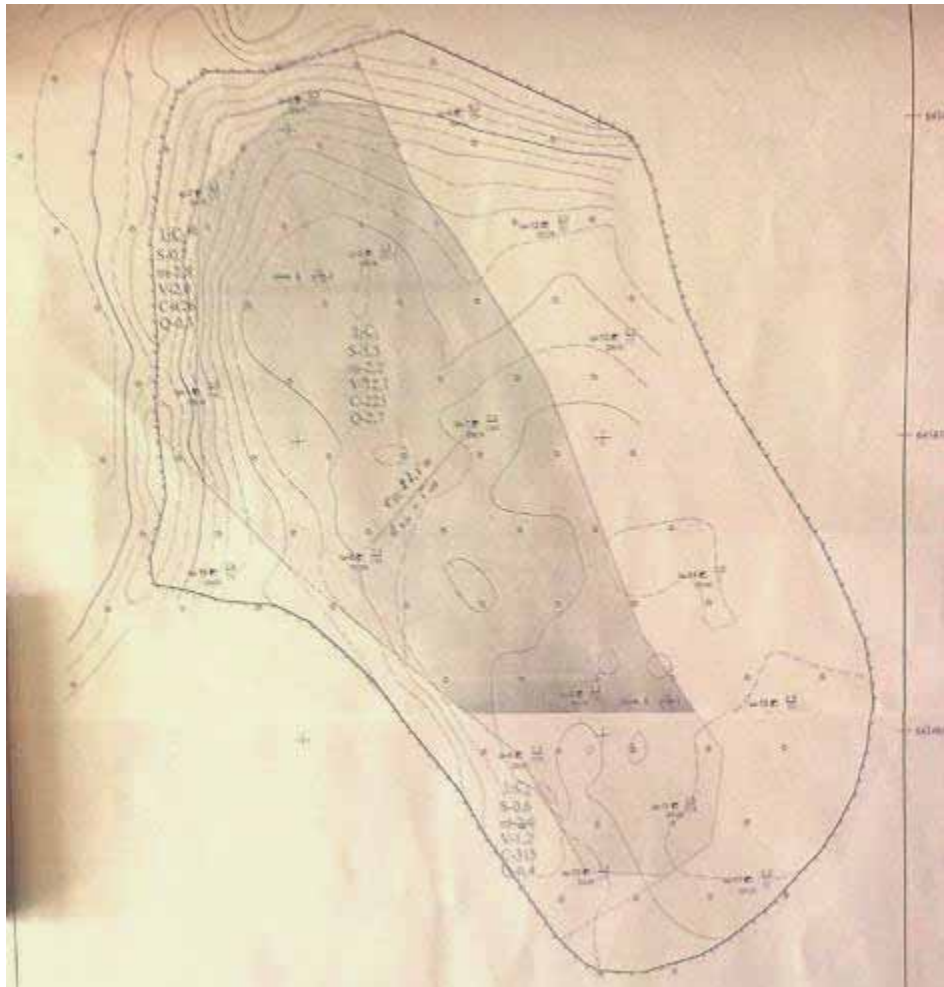


Рисунок 2.5 – Ручное оконтуривание отвала № 2

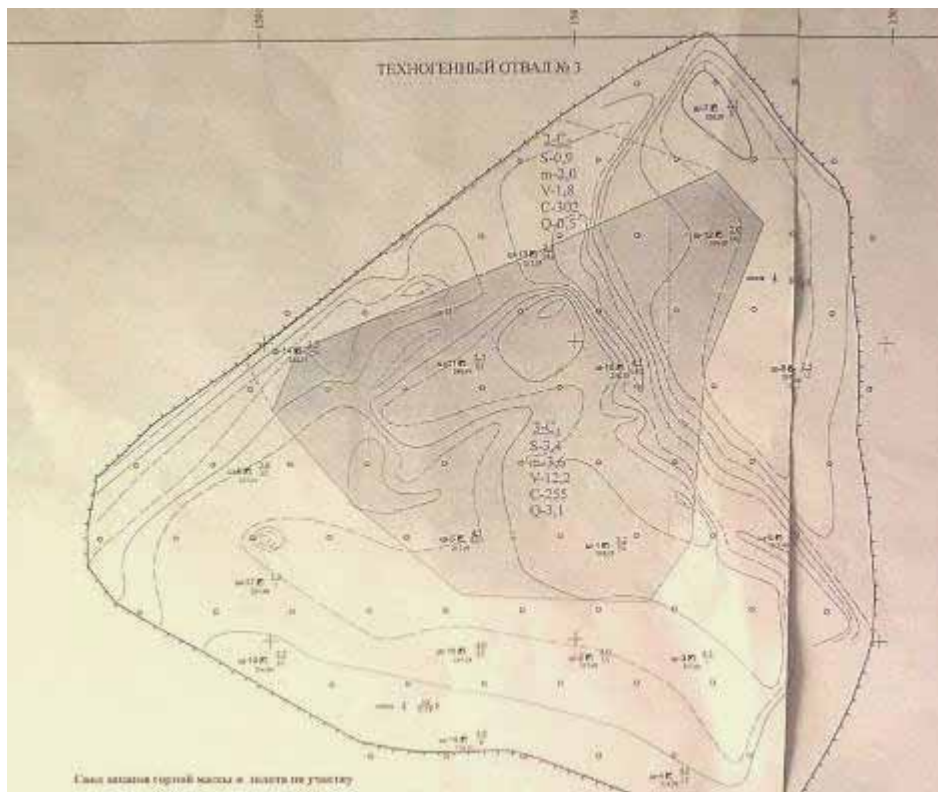


Рисунок 2.6 – Ручное оконтуривание отвала № 3

Из вышесказанного видно, что процесс оконтуривания рудной залежи и подсчет запасов проводится вручную, вследствие чего значительное количество времени тратится на выполнение однообразных рутинных операций, а сам процесс является трудоемким и длительным по времени, что повышает вероятность появления ошибок при работе с большим объемом данных. В целом большая трудоемкость и небольшая скорость ручного режима обработки массива исходных данных позволяет получать информацию только по усредненным значениям рассчитываемого блока, расчеты применительно к отдельным геотехнологическим параметрам не ведутся.

Поэтому в плане поиска путей оптимизации технологии добычи полезного ископаемого и эффективного управления проектированием и разработкой месторождения целесообразным является использование современных информационных технологий для хранения, обработки, анализа данных и реализации заложенной математической базы в виде цифровой модели месторождения. Для этого была разработана информационная система в виде комплекса программ, позволяющего оперативно получать весь объем необходимой информации для выработки и принятия решений по планированию и разработкой месторождения.

Предлагаемый программный комплекс АИС «Геотехнология», реализованный в соответствии математической схемой моделирования пространственно-факторной связи геотехнологических данных, представляет собой объектно-ориентированное, многооконное, 32-х битное программное обеспечение и состоит из трех подсистем обеспечивающих обработку и интерпретацию данных в форматах 1D, 2D, 3D, т.е. решает задачи профильного, площадного и объемного моделирования соответственно.

Для получения визуального представления цифровой модели в виде карты месторождения данные загружаются в блок обработки исходной информации, блок обработки формирует массив рассчитываемых данных, накладывает регулярную сеть, исходя из введенного пользователем шага, и передает все блоку управления расчетом. Блок управления расчетом формирует круговую область просмотра, включающую точки фактических данных по месторождению, исходя из сектора и радиуса обзора обозначенного пользователем. Далее блок управления пошагово просматривает все ячейки регулярной сети, проводя в каждой расчет значения исследуемого атрибутивного признака, последовательно подключая к расчету соответствующие блоки подпрограмм:

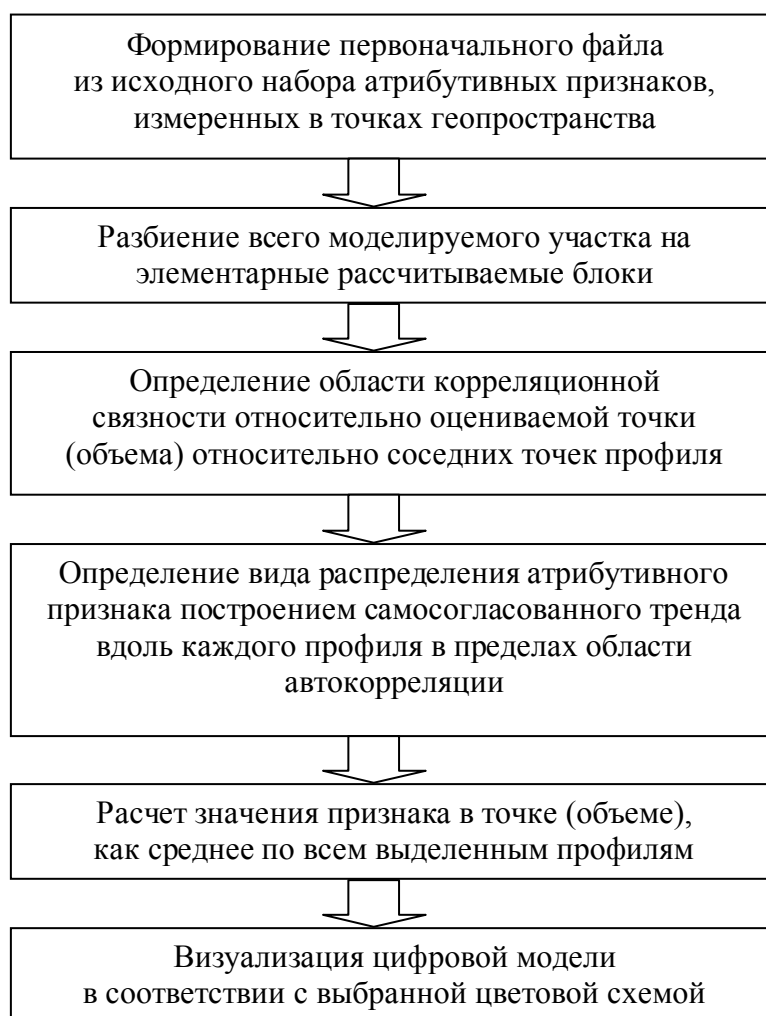
- определяет область автокорреляции вокруг рассчитываемой ячейки на основе алгоритмов, заложенных в модуле расчета интервалов автокорреляции;
- затем в пределах области автокорреляции вычленяет закономерную составляющую изменения признака вдоль каждого из просматриваемых профилей,

реализуя алгоритмы построения тренда и полувариограмм соответствующих модулей, рассчитывая самосогласующийся тренд, исходя из уровня структурной неоднородности обозначенной пользователем;

- окончательное значение признака в рассчитываемой ячейке определяется методом обратных взвешенных расстояний.

Обработав все ячейки сети, блок управления передает полученную цифровую модель блоку визуализации, который в соответствии с цветовой схемой величин атрибутивного признака, предоставленной пользователем, формирует карту месторождения. приведен ниже.

Алгоритм построения цифровой модели месторождения



В качестве демонстрации возможностей предложенного метода математического моделирования и разработанной на его основе АИС был произведен подсчёт балансовых запасов отвалов 1-3 при среднем содержании золота в контуре не менее 240 мг/м³.

Таблица 2.10 – Результаты компьютерного расчета.

Отвал	Площадь, тыс.м ²	Средняя мощность, м	Объем горной массы, тыс.м ³	Среднее содержание, мг/м ³	Запас, кг
1	5.3	2.2	11.7	295	3.4
2	3.2	3.05	8.9	243	2.4
3	3.9	3.2	12.5	270	2.5

Цветовая схема по содержанию золота в отвалах:

- Голубой – 60-120 мг/м³
- Зеленый – 120-240 мг/м³
- Желтый – 240-270 мг/м³
- Красный – 270 и более мг/м³

Красный и желтый цвет показывают расположение балансовой руды при данных кондициях.

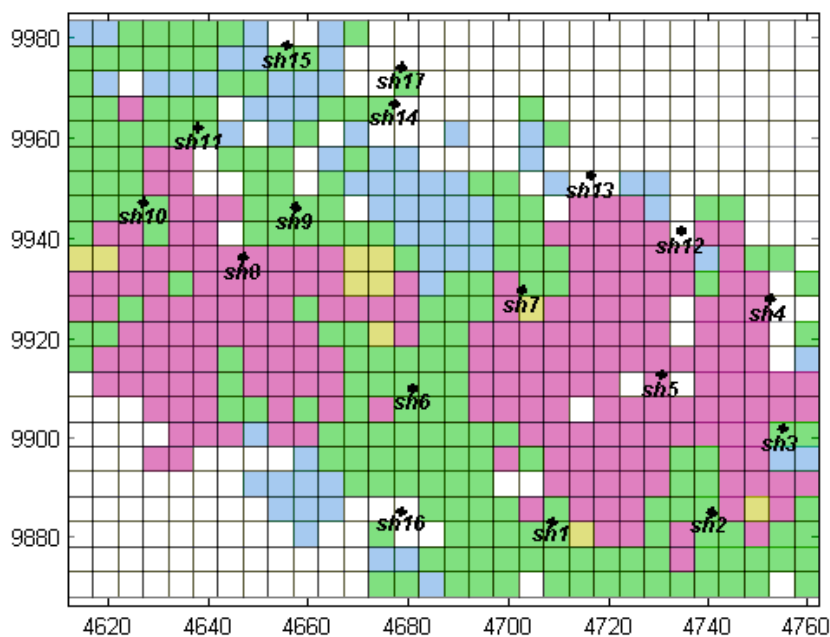


Рисунок 2.7 – Отвал № 1, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 240 мг/м³

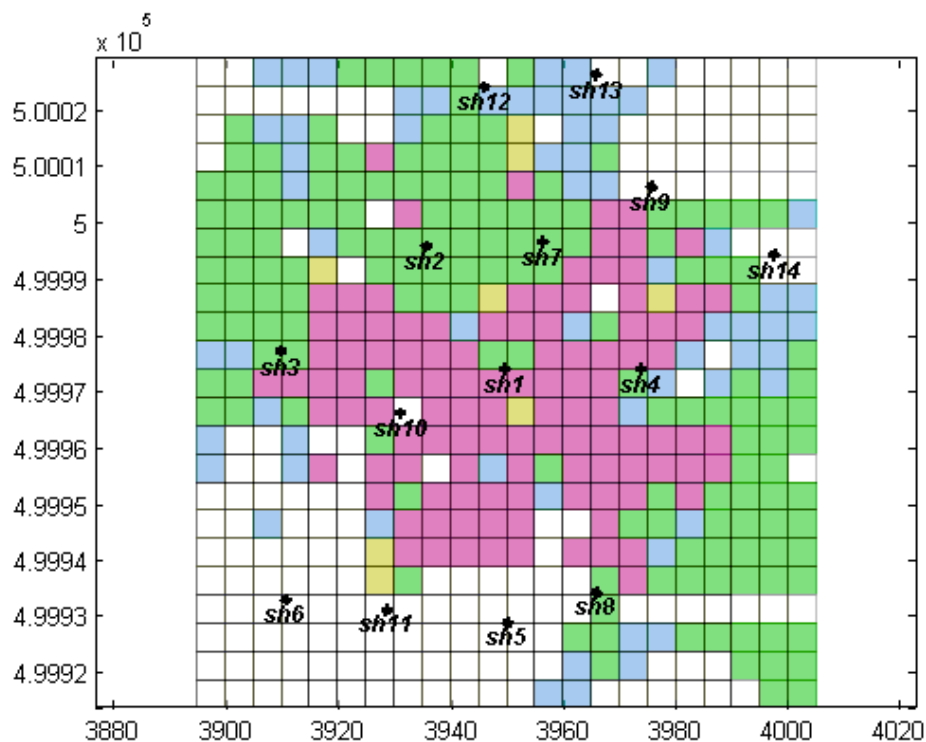


Рисунок 2.8 – Отвал № 2, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 240 мг/м^3

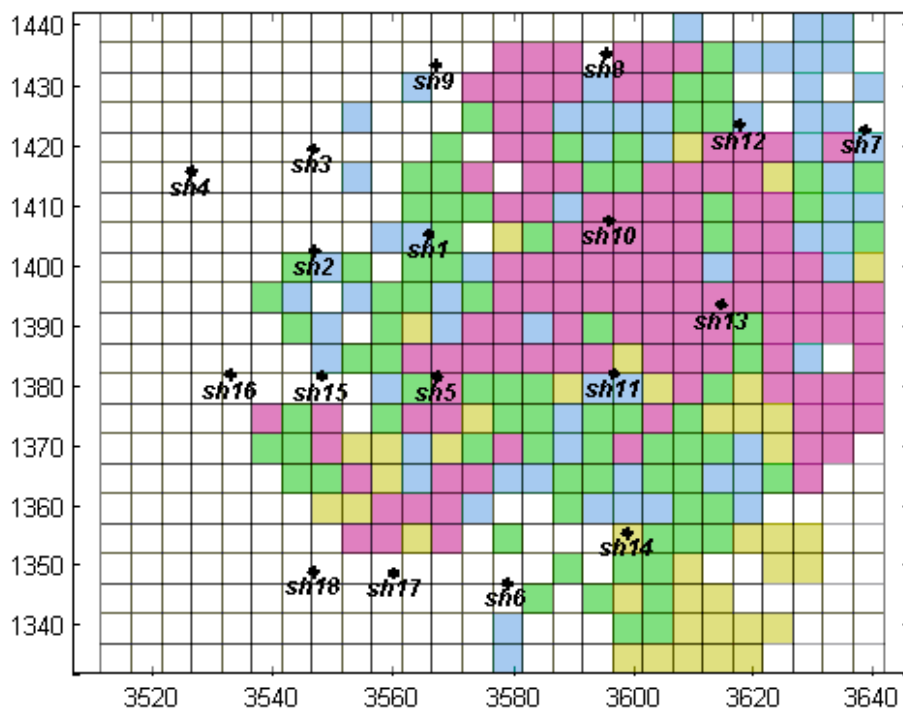


Рисунок 2.9 – Отвал № 3, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 240 мг/м^3

Из рисунков видно, что в целом результаты отображения распределений по продуктивности совпадают с ручным оконтуриванием блоков, однако расчет, проводимый

АИС в каждой ячейке регулярной сети, позволяет точнее отобразить конечное распределение, которое зачастую не выявляется при оконтуривании линейной интерполяцией. И это свойство АИС имеет чрезвычайно большое значение для оценки месторождения, т.к. может значительно облегчить повседневную работу технологов, геологов и экономистов. Поскольку для расчета запасов по бортовому содержанию в пробах требуется кропотливый многовариантный ручной подсчет, с изменением по каждому варианту границы рудных тел, а запасы, подсчитанные программой, есть лишь сумма запасов всех элементарных ячеек, значение которых превышает значение борта.

Цифровая модель не зависит от экономических параметров, она лишь отражает распределение геотехнологических показателей в пространстве. Однако в случае изменения экономических условий (например, цена на металл, реагент и т.д.) для цифровой модели это значит лишь простое переназначение новой величины бортового содержания, что позволит быстро произвести перерасчет по требуемому признаку и оценить новый экономический эффект и рентабельность. В качестве примера далее приводится подсчёт балансовых запасов по содержанию золота не менее 120 мг/м³ (минимальное промышленное содержание по золоту для балансовых запасов).

Таблица 2.11 – Результаты компьютерного расчета.

Отвал	Площадь, тыс.м ²	Средняя мощность, м	Объём горной массы, тыс.м ³	Среднее содержание, мг/м ³	Запас, кг
1	10.7	2.2	23.9	223	5.33
2	7.6	3.05	23.2	270	6.26
3	7.3	3.2	23.4	251	5.87

Цветовая схема по содержанию золота в отвалах:

- Голубой – 30-60 мг/м³
- Зеленый – 60-120 мг/м³
- Желтый – 120-180 мг/м³
- Красный – 180 и более мг/м³

Красный и желтый цвет показывают расположение балансовой руды при данных условиях.

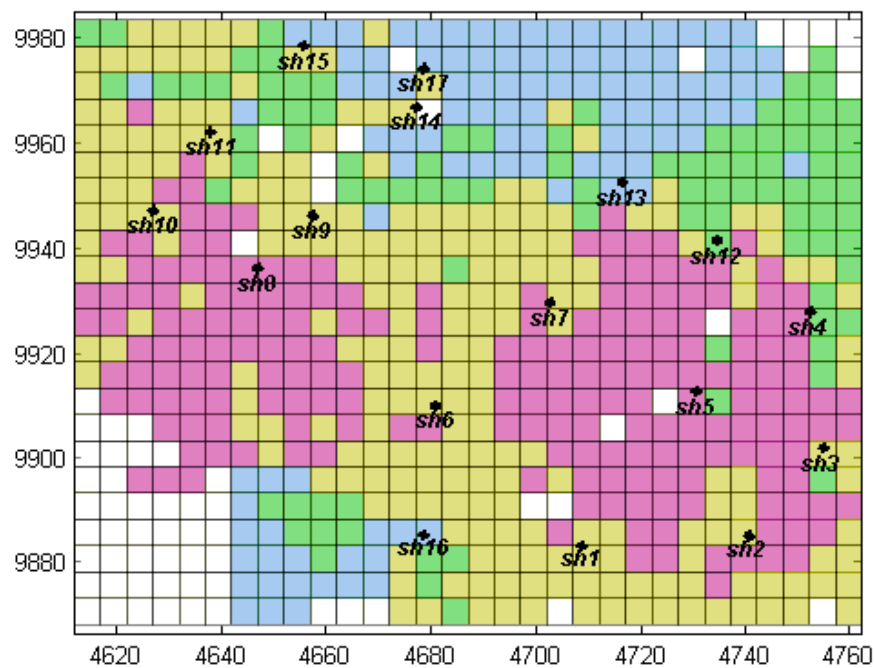


Рисунок 2.10 – Отвал № 1, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 120 мг/м^3

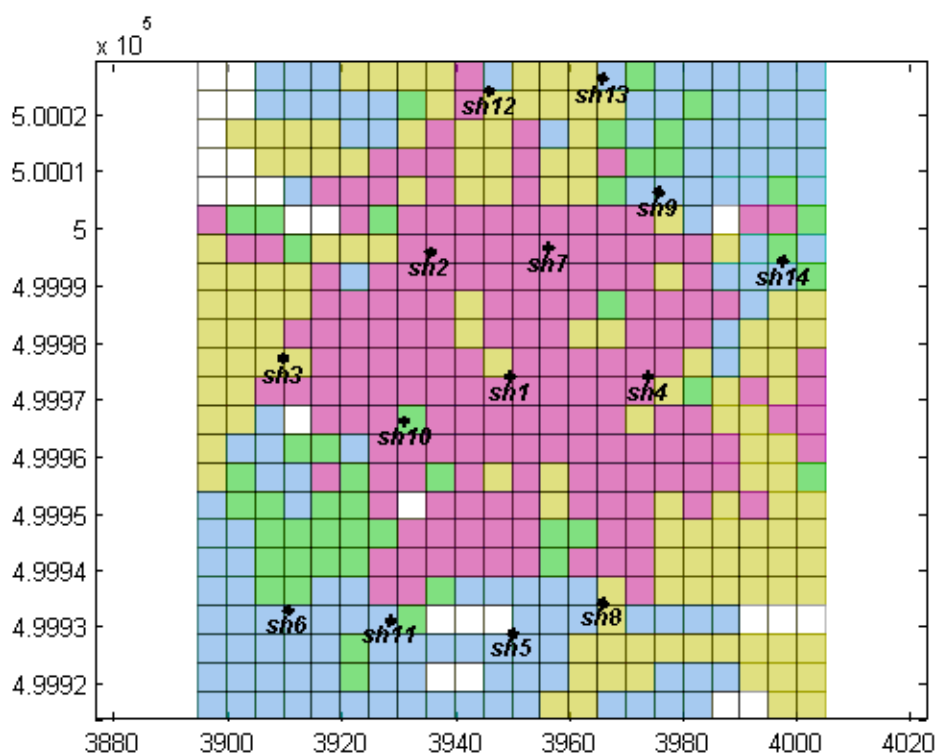


Рисунок 2.11 – Отвал № 2, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 120 мг/м^3

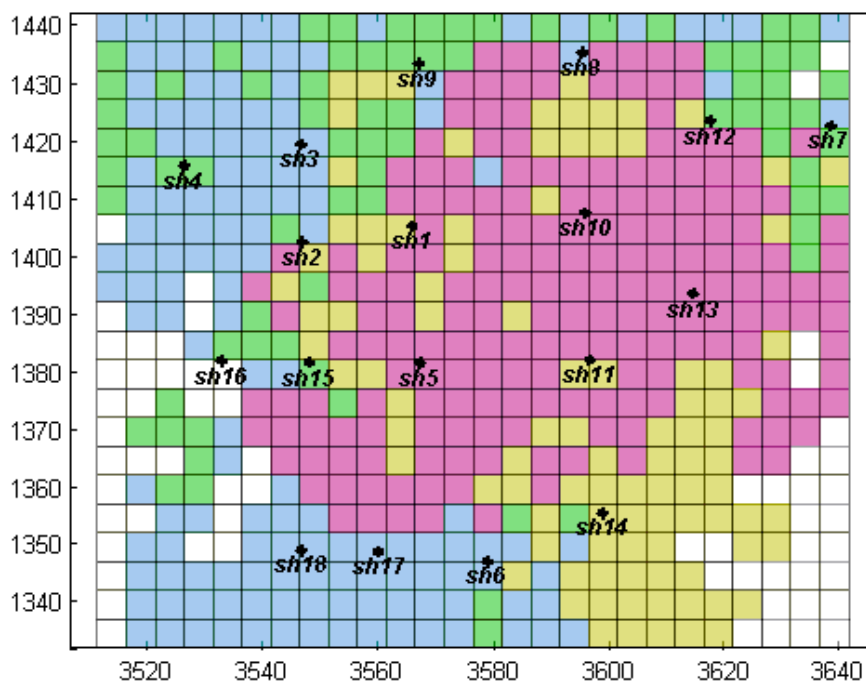


Рисунок 2.12 – Отвал № 3, компьютерная модель при среднем содержании золота в контуре не менее 120 мг/м³

Для выработки более эффективных управленческих решений геотехнологу зачастую необходимо представление о расположении рудосодержащей породы в пространстве. Основываясь на закономерностях распространения оруднения в пространстве, компьютер просчитывает и точно распределяет запасы в трехмерном пространстве, учитывая также возможное нахождение руды на нескрытых участках, чего не учитывает ручной подсчет. Это даст возможность визуально оценить возможность отработки залежи по тому или иному уровню профиля и подсчитать, сколько полезного компонента может быть извлечено в целом, и сколько технологически не возможно извлечь. Очевидно, что традиционными ручными методами оконтуривания получить отображения таких планов практически невозможно. В качестве демонстрации возможностей АИС «Геотехнология» далее приведено пространственное распределение содержания золота в отвалах.

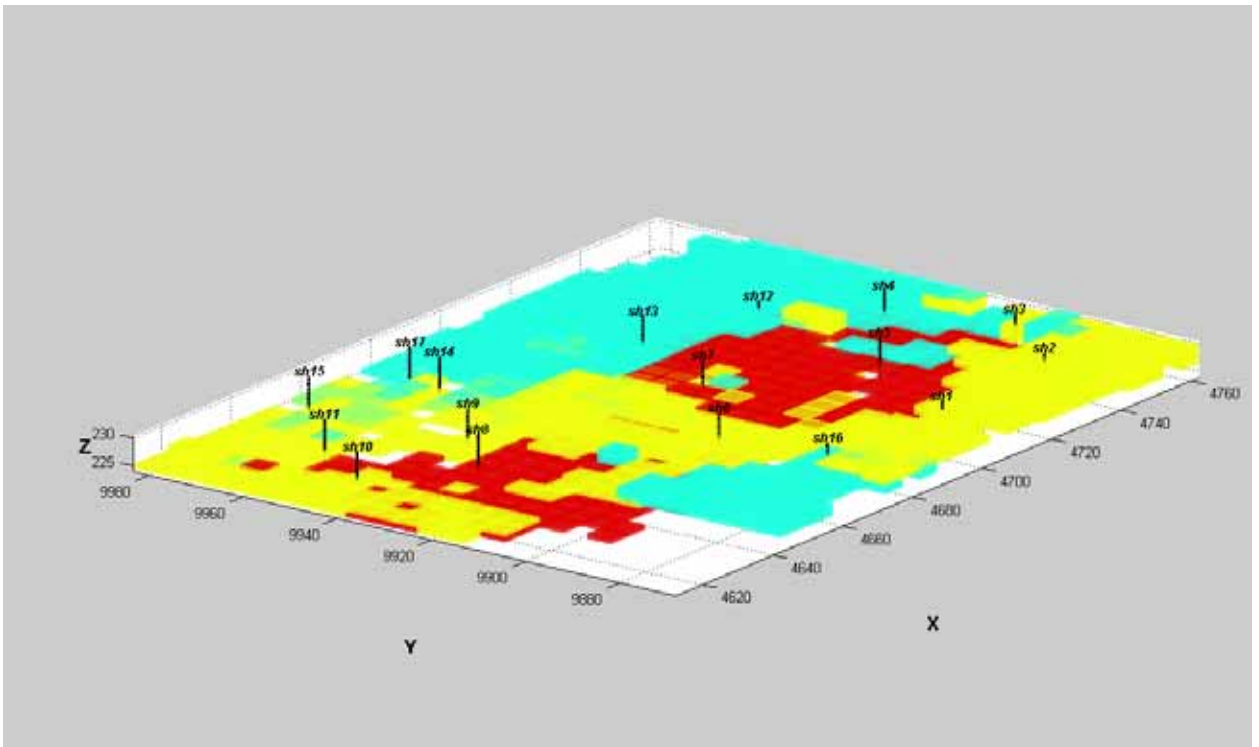


Рисунок 2.13 – Пространственное распределение золота отвала № 1

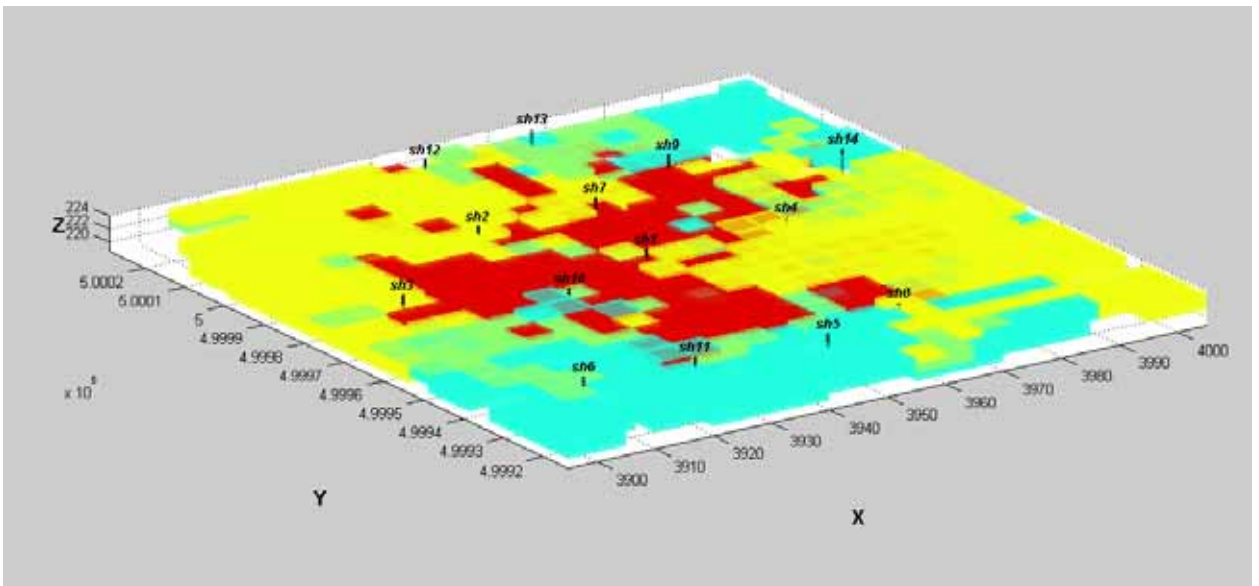


Рисунок 2.14 – Пространственное распределение золота отвала № 2

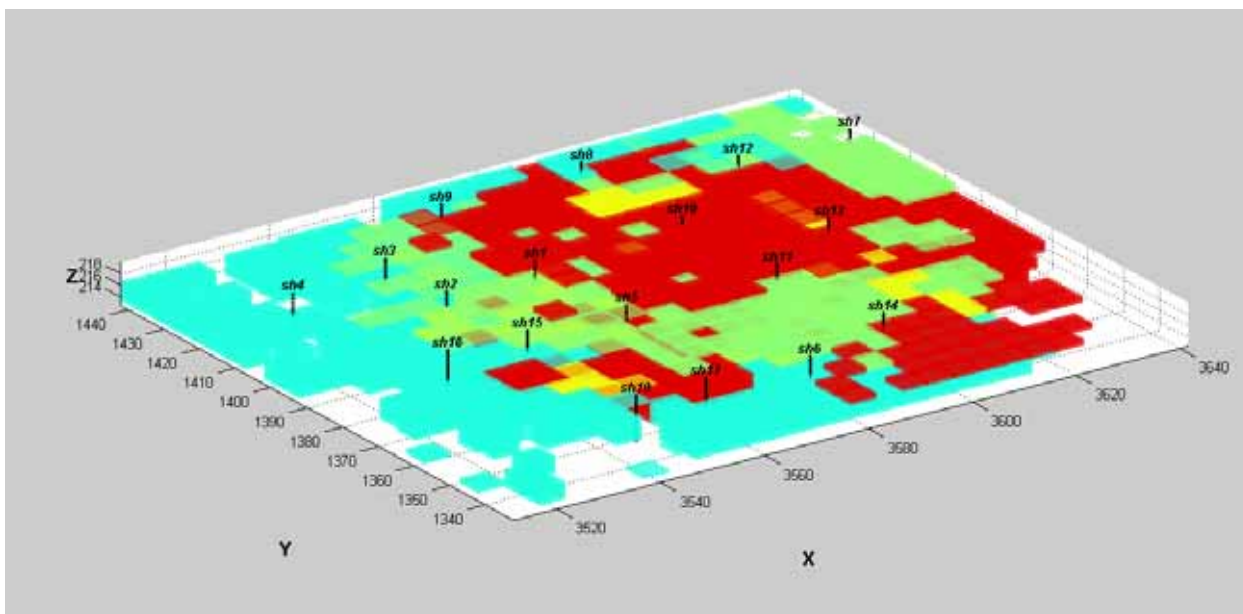


Рисунок 2.15 – Пространственное распределение золота отвала № 3

Таким образом, предлагаемая информационная система позволяет не только автоматизировать процесс и в разы сократить время расчета, обеспечивая оперативный доступ к информации необходимой для принятия эффективных управленческих решений, но и дает возможность получать дополнительную информацию по месторождению, которая раньше была не доступна в силу сложности и большой трудоемкости ручного расчета.

2.3 Модель размещения качественных показателей по глубине разработки

2.3.1 Моделирование распределения выхода марок рудного сырья на геологических участках Саткинского месторождения магнезита

Саткинское месторождение магнезита представлено семью участками: Карагайский, Гологорский, Мельнично-Паленихинский, Северо-Карагайский, Каргинский, Березовский и Ельничный.

В настоящее время открытые горные работы ОАО «Комбинат Магнезит» ведет на Карагайском, Мельнично-Паленихинском и Березовском карьерах, которые выбывают из эксплуатации соответственно в 2010, 2015-2018 и 2018-2021 годах.

В табл. 2.12 представлены результаты расчета запасов и качества магнезиального сырья на участках Саткинского месторождения, выполненные по данным «Пересчета запасов Саткинского месторождения на 2003 г.»

Таблица 2.12 – Запасы магнезиального сырья по участкам Саткинского месторождения

Наименование участка	Категория запасов	Запасы, тыс. т	Содержание, %			Сорт	Выход высококачественного магнезита, γ, %	Кол-во высококачественного магнезита, тыс. т
			MgO	CaO	SiO ₂			
Северо-Карагайский	B	3632	45,77	1,19	1,10	2	55	1998
	C ₁	18115	45,54	1,25	1,15	3	51	9239
	C ₂	2187	45,77	1,30	0,98	2	60	1312
	ИТОГО	23934	45,60	1,24	1,13	3	52	12446
Мельнично-Паленихинский	B	6910	45,82	1,10	1,01	2	62	4284
	C ₁	17987	45,61	1,31	0,92	2	63	11332
	C ₂	2249	45,50	1,52	0,94	2	57	1282
	ИТОГО	27146	45,65	1,28	0,95	2	62	16831
Каргинский	B	789	45,68	1,21	1,07	2	56	442
	C ₁	5022	45,59	1,24	1,18	3	50	2511
	C ₂	1178	45,29	1,57	1,12	3	47	554
	ИТОГО	6989	45,55	1,29	1,16	3	50	3495
Березовский	B	4065	45,94	1,21	1,08	2	56	2276
	C ₁	3546	45,85	1,28	1,06	2	56	1986
	C ₂	232	46,13	1,09	1,20	3	51	118
	ИТОГО	7843	45,90	1,24	1,08	2	55	4314
Карагайский	C1	43312	45,18	1,02	0,82	1	75	32484
	C2	3745	45,51	1,41	0,94	2	60	2247
	ИТОГО	47057	45,21	1,05	0,83	1	74	34822
Гологорский	B	6589	46,24	0,75	0,96	2	69	4546
	C ₁	42036	46,07	0,81	1,06	2	62	26062
	C ₂	3459	45,65	1,21	1,14	3	52	1799
	ИТОГО	52084	46,06	0,83	1,05	2	62	32292
Ельничный	C ₁	1608,73	44,61	2,04	0,78	2	51	820
	C ₂	1004,63	44,22	2,34	0,82	3	41	412
	ИТОГО	2613	44,46	2,16	0,80	3	47	1228

В резерве остается лишь Ельничный карьер, с весьма малыми запасами руды, высоким средним коэффициентом вскрыши и низким выходом высших сортов руды (табл. 2.13).

Таблица 2.13 – Обобщенные данные по действующим карьерам на 01.01.2007

№№ п/п	Карьер	Руда тыс.т	Выход ММИ+ММШ, %	Вскрыша, тыс.м ³	Средний коэффициент вскрыши, К _{ср} , м ³ /т
1.	Карагайский	3500	52	720	0,2
2.	Мельнично- Паленихинский	8456	43	17670	2,09
3.	Березовский	7209	38,5	18333	2,543
Всего:		19165	43,0	36723	1,92
Резерв:					
4.	Ельничный	2710	33	13770	5,27

Вскрышные и добычные горные работы на всех действующих карьерах производятся уступами высотой 10-12м, а при добыче магнезита с пологопадающим залеганием и при наличии карстов – с целью снижения потерь, разубоживания руды и увеличения выхода высших сортов (МИ и МШ) подступами 5-6 м.

Особенностью добычных работ открытым способом при разработке магнезитовых залежей является невозможность визуально разделить марки сырого магнезита, и в первую очередь наиболее востребованных сортов МШ и МИ, что вызывает необходимость увеличения объемов эксплуатационной разведки и в частности – опробования руды и аналитических анализов для надежного разделения их в рудном массиве и в развале взорванной горной массе для последующей погрузки и в технологических потоках на ДОФ. Объекты эксплуатационной разведки в связи с усложнением и разнообразием условий залегания рудных тел (разные углы падения и мощность рудных тел, карсты, дайки) в значительной степени отстают от потребности, что в практике приводит к снижению выхода высших сортов магнезита.

Увеличение выхода высших марок магнезитового сырья в процессе добычных работ становится особенно актуальным при вовлечении в открытую разработку участков месторождения со значительно более низкими их исходными (геологическими) значениями (карьеры: действующие Мельнично-Паленихинский, Березовский и перспективные – Северо-Карагайский, Ельничный, Восточный Семибратского месторождения).

Вследствие выбытия из эксплуатации Карагайского карьера в 2010-2012 годах резко, до 35-37% снижается выход высших (ММИ и ММШ) сортов руды. Разнос южного борта Карагайского карьера с целью добычи 6,2 млн.т богатой руды возможен только к 2016 году из-за ограничений накладываемых скоростью понижения вскрышных работ не

более 30-40 м/год, общей производственной мощностью по вскрыше в пределах 8,3 млн.м³/год, а также более высокой себестоимостью добычи 1 т руды по сравнению с подземными работами в 1,55 раза, а с учетом дисконта (опережения вскрышных работ в среднем на 5 лет) до 2 раз. Частично восполнить этот провал по качеству до 38% возможно вводом в эксплуатацию по безвзрывной технологии законсервированного участка западного борта Карагайского карьера с запасами руды 0,75 млн.т., а также проектной проработки изменения границ и календарного плана развития горных работ на действующих Мельнично-Паленихинском и других карьерах.

Для обоснования технической допустимости и экономической эффективности дальнейшей разработки Саткинского месторождения проведен комплекс работ, результаты которого, обобщенные в виде отдельных содержательных этапов исследований. В частности, выход высококачественного магнезита (марки ММШ+ММИ) рассчитан по методике, разработанной ИГД УрО РАН на основе обработки геологических данных отчетов по переоценке запасов, которые апробированы ГКЗ Минприроды РФ [102, 103]. Методика разработана на базе статистических распределений прогнозирования выхода сортов руды по данным геологической информации о качестве минерального сырья. Вероятностная оценка выхода технологического сорта руды с применением многомерной функции распределения показателей повышает достоверность оперативного планирования качества добываемой руды на 30 – 40 %.

Практически на всех горнорудных предприятиях существуют технологические классификации добываемого сырья, учитывающие особенности обогатимости и специфику производства видов товарной продукции. Селективная добыча отдельных сортов сырья осуществляется на основании геологического картирования рудной залежи. Разделение на сорта производится по совокупности качественных показателей. Критериями могут приниматься различные показатели:

- содержание основного контролируемого компонента;
- содержание вредных примесей (Саткинское месторождение магнезита);
- гранулометрические характеристики (Лисаковское месторождение);
- содержание шлакообразующих окислов (месторождения цветных металлов);
- основность (железорудные и известняковые месторождения);
- текстурные характеристики (Качканарское месторождение титаномагнетитовых руд).

Рассматривая методика основана на следующих положениях:

- На Саткинском месторождении магнезита распределение содержаний компонентов, построенное по всей залежи, не характеризует распределение содержаний в

отдельных блоках. Два рудных блока на одном и том же месторождении с различным среднеблочным содержанием имеют один закон распределения, но разные его параметры. При асимметричном характере распределения стандарт отклонения σ и среднеблочное значение показателя $\{\bar{x}, \bar{y}, \dots, \bar{z}\}$ связаны стохастической зависимостью.

- Это позволяет использовать законы статистических распределений для разработки методики прогнозирования выхода сортов руды по данным геологической информации о качестве минерального сырья по глубине отработки. Пусть совокупность качественных показателей месторождения образуют случайное поле $\{x, \bar{x}, \sigma_x; y, \bar{y}, \sigma_y; \dots; z, \bar{z}, \sigma_z\}$. Многомерная функция распределения данного поля описывается выражением $F\{x, \bar{x}, \sigma_x; y, \bar{y}, \sigma_y; \dots; z, \bar{z}, \sigma_z\}$. Руды месторождений разделены по технологической классификации на k сортов с ограничением по каждому качественному показателю. Асимметричный характер распределения качественных показателей предполагает зависимость между средним содержанием, стандартом отклонения показателя σ , асимметрией A и эксцессом ε .

- Прогнозируемый выход k – й марки магнезита можно представить в виде

$$\gamma_k = F(x_k, y_k, \dots, z_k) - F(x_{k-1}, y_{k-1}, \dots, z_{k-1}) = \int_{x_{k-1}}^{x_k} \int_{y_{k-1}}^{y_k} \dots \int_{z_{k-1}}^{z_k} f(x, \bar{x}, y, \bar{y}, \dots, z, \bar{z}) dx dy dz \quad (2.3.1.1)$$

где $f(x, \bar{x}, y, \bar{y}, \dots, z, \bar{z}) dx dy dz$ - совместная плотность распределения качественных показателей;

$x_k, y_k, \dots, z_k; x_{k-1}, y_{k-1}, \dots, z_{k-1}$ - значение качественных показателей, характеризующих соответственно верхнюю и нижнюю границу k – й марки.

В случае взаимной независимости качественных признаков, характеризующих сорт, выражение (2.3.1.1) примет вид

$$\gamma_k = F(x_k)F(y_k) \dots F(z_k) - F(x_{k-1})F(y_{k-1}) \dots F(z_{k-1}), \quad (2.3.1.2)$$

где $F(x_k), F(x_{k-1})$ - значение функции распределения качественного показателя x соответственно на верхней и нижней границах k – ой марки.

В соответствии с классификацией на ОАО «Комбинат Магнезит» добываемые и перерабатываемые руды разделены на 4 марки, представленные в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Технические условия к добываемой магнезитовой руде на ОАО «Комбинат Магнезит»

Марка сырья	Предназначения сырья	Содержание, % (не более)		
		SiO ₂	CaO	Количество доломита
ММШ	Магнезит низкокремнистый на обжиг в шахтных печах	0,6	1,4	1,0
ММИ	Магнезит на обжиг для получения порошков для производства изделий	1,1	2,1	2,0
ММП	Магнезит на обжиг для получения заправочных порошков	2,5	7,0	5,0
ММПО	Магнезит марки МП, засоренный доломитом не более 15 %	>2,5	>7,0	15,0

Многолетний опыт отработки месторождения показал, что внутреннее строение рудных тел характеризуется высокой перемижаемостью марок магнезита. Добываемое сырье представляет собой смесь магнезита высших и низших марок. Границы между магнезитом разных марок носят условный характер и определяются требованиями потребителя сырья.

При планировании горных работ особую актуальность приобретает достоверность прогнозирования подачи определенных марок магнезита на переработку. Исследованиями установлено: любой блок магнезитового сырья, отнесенный к конкретной марке, содержит в себе не только определенную долю этой марки; остальная часть представляет собой совокупность высших и низших марок магнезита.

Распределение окислов кальция и кремния на Саткинском месторождении магнезита имеет ярко выраженный правоасимметричный характер и достаточно хорошо аппроксимируется логарифмически-нормальным (логнормальным) законом, функция распределения которого определяется выражением

$$F(x) = (\sqrt{2\pi})^{-1} \int_{-\infty}^u e^{-0,5t^2} dt, \quad (2.3.1.3)$$

где

$$u = \frac{\ln x - \ln x_0}{\sigma_z}, \quad (2.3.1.4)$$

x – значение случайной величины.

Логнормальное распределение определяется двумя параметрами x_0 и σ_z . Величина $\ln x_0$ представляет собой математическое ожидание случайной величины $z = \ln x$, σ_z - стандарт ее отклонения. Величины x_0 и σ_z связаны с математическим ожиданием \bar{x} и стандартом отклонения σ_x следующими соотношениями:

$$x_0 = \frac{(\bar{x})^2}{\sqrt{\sigma_x^2 + (\bar{x})^2}}, \quad (2.3.1.5)$$

$$\sigma_z = \sqrt{2(\ln \bar{x} - \ln x_0)}. \quad (2.3.1.6)$$

Зависимость между средним значением \bar{x} и стандартом отклонения σ_x в условиях Саткинского месторождения магнезитов имеют вид:

для содержаний CaO

$$\sigma_x = 0,58\bar{x}(r = 0,8); \quad (2.3.1.7)$$

для содержаний SiO_2

$$\sigma_x = 0,87\bar{x} - 0,2(r = 0,85). \quad (2.3.1.8)$$

Вероятностная оценка выхода марки магнезита проведена с использованием двумерной функции логнормального распределения, имеющей вид

$$F(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_i}^{x_j} \int_{y_i}^{y_j} e^{-\frac{u^2+v^2}{2}} du dv, \quad (2.3.1.9)$$

где x, y – соответственно содержание CaO и SiO_2 ;

x_i, x_j – соответственно нижняя и верхняя границы марки магнезита по содержанию CaO ;

y_i, y_j – соответственно нижняя и верхняя границы марки магнезита по содержанию SiO_2 ;

u, v - соответственно величины, определяемые из выражения (2.1.2.4), для содержаний CaO и SiO_2 .

Таким образом, вероятностный выход \mathcal{Y}_k k – ой марки магнезита для средних значений содержаний CaO и SiO_2 (\bar{x}, \bar{y}) может быть определен из выражения

$$\gamma_k = F_k(x_j, y_j) - F(x_i, y_i) \quad (2.3.1.10)$$

Для получения более полной картины о характере изменения качественного состава руды в пространственном поле каждого из участков осуществлен анализ данных детальной разведки Саткинской группы месторождений как по простиранию оруденения, так и по вертикали. Последовательность выполнения расчетов выглядит следующим образом:

- по данным геологических разрезов в качестве исходных данных принимались абсолютные отметки подсечения скважинами висячего и лежащего боков рудных тел, вертикальные мощности рудных тел, средние содержания CaO и SiO₂ в рудных пересечениях скважин;

- выполнена разбивка подсечений рудных тел по проектным горизонтам;

- выполнены расчеты средневзвешенных по горизонтам и скважинам значений качественных показателей CaO и SiO₂;

- на основе ранее разработанной методики получены значения выхода высококачественного магнезита, а также коэффициента основности $K_0 = CaO/SiO_2$ по каждому проектному горизонту и геологическому разрезу.

На рис. 2.16 представлен график изменения выхода магнезита марок ММШ+ММИ в пространственном поле Березовского участка Саткинского месторождения.

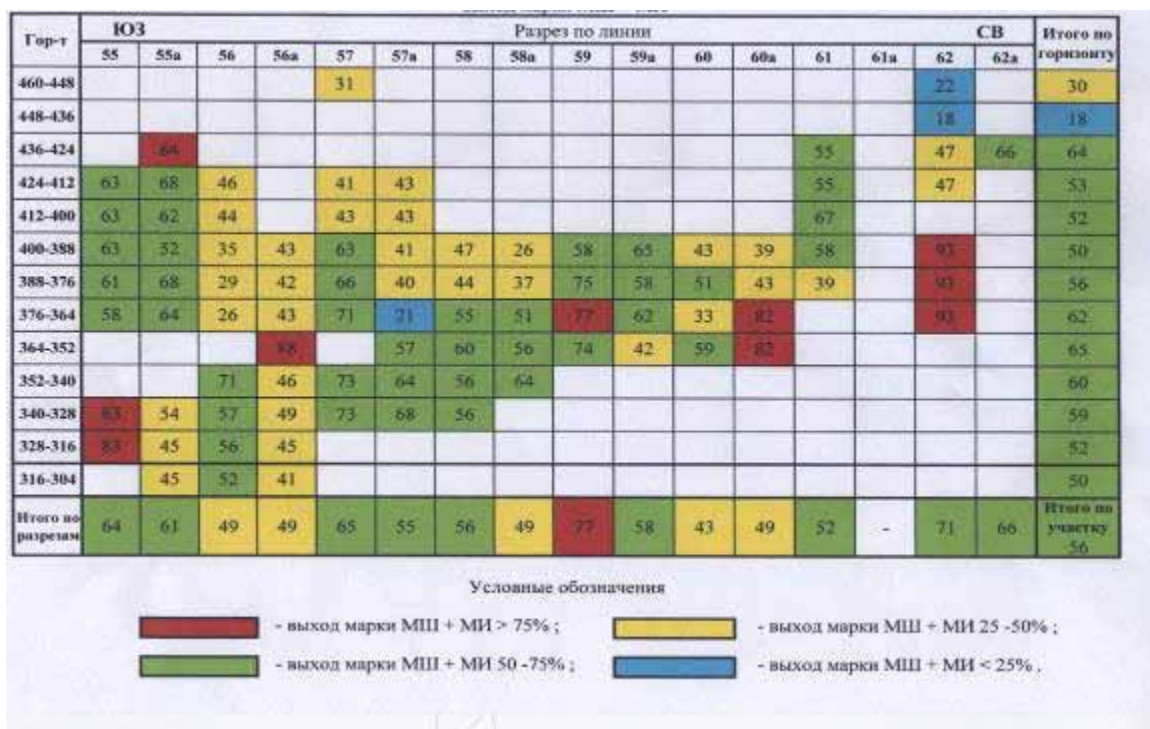


Рисунок 2.16 – Прогнозируемый выход марок магнезита на Березовском участке Саткинского месторождения

На рис. 2.17 представлена диаграмма распределения запасов магнетита марок ММШ+ММИ на саткинской группе месторождений.

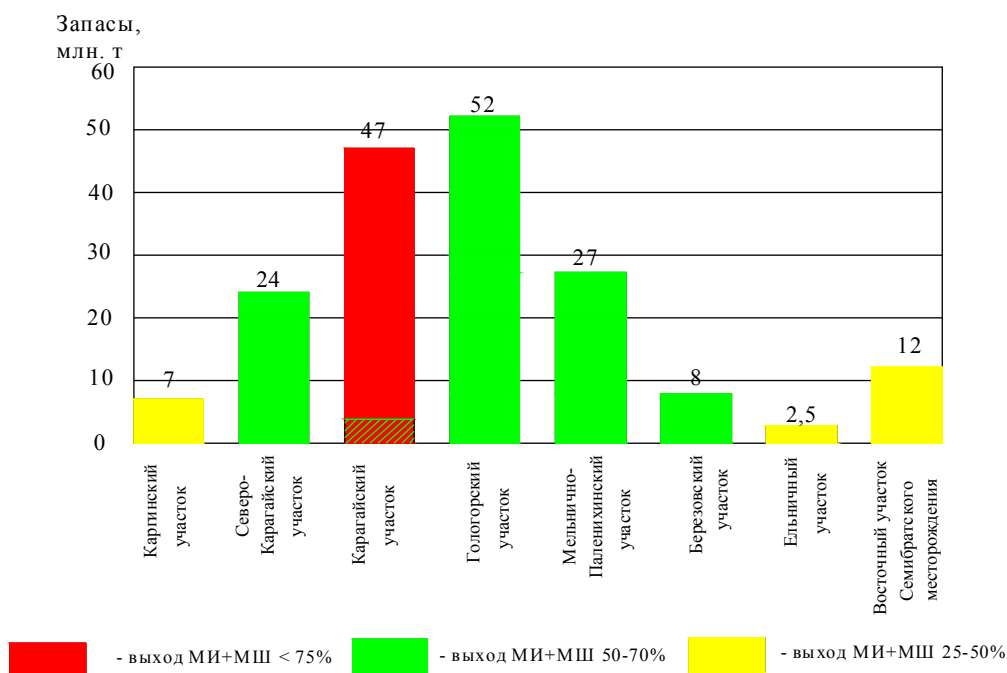


Рисунок 2.17 – Запасы и качество сырья на объектах (участках и месторождениях магнетита) – текущей и перспективной минерально-сырьевой базы ОАО «Комбинат Магnezит»

Анализ результатов геометризации выхода магнетита марок МШ+МИ позволяет сделать следующие выводы:

- Карагайский участок месторождения по данным пересчета запасов 2003 года, в целом представляет собой наиболее «богатый» по выходу высокомагнезиального сырья объект. Тем не менее, дорабатываемые в настоящее время верхние горизонты отличаются пониженным выходом магнетита марок ММШ+ММИ. Средние и нижние горизонты участка, наоборот, представляют собой очень «богатую» по выходу высококачественного магнетита часть месторождения. Перспектива разработки этой части Карагайского участка является важнейшей составляющей инвестиционных проектов предприятия на перспективу;

- Гологорский и Мельнично-Паленихинский участки Саткинского месторождения по качественным характеристикам являются основой для получения качественного магнетита на период до 2015 года;

- Северо-Карагайский и Каргинский участки Саткинского месторождения, Березовское и Ельничное месторождения характеризуются более низким качеством минерального сырья.

Выявленная на ОАО "Комбинат Магнезит" взаимосвязь между гранулометрическим и химическим составом магнезитового сырья позволяет рекомендовать технологию рудоподготовки для предобогащения забалансовых руд в отвалах некондиционного сырья.

На балансе предприятия (сентябрь 2007 г.) находится около 5,3 млн. т заскладированного некондиционного сырья. По результатам исследований, выполненных ИГД УрО РАН на ОАО "Комбинат Магнезит" разработана технология рудоподготовки с использованием грохотильно-перегрузочных пунктов (ГПП).

Технология предусматривает следующую организацию работ:

- просеивание поступающего со складов некондиционного сырья горной массы на неподвижных или вибрационных грохотах;
- отгрузка надрешетного продукта на ДОФ-2 с последующей его переработкой в секции обогащения;
- складирование подрешетного продукта в отвалы пустых пород.

Как показали замеры грансостава на спецотвалах Волчьегогорско-Степного карьера в 1995-97 гг., выход класса +200 мм (надрешетный продукт) составляет 55-60 %. Выход концентрата \approx 50-55 %. Учитывая опыт предприятия по переработке некондиционного сырья, из концентрата можно получить только 50% магнезитового сырья марки МШ+МИ.

Внедрение технологии предобогащения может существенно погасить дефицит магнезита марки «МШ+МИ» на предприятии в 2009-2012 гг. (4 года) в размере от 50 до 100 тыс. т/год.

В течение последних лет годовой объем переработки магнезитового сырья на ОАО "Комбинат Магнезит" составляет 2,79 – 3,15 млн. т. При этом на ДОФ-1 и ДОФ-2 перерабатывается магнезит высших марок "МШ+МИ" в количестве 1,74 – 2,02 млн. т/год, концентрата марки МИ от 0,48 до 0,57 млн. т/год (годовые отчеты ДОФ ОАО "Комбинат Магнезит" 2004 – 2006 гг.).

Начиная с 2008 г. комбинатом планируется стабилизировать добычу рудной массы на уровне 3,1 млн. т/год, с получением магнезита высших марок (МИ и МШ) на уровне 2,1 млн. т/год (в 2006 г. выпуск этих марок составил 2,017 млн. тонн при переработке 3,15 млн. тонн руды в год). Данное увеличение выпуска магнезита высших марок предполагается достигнуть на фоне снижения доли магнезита высших марок в добываемой рудной массе, обусловленной ухудшением горно-геологических условий.

В данных условиях, для обеспечения выпуска требуемого количества магнезита высших марок (2,1 млн. т/год), требуется разработка и внедрение комплекса мероприятий, основными из которых являются:

- управление качеством поступающего на ДОФ сырья путем формирования рудных потоков с карьеров и шахты;

- увеличение объемов сырья, поступающего на обогащение, за счет вовлечения в переработку сырой магнезитовой руды марки ММП;

- совершенствование систем опробования и контроля исходной руды и продуктов обогащения и создание на этой базе системы управления качеством выпускаемой продукции.

На возможность увеличения доли партий высших марок магнезита в поставляемой руде указывает наличие существенного “запаса” по содержанию SiO_2 и CaO в партиях сырой руды, подаваемых в ЦМП. Среднее содержание SiO_2 и CaO в сырой магнезитовой массе в последние годы составляет, соответственно, 0,9 % и 1,2 % для ММИ и 1,4 % и 2,2 % для ММП. Часть сырой руды марки ММП, удовлетворяющей требованиям к руде марки ММИ, может быть направлена на ЦМП как ММИ, что может существенно повысить выход последней, не превышая требуемых ограничений по содержанию SiO_2 и CaO , соответственно, 1,1 % и 2,1 %.

Результаты расчетов по определению доли магнезита марки “МШ+МИ” теряемого за счет завышения требований к качеству исходного сырья, показали следующее:

- за счет завышения требований к исходному магнезитовому сырью в 2006 г. количество теряемого высококачественного магнезита марки “МШ+МИ” составляет от 220 до 260 тыс. т.

- получаемый дефицит можно погасить за счет подшихтовки магнезиального сырья марки “МП” в количестве 80 тыс. т к магнезиту марки “МШ+МИ” на перегрузочных карьерных складах ОАО “Комбинат Магнезит”.

2.3.2 Методика обоснования стратегии поддержания минерально-сырьевой базы комбината «Магнезит»

Целью поддержания минерально-сырьевой базы ОАО «Комбинат Магнезит», является обеспечение технологических (порошковых) цехов комбината высококачественным сырьем марки МШ и МИ.

Сырьевую базу ОАО «Комбинат Магнезит» в настоящее время составляют, разрабатываемое Саткинское (Карагайский, Мельнично-Паленихинский, Гологорский участки, резервные участки Северо-Карагайский, Каргинский) и Березовское месторождение магнезита.

В непосредственной близости от промплощадки комбината находится Ельничный участок магнезита, учитываемый в госрезерве с забалансовыми запасами. Несмотря на их

относительно небольшую величину, после пересчета по новым кондициям, руды Ельничного участка могут представлять практический интерес.

Открытая разработка на Саткинском месторождении развита в наибольшей степени, а подземная – шахта «Магнезитовая», находится в стадии развития. Начиная с 2008 г. комбинатом планируется стабилизировать добычу рудной массы на уровне 3,1 млн. т/год, с получением магнезита высших марок на уровне 2,1 млн. т/год. Увеличение выпуска магнезита высших марок, предполагается достигнуть на фоне снижения их доли в добываемой рудной массе.

Для обоснования технической допустимости и экономической эффективности дальнейшей разработки Саткинского месторождения проведен комплекс работ, результаты которого, обобщенные в виде отдельных содержательных этапов исследований, представлены ниже в виде обобщенного порядка анализа, а также генерирования и оценки вариантов стратегии поддержания минерально-сырьевой базы (МСБ) комбината «Магнезит».

Этап 1. Предварительный анализ минерально-сырьевой базы.

На первой стадии было проанализировано 5 вариантов календарных графиков отработки месторождения (рис. 2.18), оцененных по объемам добываемой руды и ее качеству. Анализ графиков свидетельствует о том, что во всех случаях в период с 2009 по 2013 гг. комбинат ожидает снижение выхода магнезита высоких марок (рис. 2.19).

Оценка качественных показателей и выход магнезита марки МШ+МИ рассчитан по выше приведенной методике, разработанной ИГД УрО РАН на основе обработки геологических данных отчетов по переоценке запасов, которые апробированы ГКЗ Минприроды РФ (за исключением Ельничного). На рисунке (см рис. 2.17) представлена диаграмма распределения запасов магнезита и выход марок МШ+МИ в балансовых запасах по всем участкам месторождения. Анализ приведенных данных по участкам Саткинского месторождения и характеристики их качества позволяет сделать следующие выводы:

Открытые горные работы

- Дорабатываемые открытым способом верхние горизонты Карагайского участка (около 3,5млн.т), характеризуются пониженным выходом магнезита марок МШ+МИ;
- Березовское и Ельничное месторождения также имеют сравнительно низкое качество минерального сырья.
- Мельнично-Паленихинский участок является основой для получения качественного магнезита на период до 2015 года открытыми горными работами.

Подземные горные работы

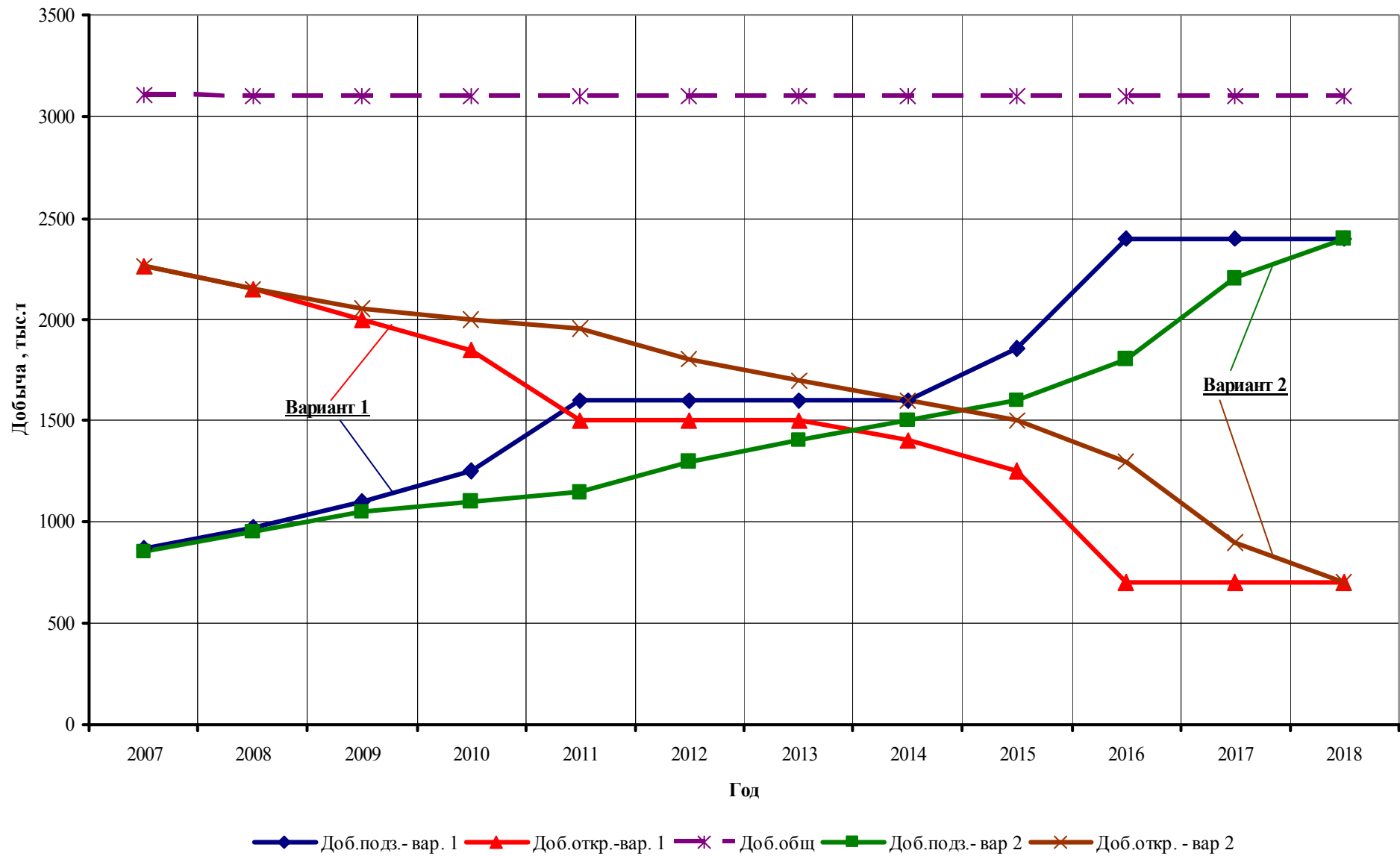


Рисунок 2.18 – Тенденции изменения объемов добычи руды при открытой и подземной разработке в период 2007-2018 гг.

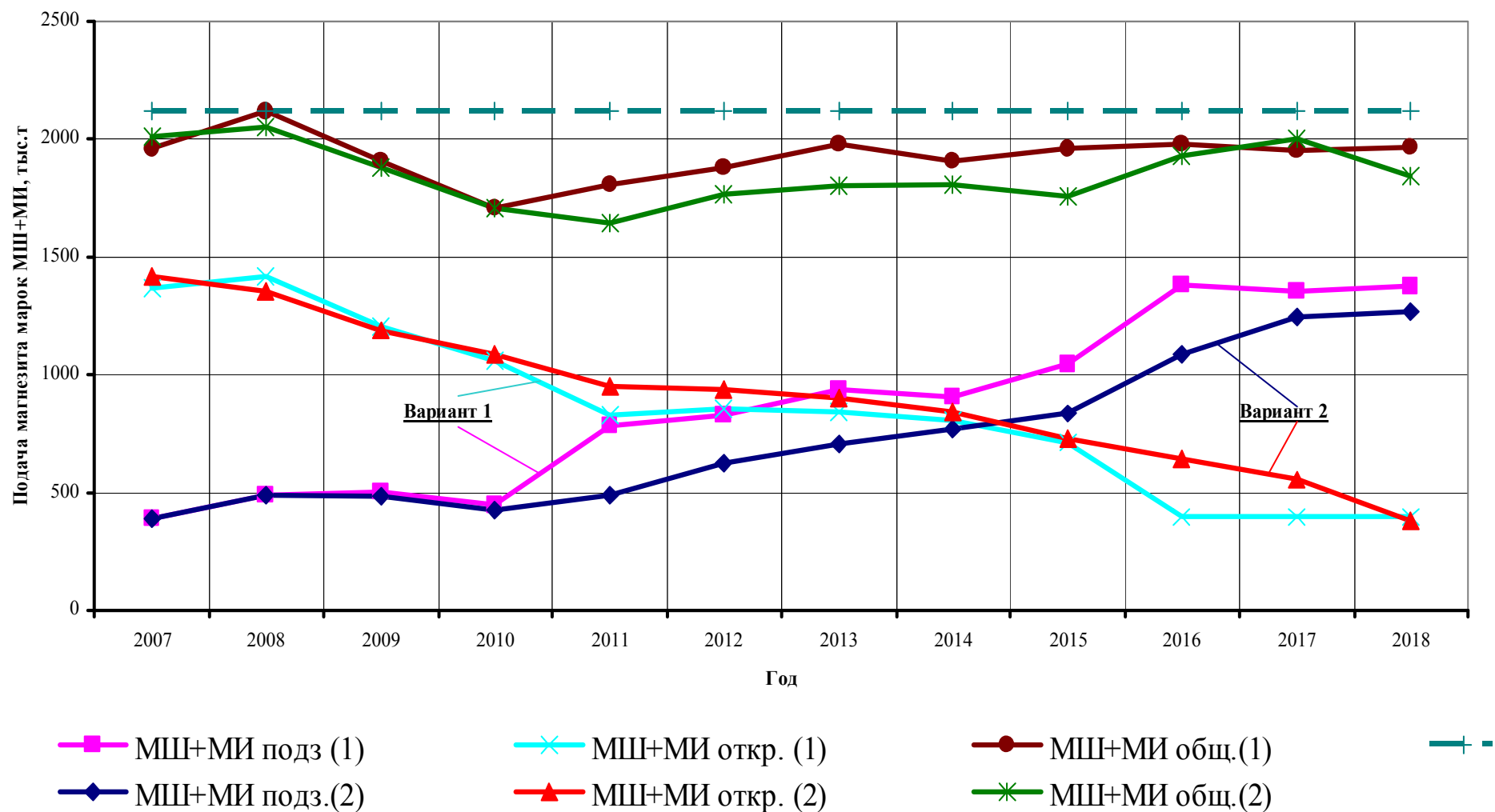


Рисунок 2.19 – Тенденция изменения объемов подачи магнетитового сырья марок «МШ+МИ» в период 2007-2018 гг.

- Часть Карагайского участка, предназначенная для отработки подземным способом, в целом представляет собой наиболее «богатый» по выходу высокомагнезиального сырья объект;
- Гологорский участок Саткинского месторождения по качественным характеристикам являются основой для получения качественного магнезита на период до 2015 года;
- Северо-Карагайский и Каргинский участки Саткинского месторождения характеризуются достаточно низким качеством минерального сырья.

В целом рассмотренные варианты показывают, что перспективная (до 2015 г.) программа может быть выполнена за счет эксплуатации наиболее подготовленных участков открытой добычи, все действующие карьеры при этом будут отработаны. При этом Березовский участок следует эксплуатировать в любом случае, а Ельничный является резервным, в зависимости от принятой стратегии развития подземного рудника.

Этап 2. Выявление системообразующих элементов МСБ предприятия.

На настоящий момент времени около 90% оставшихся запасов Саткинской группы месторождений предназначено для подземной добычи. Вследствие этого дальнейшие перспективы отработки Саткинской группы месторождений магнезита прежде всего связаны с развитием горных работ на шахте «Магнезитовая». Балансовые запасы магнезитов для подземной разработки шахтой «Магнезитовая» по состоянию на 1.01.2007 г. приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15 - Балансовые запасы магнезита по участкам подземной разработки

Наименования участков	Ед. изм.	Категория запасов		Всего
		B+C ₁	C ₁	
Всего по Саткинскому месторождению	тыс.т	136 355	12 849	149 204
Подземная разработка, в т.ч.	тыс.т	126 096	12 210	138 306
- запасы выше горизонта +180м	тыс.т	16 823	3 963	20 786
- запасы ниже горизонта +180м	тыс.т	49 844	1837	51 681
- запасы Северо-Карагайского и Каргинского участков		17 027	2944	19 971
запасы в охранных целиках:				
- под ж/д и р. Сатка	тыс.т	30 564	2601	33 165
- под днищем Гологорского карьера	тыс.т	857	443	1300
- между восточным бортом Карагайского карьера и подземными работами	тыс.т	452	-	452
- целик поверхности (Северо-Карагайский и Каргинский участки)	тыс.т	10 529	422	10 951
Промышленные запасы для подземной разработки	тыс.т	83 694	8744	92 438

В соответствии с действующим проектом более 33% балансовых запасов месторождения, подлежащих подземной разработке, находятся в разного рода охранных целиках. По сравнению с запасами на открытую разработку – 19165 тыс.т можно обоснованно полагать, что шахта «Магнезитовая» на перспективу является системообразующим элементом комбината.

С целью изыскания резервов открытой разработки, а также компенсации недостающего природного качества подготовленных участков нами была произведена оценка способов и технологий отработки месторождений, а также горно-технических возможностей и качества добываемых руд. Для решения поставленных задач произведены технологические расчеты по отдельным участкам открытой и подземной добычи.

Варианты интенсификации подземной отработки по отдельным участкам в дополнение к проектным решениям представлены в табл. 2.16. Анализ горно-технических возможностей открытой разработки показал, что для поддержания рудной базы и качества сырой руды имеются дополнительные возможности, охарактеризованные в табл. 2.17

Этап 3. Формирование крайних вариантов очередности вовлечения в отработку месторождений.

Действующим проектом развития шахты «Магнезитовая» годовая производительность 1,6 млн. т/год должна быть достигнута к 2011 году (табл. 2.16) за счет ввода в эксплуатацию гор. +100 м, и в части, подготовки и нарезки добычного блока № 1 гор. 100 м. В 210 – в 2011 гг. из блока №1 проектом предполагается добыть 400 тыс. т магнетита. Развитие фронта добычных работ и выход шахты на производительность 2400 тыс. т/год предусматривается к 2016 г.

Таблица 2.16

Подземные горные работы					
Участки	Эксплуатац. запасы, тыс. т	Год ввода в эксплуатацию	Балансовые запасы, тыс. т	потери, %	засорение, %
Западный борт Карагайскоко карьера блок А (блок Б Северо-Карагайский участок месторождения)	БлокА -1040 БлокБ -1540 Итого по блокам 2580	2009	БлокА - 1160	по блоку А – 15% по блоку Б – 6%	по блоку А – 5% по блоку Б – 7%
Южный борт Карагайского карьера	4635	2010	5500	6%	6%
Северо-Карагайский и Кургинский участок	13550		30922	до35%	
шахта «Магнезитовая» и прибортовая часть Карагайского карьер		2008			

Таблица 2.17

Открытые горные работы (строительство карьеров)				
Участки	Магнетит, тыс. т	Вскрыша тыс. м³	Срок существован ия карьера, лет	Горная масса тыс. м³
Северо- Карагайский участок (карьер)- 1вариант	5200	4400	23	6260
Северо- Карагайский участок (карьер)- 2вариант	2410	2360	13	3160
Открытые горные работы (пересчет запасов в соответствии с доразведкой и новыми кондициями (возможное изменение объемов вскрыши и руды))				
Участки	Вскрыша тыс. м³	Руда, тыс. м³ /тыс. т	Выход МИ и МШ, %	Коэффициент вскрыши, м³/т
Мельнично- Паленихинский карьер	4690	+1423,2/ 4127	45,0	1,14
Березовский карьер	-2920,1	161,2/ 467,5		
Открытые горные работы (предложения и технические решения по вовлечению в отработку перспективных месторождений магнетита)				
Участки	Запасы, тыс. т	Количество товарной руды в контуре намеченного карьера, тыс. т	Коэффициент вскрыши, м³/т	
Ельничное месторождение (карьер)	2710	2553	5,27	
Восточный участок Семибратского месторождения (карьер)	10500	-	2,17	
Открытые горные работы (доработка существующих объектов открытой разработки)				
Участки	Магнетит, тыс. т	Вскрыша тыс. м³	Горная масса, тыс. м³	
Карагайский карьер (отработка временно законсервированных запасов руды на северо- западном борту карьера)	750	1150	1410	
Карагайский карьер (углубка карьера на 45- 50м)		Не эффективна		

I вариант - базовый (проектный): подземная разработка, с интенсивным интенсивное вскрытием гор. +100 м. Производительность шахты растет поэтапно от 1,6 млн.т к 2011 г. и до 2,4 млн.т к 2016 г.

II вариант - мягкий (в трех подвариантах с варьированием нагрузки на отдельные блоки и участки месторождения) - постепенное повышение производительности шахты с относительным снижением интенсивности её отработки. Производственная мощность шахты к 2015 г. достигает 1,6 млн.т.

III вариант - экстенсивная подземная разработка с достижением производительности шахты 1,2 млн.т к 2015 г.

Оценка вариантов свидетельствует о том, что с точки зрения обеспечения запасами и поддержания качественных показателей добычи наилучшим является вариант экстенсивного строительства шахты «Магнезитовая». Этот вариант развития подземной добычи (1,2 млн. т/год) к 2018 году имеет дефицит запасов руды в пределах 3,02 млн.т (рис.1) за счет полного погашения запасов на открытую разработку. По остальным рассмотренным вариантам к 2018 г. имеется резерв 1,6-1,7 млн.т магnezитового сырья. Первый – базовый вариант по обеспечению качества добываемого сырья является предпочтительным, однако отставание строительства и недостаток кадров не позволяет в полной мере реализовать его. Поэтому для дальнейших расчетов в качестве основного принят второй вариант с постепенным наращиванием производственной мощности шахты

Проведенный анализ перспектив развития сырьевой базы комбината на основе месторождений, которые могут разрабатываться открытым способом, помимо вовлечения в эксплуатацию новых месторождений – Ельничного и Восточного участка Семибратского, суммарные запасы руды которых 10,5 млн.т. при суммарных годовых объемах добычи 1,5 млн.т/год, могут ее обеспечить лишь на 8,5 лет, рассматривались также возможности расширения добычи руды на действующих карьерах Мельнично-Паленихинском, Березовском и на ранее не освоенных Каргинском и Северо-Карагайском. В результате появляется возможность увеличить запасы для перспектив развития открытого способа разработки до 18,5-19 млн.т, при соответствующем продлении срока его существования и снижении средних коэффициентов вскрыши.

Для компенсации выбывающих мощностей для открытой разработки за пределами 2015-2018 годов, кроме резервного Ельничного карьера, единственным объектом является Семибратское месторождение, с прогнозными запасами около 100 млн. т магnezитового сырья, с первоочередным карьером на Восточном участке с запасами около 10 млн. т руды. По этим объектам требуется пересчет и утверждение запасов (а для Восточного участка Семибратского месторождения – также проведение комплекса геолого-разведочных работ), а также проектов их разработки. То же самое требуется и для Северо-Карагайского карьера, с дополнительным пересчетом (при необходимости) запасов руды.

Этап 4. Предварительное формирование стратегий поддержания МСБ предприятия.

Проведенный кафедрой обогащения Уральского государственного горного института технологический аудит свидетельствует о том, что в обогатительном переделе имеются резервы по дроблению горной массы, однако отсутствует запас мощности по тяжелосредней сепарации. Кроме того ранее выполненный прогноз добываемого сырья принят без учета обогащения, термической обработки некондиционного сырья и пр. Таким образом ранее вычисленные показатели эффективности отработки характеризуют экстенсивную эксплуатацию минерально-сырьевой базы.

Совместная переоценка запасов руды, а также корректировка проектных или прогнозных контуров открытых горных работ на Мельнично-Паленихинском, Березовском и Ельничном карьерах в значительной степени позволит продлить срок существования открытых горных работ на Саткинской группе месторождений. Достижению этих же целей способствует переработка отвала некондиционных руд по технологии рудоподготовки, предложенной ИГД УрО РАН, кроме того эта же технология может быть использована для подготовки бедных руд к сепарации.

Исходя из этих соображений были сформированы следующие варианты стратегий поддержания МСБ комбината магнезит.

Стратегия 1. Экстенсивная – получение высших сортов магнезита за счет пропорционального увеличения добычи без изменения технологии переработки сырой руды

Стратегия 2. Интенсивная – комплексное использование кондиционных и некондиционных руд с предварительным обогащением и расширением цеха тяжелосредней сепарации.

В любом случае принят постепенный рост производительности шахты «Магнезитовая» к 2016 г. до 1,6 млн.т/год. Недостающий объем руды компенсируется за счет открытой разработки.

Этап 5. Формирование программы геологоразведочных работ.

Дальнейшие перспективы открытых горных работ для комбината «Магнезит» просматривается при полной разведке Семибратского месторождения, которую необходимо начать не позднее 2012 г. Не исключена вероятность выявления и новых месторождений и участков Саткинской группы.

Этап 6. Инвестиционные предложения по реализации программы поддержания МСБ предприятия.

Оценка вариантов предложенных стратегий осуществлялась на основании календарных графиков ведения горных работ и их инвестирования совместно с инвестированием разведки и предполагаемой реконструкции обогатительного цикла. Расчет показателей чистого дисконтированного дохода на основе вычисленных денежных потоков свидетельствует о том, что стратегия, основанная на интенсивной эксплуатации минерально-сырьевой базы комбината «Магнезит» значительно более эффективна.

2.4 Оценка технологических параметров рабочей зоны при управлении режимом горных работ и планировании отработки

Рабочая зона карьеров является самостоятельным сложноструктурным объектом исследования и оптимизации, включающим комплекс геологических, геометрических и технологических параметров и показателей, находящихся в сложной взаимосвязи. С позиций общей теории систем рабочая зона глубоких карьеров по своей структуре, наличию элементов и связей должна рассматриваться как большая система (согласно проф. С.В. Корнилкову).

Настоящее исследование проводилось для Эльгинского месторождения каменных углей (рис. 2.20).

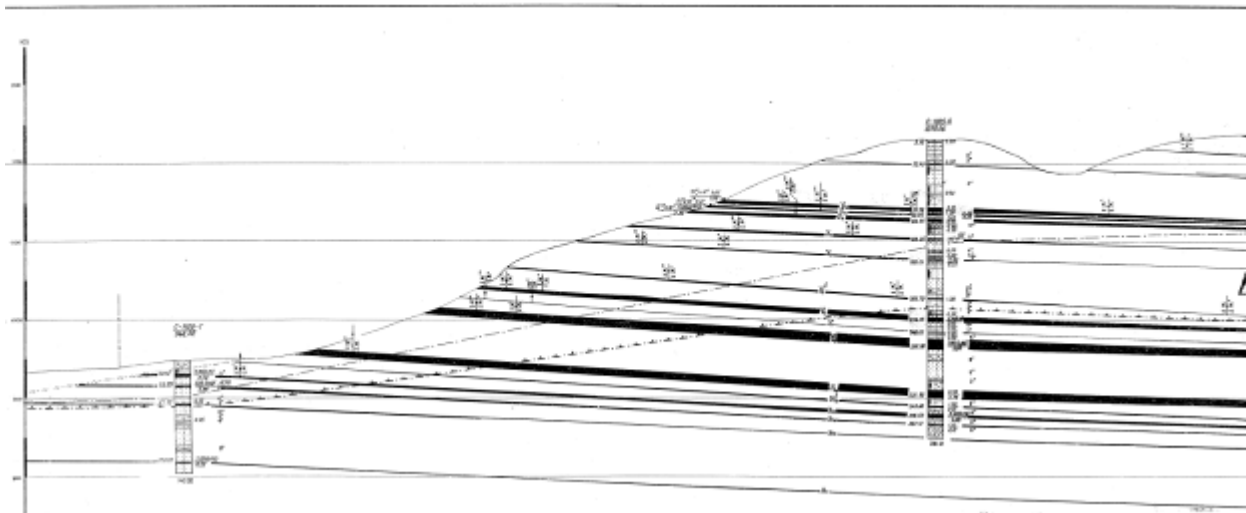


Рисунок 2.20 - Характерный геологический разрез по Эльгинскому месторождению каменных углей

Для оценки взаимовлияющих друг на друга параметров и показателей системы разработки Эльгинского месторождения, определяющих порядок развития и режим горных работ, в качестве метода исследования принят отсеивающий эксперимент. В его основу положено сопоставление колеблемости целевой функции (в данном случае –

производительности разреза) в зависимости от размаха колебаний входящих в нее переменных. Для этого составляется матрица случайного баланса, характеризующая значения целевой функции при максимальных и минимальных значениях входящих в нее переменных.

Исследования проводились для пяти вариантов порядка развития горных работ на Эльгинском разрезе: продольное, продольное по блокам, поперечное, комбинированное с опережающим ведением работ на одном фланге и на двух.

При расчетах сформированы диаграммы рассеивания функции, определяющие размах каждого фактора (R) и важность фактора по отношению к исследованным (R/R_{\max}). Очевидно, что наибольшее влияние оказывает переменная, при варьировании которой достигается максимальный размах колебаний целевой функции, а соответственно и увеличивается ее относительная важность (R/R_{\max}). В качестве исследуемых целевых функций отобраны зависимости, включающие наибольшее количество параметров и показателей системы разработки:

$$A_p = V_{\phi} * L_{\sigma} * N_{\sigma} * m_{cp} * N_{пл} * (1-\eta) / (1-\rho), \quad (2.4.1)$$

$$A_p = Q_{\sigma} * L_{ГМ} / L_{\sigma} * (1+K_T), \quad (2.4.2)$$

$$A_p = 12 * L_{д} * m_{cp} * z / T, \quad (2.4.3)$$

где V_{ϕ} – скорость продвижения фронта работ, м/год;

L_{σ} – длина экскаваторного блока, м;

N_{σ} – количество экскаваторных блоков, шт;

m_{cp} – средняя мощность разрабатываемого пласта, м;

$N_{пл}$ – число, пластов угля, вовлеченных в разработку, шт;

η – потери полезного ископаемого;

ρ – разубоживание полезного ископаемого;

Q_{σ} – производительность выемочного оборудования, м³/год;

$L_{ГМ}$ – длина фронта работ по горной массе, м;

K_T – текущий коэффициент вскрыши, м³/м³;

$L_{д}$ – длина фронта добычных работ, м;

z – ширина полосы готовых к выемке запасов, м;

T – создаваемый резерв готовых к выемке запасов, мес.

Границы изменения исследованных факторов установлены расчетным путем, на основании моделирования перемещения рабочей зоны и горно-геометрических расчетов, часть данных принята по нормам технологического проектирования (T , L_{σ}).

При заданном календарном графике (рис. 2.21) добычных работ на Эльгинском месторождении очевидно, что в течение всего срока отработки карьерного поля при исследовании выделились три этапа разработки: развитие рабочей зоны, устоявшийся режим горных работ, период доработки (по С.В. Корнилкуву). Для всех пяти рассматриваемых вариантов порядка развития горных работ первый этап длится 10 лет, второй – до 65 года разработки, третий – до конца.

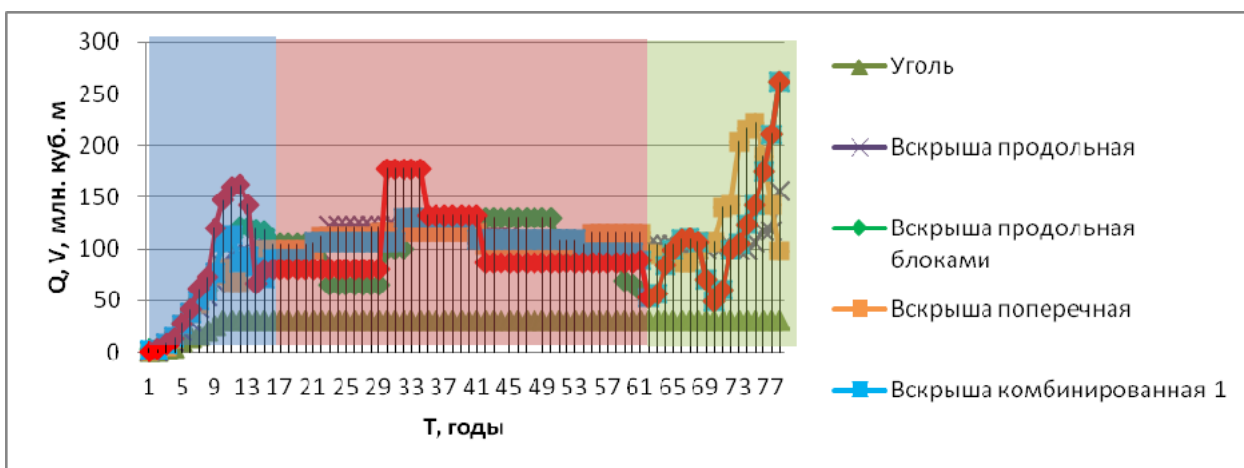


Рисунок 2.21 - Календарный график отработки Эльгинского месторождения

В границах установленных периодов отработки разреза анализировалась значимость факторов, определяющих производительность разреза по полезному ископаемому. В качестве оценочного показателя была принята рассчитанная на стадии вычислительного эксперимента относительная важность исследуемых параметров рабочей зоны (R/R_{max}), которая изменяется, как это показали расчеты, в пределах от 0,2 до 100%.

При анализе приняты следующие оценочные критерии:

$R/R_{max}=70 - 100\%$ - варьирование фактора в наибольшей степени влияет на производительность разреза (главный);

$R/R_{max}=40 - 70\%$ - варьирование фактора существенно сказывается на производительности разреза (существенный);

$R/R_{max}<40\%$ - фактор незначительно влияет на производительность карьера (несущественный).

В связи с тем, что с подвиганием горных работ изменяются длина фронта горных работ по горной массе ($L_{ГМ}$) и текущие коэффициенты вскрыши (K_T), расчет важности этих факторов производился для выражения:

$$A_p = Q_3 * L_{ГМ} / L_6 / (1 + K_T). \quad (2.4.4)$$

Исследована значимость входящих в него переменных для пяти вариантов порядка развития горных работ на Эльгинском угольном разрезе. Результаты расчета по периодам развития работ сведены в табл. 2.18 и показаны на рис. 2.22, 2.23 и 2.24.

Таблица 2.18 – Относительная важность факторов, исследованных в границах этапов работ

Показатель	Этап	Относительная важность R/R _{max} , %				
		Продольная	Продольная по блокам	Поперечная	Комбинированная (1 фланг)	Комбинированная (2 фланга)
L _{ГМ}	1	100	100	100	100	100
K _Г		61	46	48	44	53
L _Б		68	55	56	53	61
Q _Э		32	30	31	26	34
L _{ГМ}	2	100	100	100	100	100
K _Г		34	65	48	52	70
L _Б		48	70	38	60	74
Q _Э		24	32	36	32	35
L _{ГМ}	3	100	100	100	100	100
K _Г		34	64	59	32	34
L _Б		44	69	65	40	42
Q _Э		34	32	29	32	34

В период развития рабочей зоны поддержание требуемой производительности по полезному ископаемому достигается варьированием длины фронта работ по горной массе ($R/R_{max} = 100\%$).

Варьирование длины экскаваторного блока, то есть изменение количества экскаваторов, устанавливаемых на уступах, является существенным фактором для всех рассматриваемых вариантов развития работ ($R/R_{max} = 53 - 68\%$).

Третьим по значимости фактором является выбор места ведения отработки в плане, при котором обеспечивается возможность управления текущими коэффициентами вскрыши ($R/R_{max} = 44 - 61\%$).

Во всех случаях фактор производительности выемочного оборудования не является существенным.

Таким образом можно считать, что по степени убывания значимости факторов, которыми необходимо управлять при развитии рабочей зоны на Эльгинском разрезе, выделяется следующая последовательность:

$$L_{ГМ} \Rightarrow L_{Б} \Rightarrow K_{Г} \quad (2.4.5)$$

При устоявшемся режиме горных работ в период, когда отрабатывается максимальное число пластов угля, вычислительный эксперимент показывает, что

управление рабочей зоной для достижения заданной производительности разреза для разных вариантов развития работ имеет свои отличия.

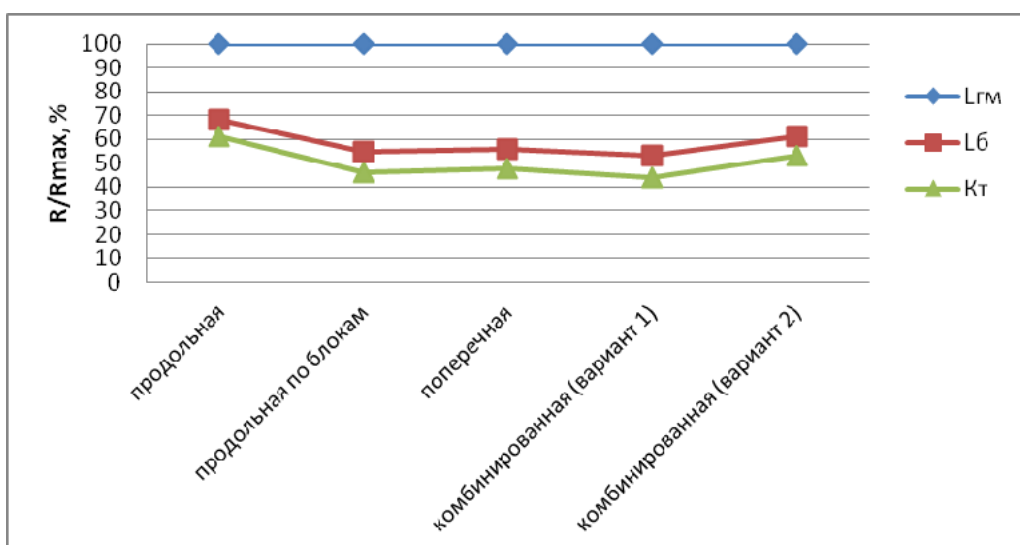


Рисунок 2.22 - Относительная оценка факторов, влияющих на производительность Эльгинского разреза на этапе строительства рабочей зоны

Главнейшим фактором по-прежнему является длина фронта работ по горной массе ($R/R_{\max} = 100\%$).

Вторым по значимости фактором для продольного и комбинированного развития работ является длина экскаваторного блока ($R/R_{\max} = 48 - 74\%$), то есть изменение количества экскаваторов на горизонтах, а при поперечном развитии работ более существенным является фактор текущего коэффициента вскрыши, управление которым достигается путем изменения места ведения работ в плане ($R/R_{\max} = 48\%$). При продольной системе разработки фактор K_t , вообще, является несущественным.

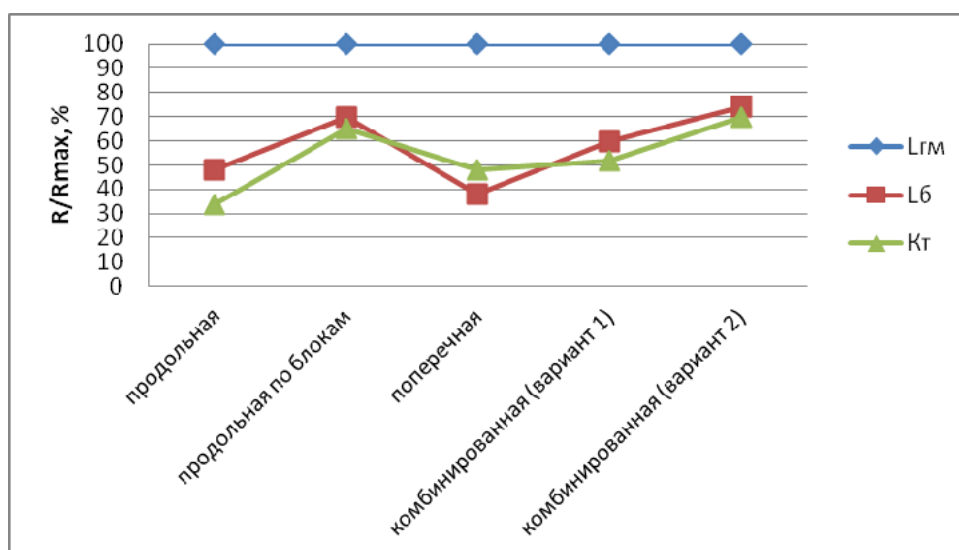


Рисунок 2.23 - Относительная оценка факторов, влияющих на производительность Эльгинского разреза при работе в устоявшемся режиме

Таким образом при работе в устоявшемся режиме рассмотренные факторы можно ранжировать:

для продольного развития работ

$$L_{ГМ} \Rightarrow L_6 \quad (2.4.6)$$

для продольного развития работ по блокам и обоих вариантов комбинированного развития

$$L_{ГМ} \Rightarrow L_6 \Rightarrow K_T \quad (2.4.7)$$

для поперечного развития работ

$$L_{ГМ} \Rightarrow K_T \Rightarrow L_6 \quad (2.4.8)$$

В период доработки разреза важнейшим фактором остается также длина фронта работ по горной массе ($R/R_{\max} = 100\%$). Фактор текущего коэффициента вскрыши для продольного и обоих вариантов комбинированного развития является несущественным ($R/R_{\max} = 32 - 34\%$). Вторым по значимости для всех вариантов развития работ является длина экскаваторного блока ($R/R_{\max} = 40 - 69\%$). Фактор коэффициента вскрыши является весьма значимым для поперечного развития работ и для продольного по блокам ($R/R_{\max} = 59 - 64\%$).

Таким образом режим горных работ при доработке разреза регулируется в следующей последовательности:

для продольного развития работ и обоих вариантов комбинированного развития

$$L_{ГМ} \Rightarrow L_6 \quad (2.4.9)$$

для продольного развития работ по блокам и поперечного

$$L_{ГМ} \Rightarrow L_6 \Rightarrow K_T \quad (2.4.10)$$

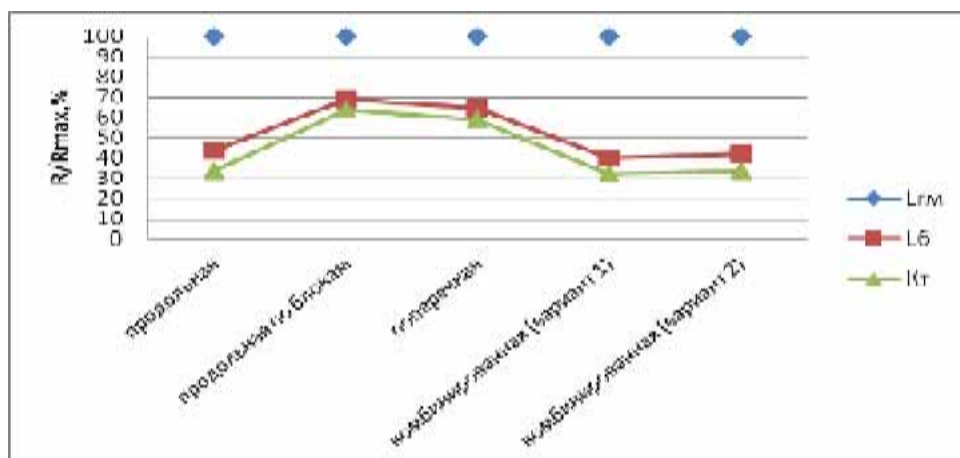


Рисунок 2.24 - Относительная оценка факторов, влияющих на производительность Эльгинского разреза при его доработке

Для определения влияния параметров системы разработки на перемещение рабочего борта использовалось соотношение:

$$A_p = V_{\phi} * L_{\sigma} * N_{\sigma} * m_{cp} * N_{пл} * (1-n)/(1-p) \quad (2.4.11)$$

В ходе вычислений установлено, что на первом этапе работ для всех вариантов развития факторы ранжируются следующим образом:

$$N_{\sigma} \Rightarrow N_{пл} \Rightarrow m_{cp} \Rightarrow V_{\phi} \quad (2.4.12)$$

Это означает, что на первом этапе развития работ необходимо вовлечь в разработку большее количество пластов полезного ископаемого, что позволит осуществлять эффективное управление рабочей зоной. Факторы потерь и разубоживания на всех этапах разработки являются несущественными.

На втором этапе работ факторы ранжируются в следующей последовательности:

$$N_{\sigma} \Rightarrow V_{\phi}. \quad (2.4.13)$$

При этом фактор скорости подвигания горных работ имеет почти такую же значимость, как количество блоков, при обоих вариантах комбинированной системы разработки и при продольной разработке с делением карьерного поля на участки, то есть при этих вариантах развития работ имеет смысл интенсификация подвигания горных работ. Фактор средней мощности пласта и количества пластов в разработке является несущественным, так как на данном этапе работы ведутся по всей высоте горы, а мощность обрабатываемых пластов относительно постоянна.

На этапе доработки разреза факторы ранжируются в следующем порядке:

$$N_{\sigma} \Rightarrow V_{\phi} \Rightarrow L_{\sigma} \Rightarrow m_{cp}. \quad (2.4.14)$$

Также проводились исследования по определению влияния величины резерва готовых к выемке запасов на производительность разреза:

$$A_p = 12 * L_{д} * m_{cp} * z/T. \quad (2.4.15)$$

На этапе развития рабочей зоны определяющими факторами являются:

$$z \Rightarrow L_{д}. \quad (2.4.16)$$

Это объясняется тем, что на этапе создания производственных мощностей необходимо создавать резерв готовых запасов.

На последующих этапах работ важным является лишь длина фронта горных работ, остальные факторы несущественны.

В общем виде все факторы сведены в табл. 2.19.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы о том, что, во-первых, отработка угольных месторождений нагорного типа имеет свою специфику. Во-вторых, на

разных этапах существования таких разрезов технологические факторы, определяющие их производительность различны, что необходимо учитывать при проектировании и планировании развития рабочей зоны. В-третьих, основным управляющим фактором на всех этапах работы разреза является длина фронта работ по горной массе, а фактор интенсивности отработки приобретает весомую значимость ближе к середине срока отработки разреза, на первом этапе важнейшим является фактор величины резерва готовых к выемке запасов. В-четвертых, автоматизированные горно-геометрические расчеты необходимо проводить с учетом влияния вышеуказанных факторов, то есть на каждом этапе ведения горных работ (в зависимости от принятой системы разработки) необходимо подвигать рабочую зону, выдерживая длину фронта горных работ, обеспечивающую заданную производительность, интенсивность отработки, позволяющую поддерживать необходимый фронт.

Таблица 2.19

Этапы развития горных работ	Порядок развития горных работ (система разработки)					Рекомендации
	Продольная	Продольная (с разделением карьерного поля на блоки)	Поперечная	Комбинированная (1 фланг)	Комбинированная (2 фланга)	
Развитие рабочей зоны	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	Достижение заданной производительности достигается варьированием длины фронта работ по горной массе, изменением интенсивности отработки горизонтов и выбором места ведения отработки в плане.
	$N_{\text{б}} \Rightarrow N_{\text{пр}} \Rightarrow m_{\text{ср}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow N_{\text{пр}} \Rightarrow m_{\text{ср}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow N_{\text{пр}} \Rightarrow m_{\text{ср}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow N_{\text{пр}} \Rightarrow m_{\text{ср}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow N_{\text{пр}} \Rightarrow m_{\text{ср}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	Достижение заданной производительности достигается вовлечением в разработку необходимого количества пластов полезного ископаемого. На данном этапе рабочая зона изменяется, в первую очередь, по высоте.
	$z \Rightarrow L_2$	$z \Rightarrow L_2$	$z \Rightarrow L_2$	$z \Rightarrow L_2$	$z \Rightarrow L_2$	На первом этапе развития горных работ фактор величины резерва готовых к выемке запасов является одним из определяющих, что объясняется тем, что резерв необходимо сформировать.
Устоявшийся режим работ	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}}$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	То же, но при поперечной системе разработки выбор места ведения горных работ в плане наиболее существенно сказывается на производительности разреза и определяет интенсивность отработки горизонтов.
	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}}$	Фактор скорости <u>подвигания</u> горных работ на данном этапе оказывает существенное влияние на производительность разреза, то есть на данном этапе ведения горных работ имеет смысл интенсификация <u>подвигания</u> горных работ по участкам, высоте, горизонтам, блокам. Факторы средней мощности пласта и количество пластов в разработке являются несущественными, так как на данном этапе работы ведутся по всей высоте горы, а мощность обрабатываемых пластов относительно постоянна.
	L_2	L_2	L_2	L_2	L_2	Фактор величины резерва готовых к выемке запасов является несущественным, так как на данном этапе все резервы уже сформированы. Производительность достигается путем варьирования длины фронта.
Затухание горных работ	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}}$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow K_7$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}}$	$L_{\text{раб}} \Rightarrow L_{\text{б}}$	Достижение заданной производительности достигается варьированием длины фронта работ по горной массе, изменением интенсивности отработки горизонтов и выбором места ведения отработки в плане. Но при продольной и обоих вариантах комбинированной системы разработки фактор текущего коэффициента вскрыши, то есть выбор места ведения горных работ, является несущественным
	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow m_{\text{ср}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow m_{\text{ср}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow m_{\text{ср}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow m_{\text{ср}}$	$N_{\text{б}} \Rightarrow V_{\text{ф}} \Rightarrow L_{\text{б}} \Rightarrow m_{\text{ср}}$	На данном этапе высота рабочей зоны вновь начинает изменяться, что объясняет существенное влияние фактора средней мощности пласта, но определяющими факторами по-прежнему являются количество блоков и скорость <u>подвигания</u> горных работ, то есть управление производительностью достигается изменением интенсивности отработки горизонтов.
	L_2	L_2	L_2	L_2	L_2	Фактор величины резерва готовых к выемке запасов является несущественным, так как на данном этапе все резервы уже сформированы. Производительность достигается путем варьирования длины фронта.

Выводы по разделу

Автоматизированный метод оценки объемов горной массы по сортам и видам при планировании горных работ базируется на погоризонтных качественных планах, физических, технологических и качественных свойствах горной массы (атрибута блоков), данных опробования скважин детальной и эксплуатационной разведок, планируемом положении горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом.

Правомерность использования алгоритмов и программ подсчета запасов золота, учитывающих пространственную связность геоданных, подтверждается на примерах по техногенным месторождениям золота реки Винновка.

Для обеспечения выпуска требуемого количества высококачественного продукта, необходимо выполнение комплекса мероприятий, включающих в себя следующее:

- совершенствование системы опробования рудного сырья в карьере на основе внедрения эксплуатационной разведки обуриваемых блоков;
- внедрение системы непрерывного контроля качества исходной руды и продуктов обогащения на ДОФ;
- внедрение системы управления качеством выпускаемой продукции на базе геофизических методов опробования перерабатываемого магнетитового сырья;
- внедрение программных комплексов моделирования размещения качественных показателей месторождений.

Специфика отработка угольных месторождений нагорного типа требует ранжирования технологических факторов, что необходимо учитывать при формировании рабочей зоны, как на стадии проектирования и планирования. Основным управляющим фактором на всех этапах существования разреза является длина фронта работ по горной массе, а фактор интенсивности отработки приобретает весомую значимость ближе к середине срока отработки разреза при обеспечении резерва готовых к выемке запасов. При автоматизированных горно-геометрических расчетах необходимо учитывать вышеуказанные факторы.

3 Разработка программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс и научно-методических материалов для использования НИР в образовательных учреждениях.

3.1 Анализ полученных основных материалов и анализ учебных планов подготовки специалистов по направлению «Горное дело» и «Информатика»

При разработке программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс проанализированы:

- собственно результаты, достигнутые при выполнении научно-исследовательской работы;
- действующий Государственный образовательный стандарт и рабочие учебные планы высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов 130400 (650600) – Горное дело, направлению 230200 (654700) – Информационные системы, 230100 (654600) – Информатика и вычислительная техника Уральского горного университета.

Анализ полученных основных материалов и анализ учебных планов подготовки специалистов по направлению «Горное дело» и «Информатика» в части подземной геотехнологии показал возможность использования полученных результатов данной НИР в учебных программах специальности подготовки 130404 (090200) – Подземная разработка месторождений полезных ископаемых по дисциплинам: «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Проектирование горных предприятий», «Спецкурс по выбору» и Семинар по специализации (табл. 3.1), по специальности подготовки 130403(09050) – Открытые горные работы по дисциплинам: «Проектирование карьеров», «Планирование открытых горных работ», «Информационные технологии», а также по дисциплинам дополнительного факультативного образования.

Анализ данных табл. 3.1 свидетельствует о том, что новый Государственный образовательный стандарт, при сохранении преемственности и общей структуры изучаемых дисциплин, предусматривает, с одной стороны, повышение степени стандартизации рабочих учебных планов, а с другой – предусматривает значительную гибкость подготовки специалистов за счет выделения блока «Дополнительное факультативное образование» и создания значительного резерва самостоятельной работы.

Таблица 3.1 - Сопоставительный анализ рабочих учебных планов подготовки специалистов для обоснования возможности использования и места результатов НИР в учебном процессе

Индекс дисциплины	Наименование дисциплины	Се-местр	Трудоемкость дисциплины, час.			Предложения по использованию НИР
			Общая	Ауд. зан.	Самост. работа	
1	2	3	4	5	6	7
Направление подготовки дипломированных специалистов 130400 (650600) – Горное дело						
Специальность подготовки 130402 (090100) – Маркшейдерское дело						
СД.Ф.01	Геомеханика	6	100	72	28	Не предусматривается (базовый курс)
ДС.02	Автоматизация маркшейдерских работ	8,9 КР	200	122	78	Методы автоматизированной геометризации массива по качественным признакам и по физико-механическим свойствам по данным бурения
ДС.03	Горная геомеханика	8	120	54	66	Инструментальные и аналитические методы оценки геомеханического состояния массива
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	Факультативные спецкурсы: Автоматизированная обработка данных, использованию GPS (ГЛАНАСС), инструментальные методы контроля напряженно-деформированного состояния массива
Специальность подготовки 130405 (090300) – Обогащение полезных ископаемых						
СД.Ф.10	Технология обогащения полезных ископаемых	9	120	51	69	Совместные технологии рудоподготовки
СД.Ф.11	Проектирование обогатительных фабрик	9	120	85	35	Принципы системного проектирования рудник-обогатительная фабрика
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	Факультатив: «Методы системной оценки обогатительного передела при развитии минерально-сырьевой базы предприятия»
Специальность подготовки 130404 (090200) – Подземная разработка месторождений полезных ископаемых						
СД.Ф.01	Геомеханика	5,6 КП	180	100	80	Не предусматривается (базовый курс)

СД.Ф.05	Подземная разработка месторождений полезных ископаемых	6-9 КП	432	224	208	Технологии отработки приконтурной зоны при комбинированной разработке месторождения
СД.Ф.06	Проектирование горных предприятий	9	100	68	32	Проектирование потерь и разубоживания. Методы экономической оценки полноты отработки недр
ДС.05	Спецкурс по выбору	9	80	43	46	Спецкурс: «Комбинированная разработка месторождений»
ДС.06	Семинар по специализации	8, КР	100	70	30	Оптимизация параметров систем подземной разработки
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	Факультатив: Технологические приемы управления напряженно-деформированным состоянием массива
Специальность подготовки 130403(09050) – Открытые горные работы						
СД.Ф.03	Геомеханика	5,КП	100	64	36	Не предусматривается (базовый курс)
СД.Ф.13	Проектирование карьеров	8	100	72	28	Проектирование внутренних отвалов. Экспресс-анализ главных параметров открытой разработки
СД.Ф.14	Планирование открытых горных работ	9, КР	100	51	49	Методика планирования поддержания рудной базы предприятия. Планирование буровзрывных работ по данным бурения скважин
ОПД.В.0 2.01	Информационные технологии	9	90	51	39	Технологии моделирования размещения качества в недрах
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	Факультатив: Построение геоинформационных систем горных предприятий
Специальность подготовки 230201(071900) – Информационные системы и технологии						
СД.Ф.07	Проектирование информационных систем	9	204	68	136	Методические основы построения информационных систем с открытым ядром
ДС.10.01	Геоинформационные системы разведки месторождений полезных ископаемых	9	130	68	62	Методические основы учета пространственной связности геоданных. Способ построения модели осадочного месторождения.
ДС.10.02	Геоинформационные системы в природо- и недропользовании	9	130	68	62	Не предусматривается (базовый курс)
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	Факультатив: Построение геоинформационных систем горных предприятий

<i>Специальность подготовки 230102(220200) – Автоматизированные системы обработки информации и управления</i>						
СД.Ф.04	Информационные технологии	7, 8	170	104	66	Не предусматривается (базовый курс)
СД.Ф.10	Проектирование АСОИУ	9, КП	170	68	102	Не предусматривается (базовый курс)
ДС.04	Геоинформационные системы	9	75	34	41	Методика проектирования ГИС горнодобывающего предприятия
ФТД	Дополнительное факультативное образование	5-8	450	408	42	

Использование в учебном процессе результатов настоящей НИР может быть реализовано путем:

- корректировки учебных программ выделенных в табл.3.1 дисциплин и включения них соответствующих вопросов и материалов;
- введения в блок «Дополнительное факультативное образование» спецкурсов и факультативов;
- создания новых дисциплин по выбору по ряду технологических специальностей или специализаций;
- внедрения результатов технологических, геоинформационных и геомеханических исследований в качестве методических элементов при выполнении курсовых проектов;
- использования полученных материалов в качестве методических указаний по дипломному проектированию при выполнении студентами специальных частей дипломных проектов.

Наиболее эффективным и быстрым способом внедрения результатов работ в учебный процесс, по нашему мнению, является выполнение реальных дипломных проектов по заказам предприятий, проектных или научно-исследовательских институтов.

Элементы методик автоматизированных расчетов могут быть с успехом применены в качестве реальных учебных материалов при организации дистанционного обучения и переподготовки специалистов.

3.2 Программа внедрения результатов НИР в образовательный процесс

Полученные результаты НИР могут быть использованы:

- при подготовке специалистов по очной и заочной формам обучения, в т.ч. и с организацией дистанционного обучения;
- при переподготовке инженерных кадров (технологов, маркшейдеров, специалистов по информатике в предметных областях ГИС, САПР, АСУ и пр.);
- при организации дополнительной подготовки (переподготовки) специалистов со среднетехническим и высшим образованием;
- при подготовке специалистов высшей квалификации через аспирантуру

Основные положения разработанной Программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2 - Программа внедрения результатов НИР

Область внедрения	Наименование внедряемых результатов	Место внедрения	Вид методических материалов	Специальность
1. Учебный процесс	Методы автоматизированной геометризации массива по качественным признакам и по физико-механическим свойствам по данным бурения	Дисциплина «Автоматизация маркшейдерских работ»,	- методика обработки и получения исходных данных	<i>Маркшейдерское дело</i>
		Дипломное проектирование	Методика выполнения спец.части	
	Методика планирования поддержания рудной базы предприятия.	Дисциплина «Планирование открытых горных работ»	- корректировка программы, лекционные материалы	<i>Открытые горные работы</i>
		Дипломное проектирование	Методика выполнения спец.части	
	Планирование буровзрывных работ по данным бурения скважин	Дипломное проектирование	Методика выполнения спец.части	
	Проектирование внутренних отвалов. Экспресс-анализ главных параметров открытой разработки	Дисциплина «Проектирование карьеров»	- корректировка программы, лекционные материалы	
	Моделирование размещения качества в недрах	Дипломное проектирование	Методика выполнения спец.части	
	Оценка РИСКА	Дисциплина «РИСК,,,» факультет ЧС	Авторская учебная программа дисциплины		Факультет Чрезвычайных ситуаций, УГГУ
2. Переподготовка и повышение квалификации		Курсы переподготовки ФДПО УГГУ	Программы подготовки специалистов горных предприятий	

специалистов	Корректировочный расчет параметров БВР по данным технологического обурения	Специализированные семинары	Информационные материалы	Качканарский ГОК, комбинат «Ураласбест», НКПО «Взрывники Урала»
3. Подготовка аспирантов по линии НОЦ	Методики исследований МСБ, общие материалы по развитию МСБ Урала, Сибири и Дальнего Востока	Специализированные семинары	Информационные материалы	Аспиранты 1 года, Соискатели
	Методики исследований по геотехнологии, геомеханике, геоинформатике	Специализированные семинары	Специальные информационные материалы	Аспиранты 2-3 года

3.2.1 Повышение квалификации специалистов аспирантов и соискателей

Результаты исследований, выполненных по данной геомеханическому НИР, использованы для в программе повышения квалификации аспирантов и соискателей (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – программа дополнительной аспирантской подготовки в ИГД УрО РАН

Тема	Учебное время	Лектор
1	2	3
1. Положение о порядке присуждения ученых степеней. Паспорт специальности.	2	Аленичев В.М.
2. Основные понятия и определения в горной науке и их сущность. Закономерности и формы взаимосвязи науки и техники.	2	Яковлев В.Л.
3. Методические рекомендации по организации работы соискателя от выбора темы до получения диплома.	2	Сашурин А.Д.
4. Структура диссертации, автореферата и доклада на заседании диссертационного совета.	2	Журавлев А.Г.
5. Классификация горных наук, приоритетные исследования в начале XXI века.	2	Столяров В.Ф.
6. Направления научных исследований в горном деле и основные достижения в XX веке.	4	Зубков А.В.
7. Философские проблемы технических наук.	2	Столяров В.Ф.
8. Современная трактовка термина «Авторское право».	2	Корнилков С.В.
9. Мировые тенденции и российские проблемы производства и потребления минерального сырья.	2	Яковлев В.Л.
10. Горные породы как объект исследования, их свойства.	2	Зотеев О.В.
11. Методы исследований:		
11.1. Методы системного анализа при выполнении исследований.	2	Корнилков С.В.
11.2. Методы моделирования в горном деле.	1	Корнилков С.В.
11.3. Принципы геоинформационного моделирования.	1	Корнилков С.В.
11.4. Методы моделирования НДС и устойчивости породного массива.	2	Зотеев О.В.
12. Технологии взрывной отбойки породных массивов и постановка в предельный контур высоких уступов.	4	Артемьев Э.П.
13. Управление качеством минерального сырья: методы исследований, выбор оптимальных решений.	4	Лаптев Ю.В.
14. Применение в горном деле и маркшейдерии спутниковых навигационных систем и систем лазерного 3D сканирования.	4	Панжин А.А.
15. Основные вопросы подземной и комбинированной геотехнологии.	4	Соколов И.В.

Продолжение таблицы 3.3

16. Открытая геотехнология и внутреннее отвалообразование.	4	Саканцев Г.Г.
17. Основы обогащения полезных ископаемых.	4	Борисков Ф.Ф.
18. Техногенные катастрофы в сфере недропользования: истоки и закономерности формирования.	4	Сашурин А.Д.
19. Вентиляция и проветривание карьеров. Снижение токсичности отработавших газов.	4	Конорев М.М.
20. Современные тенденции в методике проектирования горнотехнологических систем.	4	Саканцев М.Г.
21. Применение геоинформационных систем в горном деле.	4	Аленичев В.М.
22. Основные вопросы карьерного транспорта	4	Бахтурин Ю.А.
23. Буровое оборудование и инструмент	2	Сухов Р.И.
24. Взрывчатые вещества и системы инициирования	2	Маторин А.С.
25. Средства механизации взрывных работ и изготовления взрывчатых веществ.	2	Шеменев В.Г.
26. Построение уравнений регрессии, представленных в виде трендов ПС СПС.	2	Антонов В.А.
27. Секретная информация и материалы для служебного пользования.	2	Глебов А.В. Бородина Т.В.
ИТОГО, академических часов	82	

Руководитель НОЦ «Геотехнологии»

Панжин А.А.

Директор ИГД УрО РАН

Корнилков С.В.

3.2.2 Повышение квалификации специалистов

Результаты исследований, выполненных по геомеханическому направлению данной работы, вошли в программу повышения квалификации специалистов Института дополнительного профессионального образования Уральского государственного горного университета, утвержденную 22.11.2010г., содержание которой представлено в табл. 3.4.

Таблица 3.4 - Программа профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов предприятий по направлению «Снижение риска природно-техногенных катастроф при недропользовании»

Код группы	Наименование программы повышения квалификации профессиональной подготовки	Продолжительность обучения, дней/часов	Время проведения занятий	Изучаемые дисциплины и итоговые документы
2-26	Снижение риска природно-техногенных катастроф при недропользовании	72	По мере накопления группы слушателей	Современное состояние аварийности при недропользовании. Термины и понятия в области природно-техногенных катастроф. Теоретические основы природно-техногенных катастроф. Нормативные требования, пути и методы снижения риска аварий и катастроф. Диагностика опасности природно-техногенных аварий и катастроф. Мероприятия по снижению риска природно-техногенных аварий и катастроф в различных областях недропользования. Выдается удостоверение о краткосрочном повышении квалификации.

Занятия проводятся на базе ИГД УрО РАН по адресу: Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58, аудитория 406.

Таблица 3.5

№ п/п	Тема занятий	Количество часов
1	Современное состояние аварийности и проявления природно-техногенных катастроф при недропользовании	2
2	Термины и понятия в области природно-техногенных аварий и катастроф	2
3	Теоретические основы природно-техногенных катастроф при недропользовании	4
3.1	Современные модельные представления о массиве горных пород	4
3.2	Современные представления о геодинамических движениях земной коры	4
3.3	Явления деструкции и самоорганизации в массиве горных пород	4
3.4	Трансформация свойств массива горных пород	
3.5	Механизм воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования	
4	Пути и методы снижения риска аварий и катастроф	2

5	Нормативные требования к обеспечению геодинамической безопасности	2
6	Диагностика опасности природно-техногенных катастроф	8
6.1	Инженерно-геофизические изыскания по определению структуры участков недропользования	8
6.2	Инженерно-геодезические изыскания по определению параметров современных геодинамических движений	8
7	Мероприятия по снижению риска аварий и катастроф в различных областях недропользования:	6
7.1	-При строительстве и эксплуатации стволов капитальных горных выработок подземных предприятий	6
7.2	-При строительстве и эксплуатации объектов подземного пространства мегаполисов	6
7.3	-При строительстве и эксплуатации протяженных объектов (магистральных нефтегазопроводов, водоводов, коллекторов и т.п.)	6
7.4	-При строительстве и эксплуатации транспортных сооружений и коммуникаций	6
7.5	-При строительстве и эксплуатации энергетических объектов (АЭС, ГЭС и др.)	6
	Итого:	72

Руководители курса:
Зав. отделом геомеханики
ИГД УрО РАН, д.т.н.

А.Д. Сашурин

Зав. кафедрой
УГГУ, д.т.н.

В.Б. Болтырев

3.2.3 Повышение квалификации инженерно-технических специалистов горно-добывающих предприятий.

Результаты исследований, выполненных по информационному и геотехнологическому направлениям данной работы, вошли в программу «Современные технологии добычи полезных ископаемых открытым и подземным способом» (раздел «Открытые горные работы и инновационная деятельность предприятия с открытым способом разработки» повышения квалификации инженерно-технических специалистов горно-добывающих предприятий (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Программа «Современные технологии добычи полезных ископаемых открытым и подземным способом», раздел «Открытые горные работы и инновационная деятельность предприятия с открытым способом разработки»

№ п.п.	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	Лекции	Практика
1.	<i>Развитие горного производства и горных наук</i>	4	4	
1.1.	Современное состояние и перспективы развития горного производства мира			
1.2.	Взаимосвязь горного производства и горных наук			
1.3.	Этапы развития горных наук и формирование горной терминологии			
2.	<i>Состояние и перспективы применения компьютерных технологий в горном деле</i>	7	7	
2.1.	Геоинформационное отображение геотехногенных систем горнопромышленных комплексов			
2.2.	Компьютерные системы проектирования карьеров и планирования развития горных работ			
3.	<i>Минерально-сырьевые активы: международные стандарты классификации, Национальные системы учета минеральных ресурсов</i>	12	12	
3.1.	Классификация горного бюро и Геологической службы США	-		
3.2.	Классификация Геологической службы Австралии			
3.3.	Классификация Департамента энергетики, горной промышленности и минеральных ресурсов Канады			
3.4.	Международные стандарты отчетности и раскрытия информации			
3.5.	Рамочная классификация ООН для энергетических и минеральных ресурсов			
3.6.	Российская классификация запасов/ресурсов твердых полезных ископаемых			
3.7.	Международные стандарты стоимостной оценки			
4.	<i>Актуальные проблемы горной науки в XXI веке</i>	5	5	
4.1.	Недроведение, горнопромышленная геология, квалитметрия и геометрия недр			
4.2.	Системология, проектирование и экономика освоения недр			
4.3.	Геоинформатика			
4.4.	Горно-инженерная геология			
4.5.	Геотехника и геотехнология (открытая, подземная, строительная)			
5.	<i>Инновационная деятельность горных предприятий</i>	15	15	
5.1.	Перспективное оборудование для бурения взрывных скважин на ОГР			

№ п.п	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	Лекци	Практик
5.2.	Перспективное погрузочно-транспортное оборудование для ОГР			
5.3.	Перспективные виды транспорта и транспортные машины для ОГР			
5.4.	Эффективность инноваций на открытых горных работах			
6.	<i>Бизнес в ресурсодобывающих отраслях</i>	8	8	
6.1.	Особенности экономики минерально-сырьевой отрасли			
6.2	Подготовка исходных данных для составления горных проектов			
6.3.	Анализ методов оценки минерально-сырьевых ресурсов			
6.4.	Критерий, метод и модель динамической доступности минерально-сырьевых ресурсов			
6.5.	Управление доступностью минерально-сырьевых ресурсов			
6.6.	Оценка динамических показателей проектов с учетом динамики денежных потоков и принципы отбора проектов для реализации			
6.7.	Анализ рисков и устойчивости горных проектов			
7.	<i>Оценка промышленных запасов, потери и разубоживание при добыче</i>	5	5	
7.1	Временные методические рекомендации по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев)			
7.2.	Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев)			
7.3.	Правила рациональной комплексной переработки минерального сырья (твердые полезные ископаемые)			
7.4.	Временное положение по экспертизе проектной и технической документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых при добыче			
8	<i>Вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы. Критерии оценки горных работ (технологические, экономические, энергетические)</i>	6	6	
9.	<i>Реконструкция карьера. Поддержание и развитие производственной мощности карьера</i>	4	4	
10.	<i>Инновационные технологии открытых горных работ. Геотехнологические и биотехнологические способы добычи полезных ископаемых. Физико-химическая геотехнология.</i>	6	6	
	ИТОГО по разделу	72	72	-

Программу разработал, д.т.н., проф.

Аленичев В.М.

Директор ИДПО УГГУ, д.т.н., проф.

Лель Ю.И.

3.3 Разработка научно-методических материалов для использования результатов НИР в образовательных учреждениях.

3.3.1 Разработка научно-методических материалов по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала

3.3.1.1 Основные положения

В предыдущих разделах данной НИР разработаны методика и авторская программа расчета на ПЭВМ эффективного варианта вскрытия подземных запасов при комбинированной разработке рудных месторождений. Показаны способы манипулирования исходной информацией и актуализации программы. Данные научно-методические материалы можно использовать в образовательном процессе для студентов горно-технологических специальностей.

В данном разделе НИР обоснована технология и разработана методика определения экономической целесообразности и технической возможности применения камерной выемки с оставлением предохранительных целиков (ПЦ), предусматривающей снижение разубоживания [3.3.1]. Наиболее сложной и трудоемкой задачей методики является определение интегральных показателей эффективности – удельных затрат на добычу и обогащение, извлекаемой ценности и прибыли, на величину которых действует более 30 управляющих технологических, горно-геологических и экономических факторов. Решение задач оптимального проектирования, как правило, осуществляется методами линейного программирования с применением ЭВМ.

Представляется полезным для целей повышения уровня образования студентов горно-технологических специальностей, приобретения ими навыков исследовательской работы в области «подземная геотехнология разработки рудных месторождений полезных ископаемых» разработка научно-методических материалов по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала и внедрение их в образовательный процесс.

Цели отдельных производственных процессов рудника разные, разные у них и показатели оптимальности. Вместе с тем, все производственные процессы рудника имеют общую цель – обеспечить наиболее эффективную работу рудника. Объективным показателем, наиболее полно и всесторонне отражающим использование предприятием всех своих материальных, трудовых и денежных ресурсов, является показатель прибыли. На прибыли сказываются все стороны деятельности предприятия как в сфере

производства, так и в сфере обращения. Прибыль является синтетическим стоимостным показателем эффективности производства, экономии затрат и роста объема производства. По прибыли предлагается оценить и эффективность этажно-камерной системы разработки с твердеющей закладкой и ПЦ и при этом найти оптимальное соотношение потерь P и разубоживания R .

Для определения эффективных возможных соотношений P и R используем методику расчета прибыли Pr , отнесенную на 1т погашенных балансовых запасов камеры.

1.В общем виде функция Pr имеет вид:

$$Pr = (C_{изв.} - Z) \rightarrow \max, \text{ руб./т,} \quad (3.3.1.1.1)$$

где $C_{изв.}$ – извлекаемая ценность добытой руды, руб./т;

Z – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение рудной массы, руб./т.

2 Извлекаемая ценность определяется:

$$C_{изв.} = Z \cdot c \cdot (1 - P) \cdot \varepsilon_0, \text{ руб./т} \quad (3.3.1.1.2)$$

где Z – цена 1 т металла в концентрате, руб. (принимается по данным экономической службы ГОКа);

c – содержание металла в балансовых запасах камеры, дол. ед. (данные из рабочего проекта на камеру);

P – коэффициент потерь руды при добыче, дол. ед.;

ε_0 – коэффициент извлечения металла в концентрат при обогащении, дол. ед.

Определение ε_0 в зависимости от содержания меди в добытой руде a осуществляется по уравнению регрессии или по графику (рис.3.1):

$$\varepsilon_0 = -12,759a^2 + 55,728a + 27,163, \%, \quad (3.3.1.1.3)$$

где $a = c(1 - P)$ – содержание металла в добытой рудной массе, %;

P – коэффициент разубоживания руды, дол. ед.

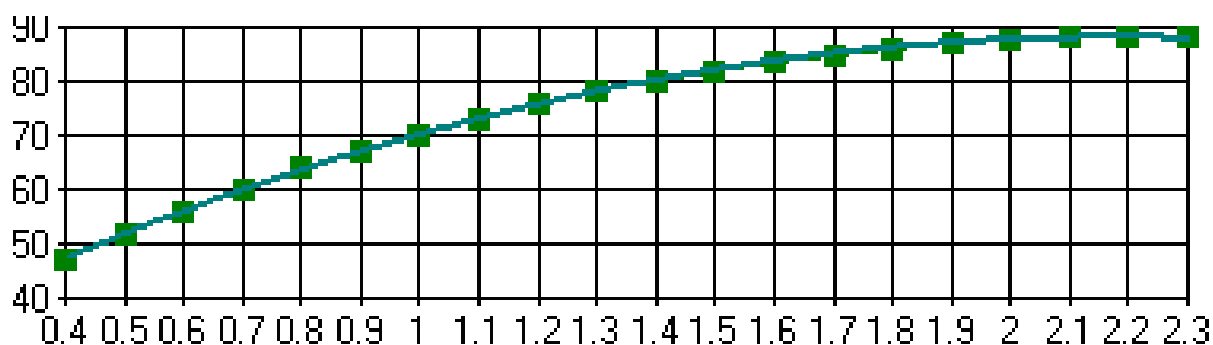


Рисунок 3.1 – Изменение извлечения Си в концентрат (ε_0) в зависимости от содержания меди в добытой руде (a)

3 Эксплуатационные затраты $Z_{до}$ включают в себя удельные затраты на добычу и обогащение, отнесенные на 1 т добытой руды, входящие в структуру затрат по комбинату:

$c_{пнр}$ – на подготовительно-нарезные работы,

$c_{отб}$ – отбойку.,

$c_{вып}$ – выпуск и доставку.,

$c_{зак}$ – закладку,

$c_{к.т.}$ – конвейерный транспорт,

$c_{вшт}$ – внутришахтный транспорт,

$c_{под}$ – подъем по стволу,

$c_{тр.о.ф.}$ – транспорт до обогатительной фабрики,

$c_{об.}$ – обогащение,

$c_{пр}$ – прочие затраты.

$$Z = (c_{пнр} + c_{отб} + c_{вып} + c_{закл.} + c_{к.т.} + c_{вшт.} + c_{под.} + c_{тр.о.ф.} + c_{об.} + c_{пр.}) \cdot \frac{(1 - \Pi)}{(1 - r)}, \text{ руб/т} \quad (3.3.1.1.4)$$

3.3.1.2 Разработка экономико-математической модели эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания

Структурное состояние проекта рудника, анализ функциональных связей отдельных элементов технологии свидетельствуют о том, что рудник является сложной большой системой. Эта система включает большое число элементов, объединенных в виде упорядоченной структуры. Этими элементами являются процессы технологического комплекса: подготовительно-нарезные работы, бурение, отбойка, выпуск и доставка, транспорт, вентиляция, закладка и обогащение. Характерной чертой системы является наличие единой цели функционирования всех составляющих элементов, несмотря на их многообразие и разную природу. Все технологические процессы подчинены единой цели – получению максимальной прибыли. Большая система – это совокупность взаимосвязанных управляемых элементов (подсистем), объединяемых технологическими, материальными, энергетическими и информационными связями элементов, имеющих наряду с собственными частными целями общую цель работы.

Наиболее сложной проблемой построения дерева целей является алгоритмизация этого процесса. В качестве одного из первых подходов к решению указанной задачи предлагается алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 3.2.

Расчет эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания основан на нижеприведенной *методике*, разработанной ИГД УрО РАН для Гайского подземного рудника.



Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритма построения дерева целей

1. Методом экспертной оценки по геолого-маркшейдерской документации выбирается проектируемая камера, условия отработки которой по традиционной технологии (без предохранительных целиков) вызовут увеличение разубоживания руды относительно среднего по этажу. При этом устанавливаются геометрические параметры и показатели извлечения:

- ширина B ;
- длина L ;
- высота H ;
- потери Π (средние по этажу);
- разубоживание P (потенциально высокое);
- содержание меди в балансовых запасах данной камеры c .

2. По рабочему проекту отработки данной камеры устанавливается фактор, в результате которого происходит значительное увеличение разубоживания. Такими факторами являются:

- низкая устойчивость вмещающих пород висячего бока, обусловленная их физико-механическими свойствами и размерами обнажения;
- низкая устойчивость искусственного массива в кровле камеры, обусловленная прочностью несущего слоя закладочного массива вышележащей камеры;
- время обнажения висячего бока и закладочного массива в кровле камеры, определяемое продолжительностью периода от начала очистной выемки до начала закладочных работ.

В зависимости от установленного фактора принимается место формирования предохранительных целиков (ПЦ):

- у висячего бока;
- в кровле камеры;
- у висячего бока и в кровле камеры.

Устанавливается диапазон изменения возможных значений P и R (табл. 3.7).

Таблица 3.7 – Диапазон изменения возможных значений P и R

Наименование показателей	Величина показателей		Шаг изменения
	мин.	макс.	
Потери, %	2,0	16,0	2,0
Разубоживание, %	2,0	16,0	2,0

3. Исходные данные для расчета $C_{изв.}$ принимаются по данным экономической службы ГОКа за соответствующий период и заносятся в форму А (табл. 3.8).

Таблица 3.8 (Форма А) – Исходные данные для расчета $C_{изв.}$ (условные)

№ п.п.	Показатель	Значение
1	Цена 1 т металла в концентрате, руб.	
	меди	150000
	цинка	30000
2	Среднее содержание металла в балансовых запасах, %	
	меди	1,5
	цинка	3,0
3	Извлечение металла в концентрат, %	
	меди (по 3)	75
	цинка (график)	50
4	Извлекаемая ценность металла в добытой руде, руб./т	
	меди	50000
	цинка	10000
5	Извлекаемая ценность 1 т добытой руды, руб./т	60000

Исходные данные для расчета $Z_{до}$ принимаются по данным экономической службы ГОКа за соответствующий период и заносятся в форму Б (табл. 3.9).

Таблица 3.9 (Форма Б) – Структура затрат на 1 т добытой руды по ГОКу (условные)

№ п/п.	Наименование работ	Величина затрат, руб./т
1.	Подготовительно-нарезные	40
2.	Отбойка	50
3.	Выпуск и доставка	60
4.	Закладочные работы	100
5.	Затраты по камере, $\Sigma C_d (1)+(2)+(3)+(4)$	250
6.	Конвейерный транспорт	20
7.	ВШТ	20
8.	Подъем по стволу	30
9.	Суммарные затраты на транспорт и подъем, $C_{тр.п} (6)+(7)+(8)$	70
10.	Затраты на добычу по руднику, $C_d (5)+(9)$	320
11.	Транспорт до обогатительной фабрики, $C_{тр.о.ф.}$	10
12.	Обогащение добытой руды, $C_{об}$	200
13.	Прочие работы и затраты $C_{пр.д.}$	140
14.	Затраты на добычу и обогащение, $Z_{до} (10)+(11)+(12)+(13)$	670

Результаты расчета изменения $C_{изв.}$, $Z_{до}$ и Pr в зависимости от возможных соотношений P и R с учетом содержания c заносятся в соответствующие формы В, Г и Д, соответственно (табл. 3.10). Расчеты проводятся с применением персональных компьютеров (ПЭВМ) по специально разработанной программе (подразд. 3.3.1.4).

Таблица 3.10 (Формы В, Г и Д) – Изменение $C_{изв.}$, $Z_{до}$ и Pr в зависимости от соотношений потерь и разубоживания при соответствующей c (условные)

Показатели извлечения		Потери, %								
		2,0	2,5	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Разубоживание, %	2,0	200	180	160	140	120	100	80	60	40
	4,0	170	150	130	110	90	70	50	30	10
	6,0	140	120	100	80	60	40	20	0	-20
	8,0	110	90	70	50	30	10	-10	-30	-50
	10,0	80	60	40	20	0	-20	-40	-60	-80
	12,0	50	30	10	-10	-30	-50	-70	-90	-110
	14,0	20	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140
	16,0	-10	-30	-50	-70	-90	-110	-130	-150	-170

4. В результате решения задачи на ПЭВМ получаем область значений прибыли в зависимости от изменяемых Π и P – многоугольник допустимых планов (табл. 3.10 – форма Д).

Далее осуществляется процесс выбора оптимального варианта соотношения величин Π и P . Для этого устанавливается область экономически эффективных соотношений величин Π и P . В таблице значений прибыли (табл. 3.10 – форма Д) она представляет собой треугольник с вершинами в точках 1, 2 и 3. Координатами точки 1 являются:

– $\min \Pi$ (принимаются средние по этажу согласно п. 1 или наименьшие по табл. 3.7);

– $\max P$ (принимается потенциально высокое согласно п. 1 или наибольшее по табл. 3.7).

Координатами точки 2 являются:

– $\min \Pi$ (принимаются средние по этажу согласно п. 1 или наименьшие по табл. 3.7);

– $\min P$ (принимается наименьшее по этажу или наименьшее по табл. 3.7).

Координатами точки 3 являются:

– $\max \Pi$ (принимаются наибольшие по табл. 3.7);

– $\min P$ (принимается наименьшее по этажу или наименьшее по табл. 3.7).

Соединив эти точки, ограничиваем область экономически эффективных соотношений величин Π и P (табл. 3.5 – форма Д).

Оптимальное соотношение Π и P находится путем их совместной оптимизации с учетом вводимых ограничений по геомеханическим (п. 5), технологическим (п. 6) и экономическим (п. 7) условиям.

Данная задача является наиболее ответственной, поскольку от принимаемого решения зависит эффективность отработки камерных запасов. Инженер, принимающий решение, должен объективно проанализировать имеющуюся информацию, и методически верно использовать предлагаемый ниже алгоритм совместной оптимизации (п. 3.3.1.3). Алгоритм (или решение задачи) совместной оптимизации может быть реализован как на ПЭВМ, так и аналитическим методом. Расчеты на ПЭВМ проводятся по специально разработанной программе (подразд. 3.3.1.4).

3.3.1.3 Алгоритм совместной оптимизации соотношений Π и P

5. Определяем размеры предохранительных целиков для условий Гайского подземного рудника исходя из следующих соображений. Ширина и высота ПЦ для этажно-камерной системы разработки жестко детерминированы геометрическими параметрами камеры. Ширина ПЦ $b_{ц}$ равна ширине камеры $B = 20$ м. Высота ПЦ $h_{ц}$ равна высоте этажа $H = 80$ м. Толщина ПЦ определяется по данным практики или расчетным путем (например, 4 м). Принятые параметры ПЦ сведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11 – Принятые параметры ПЦ

Параметры ПЦ	Расчетная формула	Значение
Ширина, м	$b_{ц} = B$	20
Высота, м	$h_{ц} = H$	80
Толщина, м	$T_{ц}$	4

6. Рассчитываем величины Π и P по рассматриваемой камере по методике принятой на Гайском подземном руднике с учетом места формирования и параметров оставления ПЦ.

6.1 Потери по камере определяются:

$$\Pi = \Pi_{\text{const}} + [(T_{ц} h_{ц}) / (L \sin \alpha H)] 100\% , \quad (3.3.1.3.1)$$

где Π_{const} – эксплуатационные потери без учета потерь в ПЦ, рассчитываемые по методике принятой на Гайском подземном руднике, %. В данном случае Π_{const} – это нормативные потери для этажа 670/750 м. $\Pi_{\text{const}} = 2,5\%$;

α – угол падения рудного тела, 70° .

Высота ПЦ может принимать значения $h_{ц} = (0, 1/12, 1/6, 1/4, 1/3, 5/12, 1/2, 7/12, 2/3, 3/4, 5/6, 11/12, 1) H$.

6.2 Разубоживание по камере определяется:

$$P = P_{\text{const}} + \{[(1-h_{ц}/H) (m_{п} \gamma_{п}/\sin \alpha)] / [(1-h_{ц}/H) (m_{п} \gamma_{п}/\sin \alpha) + L \gamma_{п}]\} 100\% , \quad (3.3.1.3.2)$$

где P_{const} – разубоживание по камере без учета разубоживания от отслаиваемых пород висячего бока, %.. В данном случае P_{const} – это нормативное разубоживание, рассчитываемое по методике принятой на Гайском подземном руднике и включающее следующие виды: разубоживание при оконтуривании рудного тела взрывными скважинами, разубоживание от отслоения закладки из кровли камеры, разубоживание от отслоения закладочного материала из стенок заложных камер, разубоживание от включения в выемочный контур прослоев пустых пород;

$m_{п}$ – мощность отслаиваемых пород всячего бока, примешиваемых к руде в процессе очистной выемки, м;

$\gamma_{п}, \gamma_{р}$ – плотность пород всячего бока и руды, соответственно, т/м³.

7. Определяем оптимальное соотношение $П$ и $Р$. Оптимальное соотношение $П$ и $Р$ лежит в области экономически эффективных соотношений (подразд. 3.3.1.4).

3.3.1.4 Программа расчета эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания руды

Программа расчета эффективного варианта системы разработки и соотношения потерь и разубоживания руды разработана в прикладной программе *Microsoft Excel* и состоит из двух отдельных модулей:

1. Модуль расчета потерь и разубоживания руды, в зависимости от конструктивных параметров этажно-камерной системы разработки.

2. Модуль расчета прибыли в зависимости от показателей извлечения руды.

Модули находятся в соответствующих файлах:

1. Расчет потерь и разубоживания.xls

2. Расчет прибыли.xls

Модуль расчета потерь и разубоживания руды

Программа создана по алгоритму, разработанному лабораторией подземной геотехнологии Института горного дела УрО РАН. Для использования программы достаточно заполнить исходные данные согласно рис. 3.3 и 3.4. Для заполнения данных нужно щелкнуть по вкладке **Исходные данные**, обозначенные символами «ИД».

	A	B
1	Исходные данные для расчета потерь и засорения	
2	Общие	
3	Высота этажа Н, м	80
4	Постоянные потери, %	2,5
5	Установленная толщина целика, м	4
6	Угол падения тела а, град.	70
7	, радиан	
8	Длина камеры минимальная, м	30
9	Шаг изменения длины камеры, м	10
10		
	Начальное значение высоты	
11	целика, м	0
12	Шаг изменения высоты целика	6.666667

Рисунок 3.3 – Общие данные для расчета потерь и разубоживания

27	Для разубоживания	
28		
29	Постоянное разубоживание, %	5,5
30	Объемный вес руды, т/м ³	3,6
31	Объемный вес породы, т/м ³	2,7
	Мощность неустойчивых пород	
32	висячего бока, м	
33	min	1
34	max	10
35	шаг	1

Рисунок 3.4 – Данные для расчета разубоживания

Следует обратить внимание, что величина Шага изменения высоты целика (поз. 12) автоматически вводится равной 1/12 принимаемой высоты этажа (поз. 3).

После ввода исходных данных следует нажать клавишу Enter и перейти к вкладкам **Потери** и **Разубоживание**. Расчет производится автоматически.

На вкладке **Потери** расчетное значение потерь в процентах читается на пересечении строки, соответствующей высоте целика и столбца, соответствующего длине камеры. Содержание вкладки **Потери**, приведено на рис. 3.5. Меняя исходные данные можно получить соответствующие им значения потерь, а задавая шаг изменения данных (длина камеры, высота целика) получить необходимую точность расчетов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Расчет потерь руды в зависимости от параметров разработки										
2	Высота	Длина камеры, м									
3	целика, м	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	0,000	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
5	6,667	3,682	3,387	3,209	3,091	3,007	2,943	2,894	2,855	2,822	2,796
6	13,333	4,865	4,274	3,919	3,682	3,514	3,387	3,288	3,209	3,145	3,091
7	20,000	6,047	5,160	4,628	4,274	4,020	3,830	3,682	3,564	3,467	3,387
8	26,667	7,230	6,047	5,338	4,865	4,527	4,274	4,077	3,919	3,790	3,682
9	33,333	8,412	6,934	6,047	5,456	5,034	4,717	4,471	4,274	4,112	3,978
10	40,000	9,595	7,821	6,757	6,047	5,541	5,160	4,865	4,628	4,435	4,274
11	46,667	10,777	8,708	7,466	6,638	6,047	5,604	5,259	4,983	4,757	4,569
12	53,333	11,959	9,595	8,176	7,230	6,554	6,047	5,653	5,338	5,080	4,865
13	60,000	13,142	10,481	8,885	7,821	7,061	6,491	6,047	5,693	5,402	5,160
14	66,667	14,324	11,368	9,595	8,412	7,568	6,934	6,441	6,047	5,725	5,456
15	73,333	15,507	12,255	10,304	9,003	8,074	7,377	6,836	6,402	6,047	5,752
16	80,000	16,689	13,142	11,013	9,595	8,581	7,821	7,230	6,757	6,370	6,047

Рисунок 3.5 – Результаты расчета величины потерь, %

Чтобы не менять конфигурацию таблицы необходимо чтобы число позиций вычислений по стокам равнялось 13, а по столбцам – 10. В противном случае вид таблиц изменится и нарушится алгоритм вычислений разубоживания руды.

На вкладке **Разубоживание** расчетное значение разубоживания в процентах читается на пересечении строки, соответствующей высоте целика и мощности пород и столбца, соответствующего длине камеры.

На рис. 3.6 приведена часть таблицы вычисления разубоживания руды. Расчеты приведены для мощности отслоения вмещающих пород всячего бока в один метр. Например, при мощности пород 1 м, высоте целика 20 м (3/12 высоты этажа) и длине камеры 40 м разубоживание руды составит 6,974 %.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Расчет разубоживания руды в зависимости от параметров разработки											
2	Мощность пород, м	Высота целика, м	Длина камеры, м									
3			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	1,00	0,000	8,091	7,456	7,071	6,813	6,627	6,488	6,379	6,292	6,220	6,161
5	1,00	6,667	7,881	7,296	6,942	6,705	6,534	6,406	6,306	6,226	6,161	6,106
6	1,00	13,333	7,669	7,136	6,813	6,596	6,441	6,325	6,234	6,161	6,101	6,051
7	1,00	20,000	7,456	6,974	6,683	6,488	6,348	6,243	6,161	6,095	6,041	5,996
8	1,00	26,667	7,243	6,813	6,553	6,379	6,254	6,161	6,088	6,029	5,981	5,941
9	1,00	33,333	7,028	6,651	6,423	6,270	6,161	6,079	6,015	5,963	5,921	5,886
10	1,00	40,000	6,813	6,488	6,292	6,161	6,067	5,996	5,941	5,897	5,861	5,831
11	1,00	46,667	6,596	6,325	6,161	6,051	5,973	5,914	5,868	5,831	5,801	5,776
12	1,00	53,333	6,379	6,161	6,029	5,941	5,879	5,831	5,795	5,765	5,741	5,721
13	1,00	60,000	6,161	5,996	5,897	5,831	5,784	5,749	5,721	5,699	5,681	5,666
14	1,00	66,667	5,941	5,831	5,765	5,721	5,690	5,666	5,648	5,633	5,621	5,611
15	1,00	73,333	5,721	5,666	5,633	5,611	5,595	5,583	5,574	5,566	5,560	5,555
16	1,00	80,000	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500

Рисунок 3.6 – Результаты расчета разубоживания руды, %

Полный расчет разубоживания в таблице 3.11 осуществляется для мощности отслаивающихся пород от одного до 10 метров с шагом один метр. Изменяя исходные

данные можно получить соответствующие им значения разубоживания, а задавая шаг изменения данных (длина камеры, высота целика, мощность отслаивающихся пород) получить необходимую точность расчетов.

Полученные данные используются для расчета показателей экономической эффективности как традиционной технологии, так и выемки с предохранительными целиками.

Модуль расчета экономической эффективности при заданных параметрах извлечения руды

Программа создана по алгоритму, разработанному лабораторией подземной геотехнологии Института горного дела УрО РАН. Для использования программы достаточно заполнить исходные данные согласно рис. 3.7. Для заполнения данных нужно щелкнуть по вкладке Исходные данные, обозначенные символами «ИД».

На рис. 3.7 приведена форма ввода исходных данных для расчета прибыли в зависимости от параметров камеры и предохранительного целика, показателей извлечения и затрат на технологические процессы на добычу и обогащение руды.

1	Исходные данные для расчета прибыли	
2	Блок	
3	Ширина камеры, м	20,00
4	Длина камеры, м	40,00
5	Высота камеры, м	80,00
6	Целик	
7	Ширина целика, м	20,00
8	Длина целика, м	80,00
9	Толщина целика, м	4,00
10		
11	Потери руды по блоку, %	2,50
12	Разубоживание по блоку, %	16,00
13		
14	Содержание меди в балансовых запасах -см, %	1,32
15	Цена 1 т меди в концентрате Ц, руб/т	59400,00
16		
17	содержание цинка в балансовых запасах сц, %	0,58
18	цена 1 т цинка в концентрате Ц, руб/т	61425,00
19		
20	Удельные затраты, руб/т	
21		
22	Подготовительно-нарезные работы	32,10
23	Отбойка	43,40
24	Выпуск и доставка	46,00
25	Закладка	56,90
26	Конвейерный транспорт	11,20
27	Внутришахтный транспорт	6,60
28	Подъем по стволу	22,80
29	Транспорт до обогатительной фабрики	6,30
30	Обогащение	150,40
31	Прочие затраты	138,80

Рисунок 3.7 – Исходные данные для расчета прибыли

Исходные данные являются расчетными или принимаются по практическим данным ГОКа и рудника за определенный период времени (см. разд. 3.3.1.3). Поз. 2-9

являются параметрами камерной выемки с ПЦ, а поз. 11 и 12 – *П* и *Р* соответствующие традиционной выемке камер с потенциально высоким разубоживанием.

На рис. 3.8 приводится часть вводимых данных с элементами вычислений. Удельные затраты (поз. 22–31) – это затраты на 1 т **добытой** руды. Следует пояснить, что общешахтными затратами (поз. 36) здесь являются прочие затраты (поз. 31) отнесенные на 1 т балансовых запасов с учетом средних по этажу показателей $P=2,5\%$ и $P=10\%$. Данные затраты добавляются в дальнейших расчетах как постоянная величина.

20	Удельные затраты, руб/т			
21				
22	Подготовительно- нарезные работы	32,10		
23	Отбойка	43,40		
24	Выпуск и доставка	46,00	Затраты по камере	
25	Закладка	56,90	178,40	
26	Конвейерный транспорт	11,20		
27	Внутришахтный транспорт	6,60	Транспорт и подъем	
28	Подъем по стволу	22,80	40,60	
29	Транспорт до обогатительной фабрики	6,30	Добыча по руднику	
30	Обогащение	150,40	219,00	
31	Прочие затраты	138,80		
32				
33	- Итого (без прочих затрат)	375,70		
34	Затраты эксплуатационные на добычу и обогащение, руб/т	514,50		
35				
36	Общешахтные затраты, руб/т	150,40		

Рисунок 3.8 – Ввод данных по удельным затратам с элементами расчета

На рис. 3.9 приводится часть вводимых данных: начальные значения потерь и разубоживания руды и величина шага изменения соответствующих величин.

38	Подготовка данных для расчета	
39	Начальное значение потерь, %	2
40	Шаг изменения по потерям	1
41	Начальное значение разубоживания %	2
42	Шаг изменения по разубоживанию	1
43		

Рисунок 3.9 – Данные, подготовленные для расчета

После ввода исходных данных следует нажать клавишу Enter и перейти к вкладкам **Удельные затраты на добычу и обогащение 1 т руды**, **Суммарная извлекаемая ценность** и **Прибыль**. Расчет производится автоматически. С результатами промежуточных расчетов можно ознакомиться на соответствующих вкладках.

Результаты расчетов приводятся на следующих вкладках:

1. Извлечение по регрессии.
2. Одиночный расчет.

3. Затраты на 1 т руды

4. Извлечение по меди.
5. Извлечение по цинку.
6. Ценность по меди.
7. Ценность по цинку.

8. Суммарная ценность

9. Расчет прибыли.

Первая и вторая вкладка носят демонстрационный характер и не оказывают влияние на дальнейшие расчеты. Остальные вкладки построены по одному принципу. Показатели эффективности исследуется в зависимости от двух параметров – потерь и разубоживания руды. На странице расчета ниже расчетных показателей приводится диаграмма, на которой приводятся исследуемые зависимости.

На рис. 3.10 приводится часть расчетной таблицы, в которой определяются удельные затраты на добычу и обогащение 1 т руды. Затраты находятся на пересечении строки, отражающей разубоживание и столбца, соответствующего величине потерь.

2	Разубо-	Потери, %								
3	живание, %	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	2,0	526,10	522,27	518,43	514,60	510,77	506,93	503,10	499,26	495,43
5	3,0	529,97	526,10	522,23	518,35	514,48	510,61	506,73	502,86	498,99
6	4,0	533,93	530,01	526,10	522,19	518,27	514,36	510,45	506,53	502,62
7	5,0	537,96	534,01	530,05	526,10	522,15	518,19	514,24	510,28	506,33
8	6,0	542,09	538,09	534,09	530,10	526,10	522,10	518,11	514,11	510,11
9	7,0	546,30	542,26	538,22	534,18	530,14	526,10	522,06	518,02	513,98
10	8,0	550,60	546,52	542,43	538,35	534,27	530,18	526,10	522,02	517,93
11	9,0	555,00	550,87	546,74	542,61	538,49	534,36	530,23	526,10	521,97
12	10,0	559,50	555,32	551,15	546,97	542,80	538,62	534,45	530,27	526,10

Рисунок 3.10 – Изменение затрат в зависимости от потерь и разубоживания руды

На рис. 3.11 приведена часть расчетной таблицы, в которой определяется величина прибыли в зависимости от потерь и разубоживания руды.

2	Разубо-	Потери, %								
3	живание, %	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	2,0	167,11	163,87	160,63	157,39	154,15	150,91	147,67	144,43	141,19
5	3,0	159,95	156,78	153,62	150,45	147,28	144,12	140,95	137,78	134,62
6	4,0	152,67	149,58	146,48	143,39	140,30	137,21	134,11	131,02	127,93
7	5,0	145,26	142,25	139,23	136,21	133,20	130,18	127,16	124,15	121,13
8	6,0	137,73	134,79	131,85	128,91	125,97	123,03	120,09	117,15	114,21
9	7,0	130,07	127,21	124,35	121,49	118,63	115,76	112,90	110,04	107,18
10	8,0	122,28	119,50	116,72	113,94	111,15	108,37	105,59	102,81	100,02

Рисунок 3.11 –Изменение прибыли в зависимости от потерь и разубоживания руды

Технология работы со всеми вкладками одна и та же и не требует специальных пояснений.

Следует отметить, что благодаря заданию шага изменения значений потерь и разубоживания руды и помещению этих величин на вкладку исходных данных пользователь получает возможность расчета исследуемых параметров в любых диапазонах.

Широкий диапазон расчетных значений, представленных в полной версии расчетной таблицы **Прибыли** (рис. 3.12), позволяет оценить эффективность любого рассматриваемого варианта технологии камерной выемки с оставлением ПЦ по сравнению с традиционной технологией.

Приведем пример.

При отработке камеры с потенциально высоким разубоживанием по традиционной технологии проектные показатели извлечения составляют: $P = 2,5 \%$ и $P = 16 \%$. При этом прибыль равна 53,46 руб./т. На рис. 3.12 данное значение находится методом интерполяции между двумя соседними значениями прибыли, выделенных красным цветом.

Предлагаемая технология камерной выемки с оставлением ПЦ дает показатели извлечения: $P = 11 \%$ и $P = 5,5 \%$. Данные показатели извлечения рассчитаны по программе **Расчет потерь и разубоживания** и находятся в табл. рис.3 и 4, соответственно. Основными исходными данными для расчетов P и P явились длина камеры 50 м и параметры ПЦ – высота $h_{ц} = 80$ м, толщина $T_{ц} = 4$ м. Остальные исходные данные соответствуют традиционной технологии. При этом прибыль составила 115,28 руб./т. На рис. 3.12 данное значение находится вышеприведенным методом и выделено зеленым цветом.

Таким образом, в данных условиях более эффективным является применение этажно-камерной системы разработки с оставлением ПЦ.

Для сравнения проектные показатели по этажу 670/750 м ($P = 2,5 \%$ и $P = 10 \%$) дают прибыль 104,64 руб./т. (выделено в табл. 3.12 желтым цветом), что также существенно меньше прибыли, получаемой по рекомендуемой технологии с ПЦ.

Зависимость прибыли от потерь и разубоживания, руб/т															
Разубо- живание, %	Потери, %														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2,0	167,11	163,87	160,63	157,39	154,15	150,91	147,67	144,43	141,19	137,95	134,71	131,47	128,23	124,99	121,75
3,0	159,95	156,78	153,62	150,45	147,28	144,12	140,95	137,78	134,62	131,45	128,28	125,11	121,95	118,78	115,61
4,0	152,67	149,58	146,48	143,39	140,30	137,21	134,11	131,02	127,93	124,84	121,74	118,65	115,56	112,47	109,37
5,0	145,26	142,25	139,23	136,21	133,20	130,18	127,16	124,15	121,13	118,11	115,09	112,08	109,06	106,04	103,03
6,0	137,73	134,79	131,85	128,91	125,97	123,03	120,09	117,15	114,21	111,27	108,33	105,39	102,45	99,51	96,57
7,0	130,07	127,21	124,35	121,49	118,63	115,76	112,90	110,04	107,18	104,32	101,45	98,59	95,73	92,87	90,01
8,0	122,28	119,50	116,72	113,94	111,15	108,37	105,59	102,81	100,02	97,24	94,46	91,68	88,89	86,11	83,33
9,0	114,36	111,66	108,95	106,25	103,55	100,85	98,15	95,45	92,74	90,04	87,34	84,64	81,94	79,24	76,53
10,0	106,29	103,67	101,05	98,43	95,82	93,20	90,58	87,96	85,34	82,72	80,10	77,48	74,86	72,24	69,62
11,0	98,09	95,55	93,02	90,48	87,95	85,41	82,87	80,34	77,80	75,27	72,73	70,20	67,66	65,12	62,59
12,0	89,74	87,29	84,84	82,39	79,94	77,49	75,04	72,58	70,13	67,68	65,23	62,78	60,33	57,88	55,43
13,0	81,24	78,88	76,51	74,15	71,78	69,42	67,06	64,69	62,33	59,97	57,60	55,24	52,88	50,51	48,15
14,0	72,59	70,31	68,04	65,76	63,49	61,21	58,94	56,66	54,39	52,11	49,83	47,56	45,28	43,01	40,73
15,0	63,78	61,60	59,41	57,23	55,04	52,85	50,67	48,48	46,30	44,11	41,93	39,74	37,56	35,37	33,19
16,0	54,82	52,72	50,63	48,53	46,44	44,35	42,25	40,16	38,06	35,97	33,88	31,78	29,69	27,59	25,50
17,0	45,69	43,68	41,68	39,68	37,68	35,68	33,68	31,68	29,68	27,68	25,68	23,68	21,67	19,67	17,67
18,0	36,39	34,48	32,57	30,67	28,76	26,86	24,95	23,04	21,14	19,23	17,33	15,42	13,51	11,61	9,70
19,0	26,91	25,10	23,29	21,48	19,67	17,87	16,06	14,25	12,44	10,63	8,82	7,01	5,20	3,39	1,58
20,0	17,26	15,55	13,84	12,13	10,42	8,71	6,99	5,28	3,57	1,86	0,15	-1,56	-3,27	-4,98	-6,69
21,0	7,42	5,81	4,20	2,59	0,98	-0,63	-2,24	-3,85	-5,46	-7,07	-8,68	-10,29	-11,90	-13,51	-15,12
22,0	-2,60	-4,11	-5,62	-7,13	-8,64	-10,14	-11,65	-13,16	-14,67	-16,18	-17,68	-19,19	-20,70	-22,21	-23,72
23,0	-12,83	-14,23	-15,63	-17,04	-18,44	-19,84	-21,25	-22,65	-24,06	-25,46	-26,86	-28,27	-29,67	-31,07	-32,48
24,0	-23,25	-24,55	-25,84	-27,14	-28,44	-29,74	-31,03	-32,33	-33,63	-34,93	-36,22	-37,52	-38,82	-40,12	-41,41
25,0	-33,88	-35,07	-36,26	-37,45	-38,64	-39,82	-41,01	-42,20	-43,39	-44,58	-45,77	-46,96	-48,15	-49,34	-50,53
26,0	-44,73	-45,80	-46,88	-47,96	-49,04	-50,12	-51,20	-52,27	-53,35	-54,43	-55,51	-56,59	-57,67	-58,74	-59,82
27,0	-55,79	-56,76	-57,72	-58,69	-59,65	-60,62	-61,59	-62,55	-63,52	-64,48	-65,45	-66,41	-67,38	-68,34	-69,31
28,0	-67,09	-67,94	-68,79	-69,64	-70,49	-71,34	-72,19	-73,04	-73,89	-74,74	-75,59	-76,44	-77,29	-78,14	-78,99
29,0	-78,63	-79,36	-80,09	-80,82	-81,56	-82,29	-83,02	-83,75	-84,48	-85,22	-85,95	-86,68	-87,41	-88,15	-88,88
30,0	-90,41	-91,02	-91,63	-92,24	-92,86	-93,47	-94,08	-94,69	-95,30	-95,92	-96,53	-97,14	-97,75	-98,36	-98,98

Рисунок 3.12 –Изменение прибыли в зависимости от потерь и разубоживания руды

3.3.2 Методические указания по обоснованию общего порядка разработки долгосрочных программ развития и поддержания минерально-сырьевой базы

Общие положения. Цели и задачи работы

Главной целью разработки долгосрочных планов является прогноз и обоснование организационно-технических и финансовых мер по поддержанию и развитию минерально-сырьевой базы горнодобывающего предприятия или производственного объединения, обеспечивающих эффективную эксплуатацию недр в течение 10-15-летнего периода времени. Поэтому планы выполняются в виде стратегий и программ развития минерально-сырьевой базы, бизнес-планов и инвестиционных проектов. При этом под минерально-сырьевой базой в последнее время понимается не только увеличение собственно запасов, подлежащих отработке, но и технических средств их добычи и переработки.

К основным *технологическим* задачам долгосрочного и перспективного планирования горных работ относятся задачи:

- прогноза интенсивности отработки эксплуатируемых месторождений, залежей и участков, обоснования ожидаемой производительности горного предприятия и разработки рационального календарного графика отработки карьера;
- разработки долгосрочной программы-графика очередности вовлечения в отработку месторождений, залежей или их участков из числа разведанных и резервных, в т.ч. с относительно небольшими запасами;
- прогноза во времени качества и обогатимости добываемого сырья по каждому элементу сырьевой базы предприятия, а также поиска предпосылок для управления запасами и качеством выпускаемой продукции;
- установления главных параметров каждого добывающего объекта, формирующего общий рудопоток, поступающий на обогащение, обоснования основных направлений комплексного использования недр и выпуска новых видов продукции;
- прогноза прироста запасов минерального сырья, в т.ч. запасов, ранее исключенных из числа промышленных; обоснование объемов доразведки основного обрабатываемого месторождения, а также последовательности и методов доизучения рудопроявлений и площадей с оцененными прогнозными ресурсами
- прогноза маршрутов транспортирования полезного ископаемого к местам переработки, обоснования способа вскрытия и систем разработки, режима горных работ и порядка отработки карьерного поля;
- обоснования способов и технологий отработки месторождений и их участков, прогноз потребности в технических средствах разработки, а также необходимости

модернизации или технического перевооружения производства, установления перспективных направлений технического развития и совершенствования структуры производственного цикла;

- прогноза необходимости изъятия дополнительных земель, обеспечивающих размещение объектов предприятия (карьеров, отвалов, хвостохранилищ, подсобных производств и пр.) и т.п.

К главным *экономическим и управленческим* задачам разработки долгосрочных планов развития горных работ относятся:

- обоснование рынков сбыта и номенклатуры продукции, разработка маркетинговых прогнозов;

- оценка долгосрочной финансовой деятельности предприятия, прогноз текущих затрат и доходов, расчеты денежных потоков и эффективности инвестиций;

- обоснование величины производственных запасов всех видов и режима материального обеспечения производства, организационной структуры предприятия, функций и иерархии элементов системы управления производством и организацией труда, схем информационных потоков;

- прогнозирование численности и производительности труда работающих, планирование фонда оплаты труда и материального стимулирования

- обеспечение безопасности труда, разработка общих принципов, а также методов контроля и обеспечения промышленной безопасности.

Характеристика исходных условий

Обоснование размещения перспективной рудной базы горно-обогатительного предприятия осуществляется в условиях неопределенности, что зачастую объясняется достаточно большим количеством объектов-месторождений или участков крупного месторождения, подлежащих отработке или предварительному доизучению.

Рассматриваемые объекты отработки характеризуются разной величиной и степенью достоверности запасов. Для каждого оцениваемого участка характерен неодинаковый минеральный и качественный состав руд, определяющий их обогатимость, т.е. расход сырой руды на производство концентрата установленного качества, а в предполагаемых к отработке рудах различных месторождений содержится неодинаковое количество основных и попутных полезных, а также и вредных компонентов.

Инфраструктурная обустроенность и степень готовности участков разработки неодинакова, они зачастую отличаются природно-экологическими условиями ведения горных работ. Маршруты транспортирования добытого полезного ископаемого к местам переработки неодинаковы по протяженности, магистральные и сборочные перевозки к

промплощадке горно-обогатительного предприятия могут осуществляться как автомобильным, так и железнодорожным транспортом и пр.

Поэтому решение задач долгосрочного планирования включает обоснование распределения во времени объемов капитальных работ и размеров эксплуатационных расходов, необходимых для реализации разрабатываемой программы, а также перечня природоохранных мероприятий, обеспечивающих экологическую чистоту ведения горных и обогатительных работ.

Порядок решения поставленных задач

Общий порядок направленного поиска стратегий поддержания и развития минерально-сырьевой базы горно-обогатительного предприятия чаще всего осуществляется методом вариантов. При этом для обоснования технической допустимости и экономической эффективности дальнейшей разработки месторождения проводится комплекс работ, результаты которого в виде отдельных содержательных этапов исследований и расчетов представлены на рис. 3.13.

Обоснование требуемого объема производства является одной из самых сложных и ответственных задач разработки долгосрочного плана. Теория проектирования открытой разработки свидетельствует о том, что производственная мощность карьера может быть определена как максимальной по горнотехническим факторам – при максимальной интенсивности отработки, так и по потребности в минеральном сырье.

Такой подход в нашем случае означает, что требуемый объем производства готовой продукции ($A_{тр}$) должен быть обоснован и утвержден лицом, принимающим решение (собственником или руководителем предприятия), на основании маркетинговых исследований рынка сбыта продукции. В любом случае он не может превышать производительности предприятия (A_p), максимально возможной по интенсивности ведения горных работ и геологическим условиям залегания месторождения:

$$A_{тр} < A_p, \quad (3.3.2.1)$$

$$A_p = h_r * S_3 * (1 - \eta) / (1 + \rho), \quad (3.3.2.2)$$

$$A_p = V_{\phi} * L_{\delta} * N_{\delta} * N_y * H_y, \quad (3.3.2.3)$$

$$A_p = Q_3 * L_{гм} / L_{\delta} / (1 + K_r), \quad (3.3.2.4)$$

Поэтому на предварительной стадии выполняется технологический анализ проектных решений, а также сложившихся к началу планирования фактических параметров и показателей интенсивности разработки: скорости понижения горных работ (h_r); потерь полезного ископаемого (η) и разубоживания (ρ); скорости подвигания фронта работ (V_{ϕ}); длины (L_{δ}) количества экскаваторных блоков на горизонте (N_{δ}); количества добычных

уступов в работе (N_y) и высоты уступов (H_y); производительности экскаваторов (Q_3); длины фронта работ по горной массе ($L_{ГМ}$); текущего коэффициент вскрыши (K_T); активной площади обрабатываемой залежи (S_3).

Обоснование требуемого объема производства готовой продукции	
1. Предварительный анализ минерально-сырьевой базы	
2. Выявление системообразующих элементов минерально-сырьевой базы предприятия	
3. Формирование краевых вариантов очередности вовлечения в отработку месторождений	
4. Предварительное формирование стратегий поддержания МСБ предприятия	
5. Формирование программы геологоразведочных работ	
6. Инвестиционные предложения по реализации программы развития МСБ	

Рисунок 3.13. - Порядок направленного поиска стратегий поддержания и развития минерально-сырьевой базы горно-обогатительного предприятия *)

*) методические рекомендации разработаны в соответствии со схемой решения, которая получена при выполнении работ по этапу 5, раздел «Общий методический подход к формированию стратегии поддержания и развития минерально-сырьевой базы. Общие требования и региональные особенности. Порядок обоснований и расчетов»

Дополнительно производится анализ накопленного опыта, состояния научных исследований, а также перспективных технологий добычи и производства конечной продукции в сравнении со сложившимися на предприятии условиями. Это позволяет сформулировать техническое задание для выполнения дальнейших технологических и экономических расчетов.

Существо поэтапно решаемых задач и порядок направленного поиска стратегий поддержания и развития минерально-сырьевой базы горно-обогатительного предприятия представлено на рис. 3.13.

Этап 1. Предварительный анализ минерально-сырьевой базы. При установленной потребности в продукции горного предприятия на первом этапе работ осуществляется предварительный анализ известных объектов, которые могут слагать сырьевую базу предприятия. Первичная отбраковка осуществляется списком, с ранжированием по величине запасов, степени разведанности объектов и их готовности к освоению.

Производится оценка качественных показателей по каждому из оцениваемых участков, отрабатываемых или подлежащих отработке в перспективе, а также расход сырой руды для получения 1т готовой продукции. На данной стадии и исходя из соответствующей погрешности расчетов (до 10-15%) допустимо производить вычисления на основании средних залежи или участку показателей качества и обогатимости сырой руды.

Для примера на рис.3.14 представлена диаграмма распределения запасов полезного ископаемого в балансовых запасах по всем участкам месторождения. Анализ приведенных данных по участкам месторождения, отобранных для дальнейшего анализа, и характеристики их качества позволил сделать следующие выводы:

Открытые горные работы:

- дорабатываемые открытым способом верхние горизонты Карагайского участка, характеризуются пониженным выходом магнезита марок МШ+МИ;
- Березовский и Ельничный участки имеют сравнительно низкое качество минерального сырья, однако расположены в непосредственной близости от района ведения горных работ и могут быть эффективно отработаны;
- Мельнично-Паленихинский участок является основой для получения качественного магнезита открытыми горными работами;
- Восточный участок Семибратского месторождения может быть признан перспективным для освоения при условии доразведки.

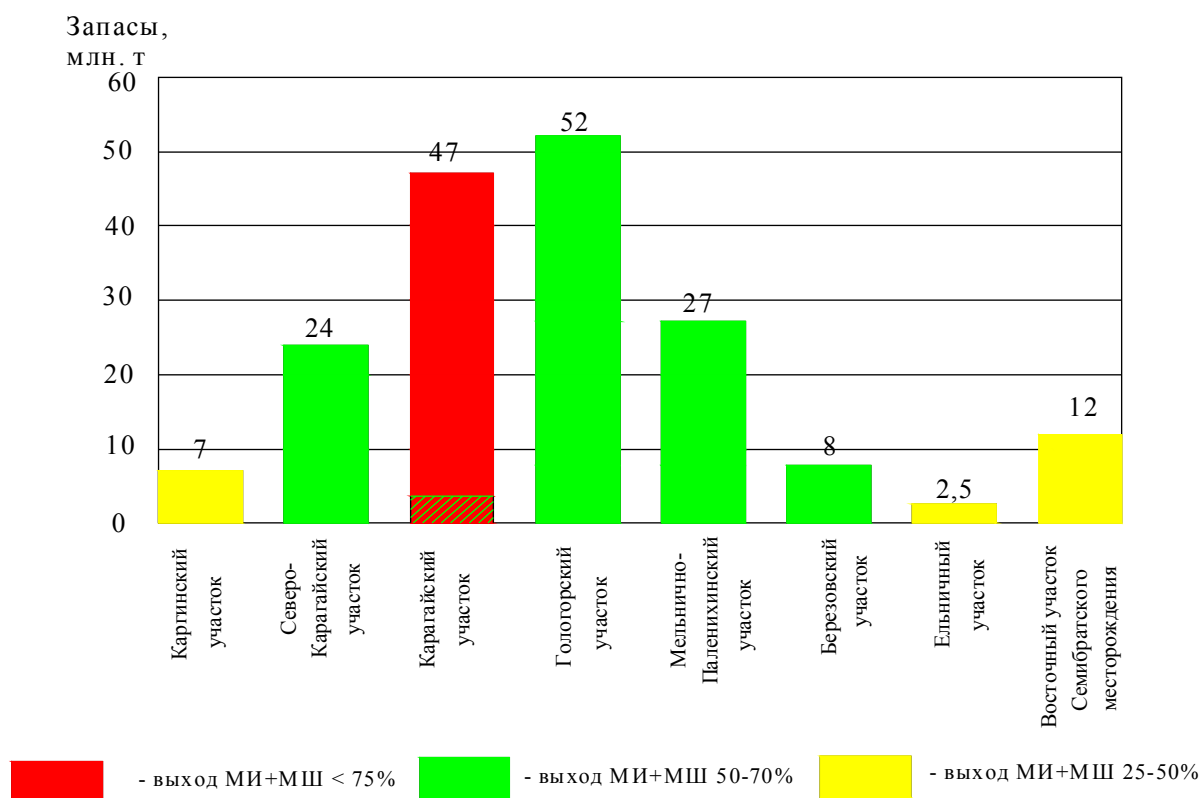


Рисунок 3.14 - Распределение запасов и качества магнетитового сырья по анализируемым объектам

Подземные горные работы

- часть Карагайского участка, предназначенная для отработки подземным способом, в целом представляет собой наиболее богатый по выходу высокомагнезиального сырья объект и совместно с Гологорским участком Саткинского месторождения по качественным характеристикам являются основой для получения качественного магнетита;

- Северо-Карагайский и Каргинский участки Саткинского месторождения характеризуются относительно низким качеством минерального сырья. Для их руд должны отрабатываться перспективные технологии добычи, подготовки и обогащения.

Этап 2. Выявление системообразующих элементов МСБ предприятия. На этапе выявления системообразующих элементов минерально-сырьевой базы предприятия производится обоснование главных параметров добывающих и перерабатывающих объектов. Определяется способ и примерная глубина отработки, ориентировочная производительность горного предприятия, обрабатывающего анализируемый его элемент минеральной базы.

Производительность предприятия и каждого его сырьевого элемента устанавливается на основании стандартных горно-геометрических расчетов, принятых при проектировании,

по данным проектных и предпроектных проработок, или ориентировочно принимается максимальной по горно-техническим факторам.

Дополнительно производится изыскание резервов сырья, компенсирующих выбывающие вследствие отработки запасы или природное качество подготовленных к отработке участков. Производится оценка способов и технологий отработки, а также горно-технических возможностей открытой разработки. В качестве наиболее распространенных приемов используются:

- *расширение границ карьера* по глубине и в плане с вовлечением, по сравнению с проектными, дополнительных запасов руды;

- *изменение эксплуатационных кондиций* на полезное ископаемое с последующим пересчетом запасов: ужесточение кондиций ведет к сокращению объемов добываемого сырья, однако повышает его качество; снижение бортового содержания или мощности отрабатываемых рудных пропластков повышает разубоживание, снижает качество сырой добываемой руды, однако в целом повышает ее извлечение из недр;

- *модернизация или применение новых технологий добычи* прежде всего влияет на полноту выемки полезного ископаемого обеспечивает повышение степени селективности добычи и, соответственно, качества добываемого сырья;

- *вовлечение в отработку ранее списанных и некондиционных запасов*, а также запасов в целиках повышает степень извлечения полезного ископаемого из недр;

- *отработка обособленных участков и залежей* с небольшими запасами, ранее признанными неэффективными;

- *поиски и разведка новых месторождений минерального сырья*, освоение которых позволит загрузить незадействованные перерабатывающие мощности действующего предприятия, варианты рассматриваются одновременно с изучением возможных поставщиков сырой руды или промпродукта;

- *вовлечение в отработку запасов техногенного сырья* (отвалов бедных и некондиционных руд, хвостохранилищ и т.п.), что позволяет в некоторой степени компенсировать дефицит сырья с приемлемыми затратами, поскольку стоимость добычи природного сырья во многих случаях сопоставима с затратами на переработку техногенных месторождений;

- *поиск возможностей выпуска нетрадиционной продукции*, которая как правило производится из текущих или складированных отходов производства, т.е. реализация принципа комплексного использования недр.

Основные технологические и технико-экономические расчеты осуществляются по методикам, принятым при разработке проектной документации.

Предварительно также оцениваются обогатительные свойства полезного ископаемого. Показатели извлечения в концентрат по каждому добываемому объекту, залежи или участку рассчитываются на основании технологических балансов, установленных опытным путем, или принимаются по данным переработки руд аналогичных месторождений.

Например для поддержания рудной базы комбината «Магнезит» и качества сырой руды имеются дополнительные возможности открытой разработки, охарактеризованные данными табл.3.12.

На основании выполнения таких работ устанавливается перечень объектов – элементов минеральной базы, в наибольшей степени влияющих на достижение требуемого результата – выпуска готовой продукции в установленном объеме с требуемыми качественными показателями.

Главным системообразующим элементом, выявляемым в процессе анализа, может быть шахта и соответствующее развитие или поддержание ее производственной мощности (если применяется открыто-подземная разработка), карьер или его участок, залежь, планомерная отработка или реконструкция которых обеспечивает долгосрочные поставки сырья.

Этап 3. Формирование крайних вариантов очередности вовлечения в отработку.

Формирование крайних вариантов очередности вовлечения в отработку месторождений достигается построением прогнозных календарных графиков погашения запасов, обосновывающих ряд ограничений на разрабатываемую стратегию поддержания МСБ, в т.ч. основной способ добычи; содержание полезного компонента в сырой руде и ежегодный объем добычи, обеспечивающий выпуск требуемого объема продукции; вовлечение в переработку шихтующих добавок в виде некондиционного сырья, техногенных отходов и пр.

Таблица 3.12 - Дополнительные возможности открытого способа разработки, расширяющие минерально-сырьевую базу предприятия

Строительство нового карьера				
Участки	Магнезит, тыс. т	Вскрыша тыс. м³	Срок существован ия карьера, лет	Горная масса тыс. м³
Северо- Карагайский участок (карьер)- 1вариант	5200	4400	23	6260
Северо- Карагайский участок (карьер)- 2вариант	2410	2360	13	3160

Пересчет запасов с измененными кондициями по данным доразведки				
Участки	Вскрыша тыс. м³	Руда, тыс. т	Выход МИ и МШ, %	Коэффициент вскрыши, м³/т
Мельнично-Паленихинский карьер	4690	4127	45,0	1,14
Березовский карьер	-2920,1	467,5		
Вовлечение в отработку перспективных месторождений				
Участки	Запасы, тыс. т	Количество товарной руды в контуре намеченного карьера, тыс. т	Коэффициент вскрыши, м³/т	
Ельничное месторождение (карьер)	2710	2553	5,27	
Восточный участок Семибратского месторождения (карьер)	10500	-	2,17	
Доработка существующих объектов открытой разработки				
Участки	Магнетит, тыс. т	Вскрыша тыс. м³	Горная масса, тыс. м³	
Карагайский карьер (отработка временно законсервированных запасов руды на северо-западном борту карьера)	750	1150	1410	
Карагайский карьер (углубка карьера на 45-50м)		Не эффективна		

Как правило основным ограничением является стабильный график произведенной продукции, под который подбираются календарные графики добычи на выявленных на предыдущем этапе сырьевых элементов с учетом установленных ранее показателей обогатимости. Альтернативным вариантом является построение календарных графиков с установленным объемом добычи. В этом случае объем конечной продукции рассчитывается суммированием ее объемов по каждому из добывающих подразделений (залежей, участков) на основании данных о выходе готовой продукции.

В общем простейшем случае такие расчеты выполняются с использованием следующего соотношения:

$$\Pi = \sum(V_i * \alpha_i * \gamma_i) / (100 * \sum V_i), \quad (3.3.2.1)$$

где Π – общий объем произведенной готовой продукции, V_i – объем добычи сырой руды, т, с i -го участка при установленном качестве α_i , %, γ_i – выход полезного ископаемого в концентрат, доли ед.

Для примера в табл. 3.13 приведены сведения по одному из вариантов календарного графика ведения горных работ по Высокогорскому ГОКу, включающие объем производства

по годам время начала и завершения отработки объектов, среднее содержание железа в руде по каждому участку-месторождению, виду добычи (открытая, подземная) и в целом по объединению.

Процесс построения совмещенных календарных графиков отработки сложен и недостаточно формализован. Однако в качестве общих рекомендаций по их построению можно сформулировать следующие эвристические правила:

- на первые периоды отработки в первую очередь в график включаются участки, в наибольшей степени подготовленные к отработке;

- отыскиваются и включаются в график отработки объекты или залежи, отработка которых способствует регулированию среднего качества добываемого сырья в сторону его улучшения;

- в третью очередь включаются объекты с низким содержанием полезного ископаемого или техногенные образования для поддержания общего объема добычи или долговременной стабилизации среднего качества сырья в общем объеме производства;

- подключаются разведанные и апробированные объекты сырьевой базы, предусматривающие реконструкцию границ карьера или организацию новых добывающих производств;

- на заключительном этапе в процесс отработки включаются вновь отрабатываемые удаленные месторождения или их участки, требующие детальной разведки, уточнения и

Таблица 3.13 - Перспективный план развития собственной сырьевой базы Высокогорского ГОКа

ШАХТЫ, КАРЬЕРЫ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ	2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %	т.т.	Fe, %
шх. Магнетитовая	1500,0	28,3	1500,0	28,0	1500,0	28,0	1500,0	28,0	1500,0	28,0	1500,0	28,0	1500,0	28,0
шх. Естюнинская	1000,0	30,2	1050,0	29,8	1250,0	29,2	1350,0	28,7	1500,0	28,4	1500,0	29,3	2000,0	29,3
шх. Эксплуатационная	400,0	27,1	400,0	25,6	450,0	23,9	500,0	24,1	550,0	24,1	500,0	24,1	550,0	24,1
шх. Южная	500,0	26,6	950,0	26,4	1150,0	27,2	1300,0	26,7	1300,0	26,8	1400,0	27,0	1500,0	26,9
Всего подземные работы	3400,0	28,5	3900,0	27,8	4350,0	27,7	4650,0	27,4	4850,0	27,4	4900,0	27,7	5550,0	27,8
Третье северное месторождение														
– Меднорудянский карьер							50,0	47,0						
– Главный карьер, р.т. 10							50,0	33,0						
– Главный карьер, блок15			180,0	41,1	170,0	35,0								
Естюнинские отвалы	200,0	21,0	200,0	18,0	200,0	18,0	200,0	18,0	200,0	18,0	200,0	18,0	200,0	18,0
Лагерное месторождение					100,0	29,9	350,0	29,9	350,0	29,9	350,0	29,9	350,0	29,9
Выйское месторождение			100,0	41,8	300,0	41,8	300,0	41,8	300,0	41,8	130,0	41,8		
Южный участок ГБРУ											150,0	27,0	200,0	27,0
Северный участок ГБРУ	120,0	29,8	400,0	29,8	400,0	29,8	400,0	29,8	400,0	29,8	400,0	29,8		
Александровский карьер			200,0	20,9	500,0	20,9	400,0	20,9	300,0	20,9	280,0	20,9	350,0	20,9
Осокинское месторождение (забаланс.)	120,0	18,4	350,0	18,4	350,0	18,4	350,0	18,4	350,0	18,4	340,0	18,4	100,0	18,4
Осокинский карьер (баланс.)	100,0	24,0	250,0	24,0	250,0	24,0	250,0	24,0	250,0	24,0	250,0	24,0	250,0	24,0
Валуевская аномалия														
Всего открытые работы	540,0	22,9	1680,0	26,0	2270,0	26,4	2350,0	26,9	2150,0	26,6	2100,0	25,5	1450,0	23,9
ВСЕГО ПО ВГОКу	3940,0	27,7	5580,0	27,3	6620,0	27,3	7000,0	27,3	7000,0	27,1	7000,0	27,1	7000,0	27,0

утверждения запасов, кондиций и пр., требующие длительных предварительных инвестиций до начала эксплуатации.

Анализ построенных графиков позволяет сформулировать основные регламентационные требования, учитываемые при формировании программ ведения горных работ и оценить перспективные направления ликвидации дефицита в сырье при поддержании или развитии рудной базы, исходя из технико-технологических возможностей каждого объекта, которые и выступают в качестве краевых при построении стратегий. К таким краевым условиям следует относить:

1. допустимые колебания по годам отработки добычи сырой руды, границы изменения среднего содержания полезных компонентов в сырой руде, для получения концентрата заданного объема и качества

2. ограничения на извлечение полезного компонента, лимитирующиеся применяемыми технологическими схемами обогащения.

3. допустимые объемы, источники и качество шихтующих добавок при производстве готовой продукции, необходимость и ежегодная потребность в закупке основного и вспомогательного сырья (степень кооперации со сторонними предприятиями)

4. альтернативные варианты сроков освоения новых месторождений и очередности их отработки, а также концентрация или наоборот рассредоточение во времени отработки законсервированных и техногенных месторождений или их участков

5. сроки начала расширения мощности или реконструкции действующих объектов с выходом в вариантах на требуемую проектную мощность по сырой руде и, соответственно, готовой продукции, увязываемые со сроками реконструкции и расширения обогатительных и перерабатывающих мощностей

6. объемы строительства и сроки ввода обогатительных мощностей для получения промпродукта на местах производства работ.

Варианты календарных графиков строятся с учетом анализа имеющихся и предполагаемых к строительству добывающих и перерабатывающих мощностей, динамика качественных показателей добываемого сырья, правовых оснований для ведения горных работ (наличие лицензий на добычу), состояния проектной проработки каждого из элементов, слагающих перспективную сырьевую базу и т.п.

На этих же этапах оцениваются перспективные методы переработки и добычи, формирующие техническую политику предприятия.

Этап 4. Предварительное формирование стратегий поддержания МСБ предприятия.

Под термином «стратегия» (от древнегреч. – искусство полководца) понимается общий долгосрочный план, характеризующий способ достижения сложной цели, являющейся неопределенной и главной на данный момент времени для предприятия, а также решения стоящих перед ним проблем и распределения необходимых для этого ограниченных ресурсов.

Содержанием стратегии служит набор для правил принятия и реализации решений, используемый при определении основных направлений деятельности. В дальнейшем стратегия корректируется в соответствии с изменившимися условиями деятельности организации.

Стратегические варианты развития или поддержания сырьевой базы предприятия основываются на изучении календарных графиков, полученных на стадии поиска краевых вариантов очередности вовлечения объектов сырьевой базы в отработку, полученных при этом регламентирующих правил-ограничений, а также сформулированной цели исследований. Поскольку главной целью является разработки долгосрочных планов является прогноз и обоснование мер по поддержанию и развитию минерально-сырьевой базы горнодобывающего предприятия все дальнейшие действия должны быть направлены именно на ее достижение.

Для примера на рис. 3.15. представлено 5 вариантов календарных графиков отработки месторождения, оцененных по возможному выпуску готовой продукции. Анализ графиков свидетельствует о том, что при существующих технологиях добычи и переработки природного сырья в период с 2009 по 2013 гг. предприятие ожидает снижение ее выхода по сравнению с существующим.

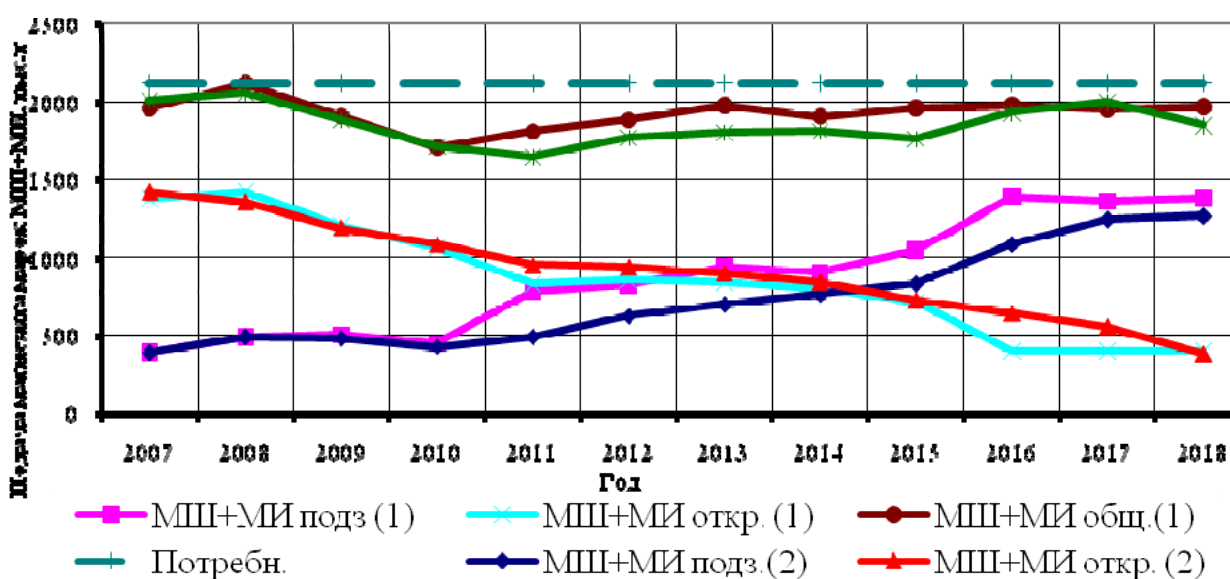


Рисунок 3.15 – Тенденция изменения объемов подачи магнетитового сырья марок «МШ+МИ» в период 2007-2018 гг.

Из рисунка следует, что для достижения требуемого стабильного объема производства (1300 тыс. т/год) предприятие стратегически может:

- получать в дальнейшем продукцию за счет пропорционального увеличения добычи без изменения технологии переработки сырой руды и погашении имеющихся в его распоряжении запасы опережающими темпами, т.е. на длительную перспективу сохранить *экстенсивный подход* к эксплуатации недр;

- применить комплексное использование кондиционных и некондиционных руд с предварительным обогащением, реконструировать обогатительный передел, т.е. реализовать *комплексные интенсивные технологии* пользования природными и техногенными ресурсами.

Для разных условий работы предприятий и целей, поставленных при разработке долгосрочных планов их развития, могут быть сформулированы разные стратегические подходы:

- интенсивная или экстенсивная эксплуатация недр;
- комплексность переработки сырья или выпуск продукции одного вида;
- компенсация снижения денежных поступлений за счет увеличения добычи или увеличения выпуска попутной и нетрадиционной продукции;
- эксплуатация собственной минерально-сырьевой базы, кооперация с соседними предприятиями или освоение месторождений в других регионах;
- переоценка запасов, их отработка в рамках ранее установленных кондиций или организация поисково-оценочных работ на территории своего региона
- строительство, реконструкция или наоборот отказ от строительства и реконструкции добывающих и перерабатывающих элементов и т.п.

Количество вариантов стратегий, предлагаемых к утверждению, не должно быть более 2-3. При этом каждый вариант стратегии должен иметь:

- *формулировку*, характеризующую основную суть предлагаемых долгосрочных решений (например: **первый стратегический вариант развития и поддержания сырьевой базы (собственные ресурсы):** эксплуатация и доразведка собственной рудной базы – Тагило-Кушвинской группы железо-скарновых месторождений, строительство шх. Ново-Естюнин-ская за 10 лет, интенсивная открытая отработка малых месторождений, освоение к 2020-21 гг. Северо-Ивдельской группы месторождений (Третье Северное месторождение);

- *основную идею* рассматриваемого варианта (например - максимальное использование во времени собственных природных ресурсов Тагило-Кушвинской группы железо-скарновых месторождений);

- *перечень объектов*, подлежащих отработке с краткой характеристикой особенностей их эксплуатации (например: Меднорудянский карьер – возобновление работ; Главный карьер (р.т.10, блок 15) – реконструкция; Естюнинские отвалы – отработка техногенного месторождения; Лагерное месторождение – новое строительство; Осокинский карьер - расконсервация балансовых и забалансовых запасов; Третье Северное месторождение – освоение непромышленного района)

- *календарный график работ*, характеризующий сроки отработки, время начала строительства и ввода объектов, объемы добычи и качество добываемого полезного ископаемого;

- *способы и условия переработки и доставки* добытого полезного ископаемого;

- *достоинства и недостатки* предлагаемой стратегии;

- *сырьевые резервы*, рассматриваемой стратегии, компенсирующие неподтверждение запасов или расширяющие горизонт прогноза минерально-сырьевой базы, в виде прогнозных ресурсов и апробированных запасов, которые могут быть при определенных условиях подключены к эксплуатации.

Этап 5. Формирование программы геологоразведочных работ. Разведка месторождения, апробация и утверждение запасов, а также проектирование их отработки требуют достаточно большого количества времени и средств. Время на выполнение всех видов геологоразведочных работ от их начала до утверждения запасов по месторождению в ГКЗ РФ составляет 7-12 до 20-25 лет и более.

Анализ предварительно разработанных стратегических вариантов поддержания минерально-сырьевой базы позволяет при необходимости сформировать программу работ по геологическому изучению перспективных рудопоявлений и площадей, обеспечивающую восполнение запасов минерального сырья на перспективу.

Программа геологоразведочных работ включает перечень объектов, подлежащих оценке, цели, методы и стадии поисковых и разведочных работ, имеющийся задел запасов или ресурсов, объемы работ по видам, сроки, условия и стоимость их выполнения.

При установленном дефиците сырья или при отсутствии резервов сырьевых ресурсов устанавливаются желаемые сроки выполнения геологоразведочных и проектных работ, которые включаются в график инвестирования разведки и освоения месторождения.

Этап 6. Инвестиционные предложения по реализации программы поддержания МСБ предприятия. Для отобранных стратегий, характеризующихся прежде всего различиями распределения во времени объемов добычи, горно-капитальных

и геологоразведочных работ, маршрутах транспортирования сырья и промпродукта и пр., производится экономическая оценка.

Оценка вариантов стратегий осуществляется на основании календарных графиков ведения горных работ и их инвестирования совместно с инвестированием разведки, предполагаемой реконструкции обогатительного цикла и т.п. По стандартной методике рассчитываются показатели чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса доходности и сроков окупаемости вложений на основе вычисленных денежных потоков.

Проведенный экономический анализ расчетных показателей является базой для разработки мероприятий и рекомендаций по сокращению текущих издержек производства, снижению капитальных вложений в новое строительство, оптимизации расходов на геологоразведочные работы и пр. На этих основаниях составляются инвестиционные предложения, долгосрочные и перспективные планы научно-технических и организационных мероприятий, обеспечивающих реализацию рекомендованной стратегии и включающие обоснования инвестиций по годам ведения работ с разделением по способу разработки и видам работ: проектирование, научное обеспечение, разведка, оборудование и т.п.

Инвестиционные предложения оформляются как привило в виде программы работ по совершенствованию технологии отработки месторождения. В программе формулируется перечень мероприятий, необходимых для ее выполнения со сроками, ответственными за выполнение и ожидаемыми результатами. Наиболее распространенными разделами в ней таких программ являются:

- *доизучение объектов отработки* – организация эксплуатационной разведки флангов и глубинной части карьера для уточнения качества сырья и выбора дальнейшего порядка развития горных работ, детальная разведка отдельных блоков и участков для обоснования целесообразности строительства нового или реконструкции действующего карьера, уточнение программы гидрогеологических изысканий и пр.;

- *проектная подготовка и научное обеспечение* горного производства – научные исследования и проектное обоснование технологической схемы добычи, замены горно-транспортного оборудования, согласование ведения работ, с обеспечением резерва готовых и подготовленных запасов, поддержание требуемого качества добываемого сырья, изыскание резервов стабилизации качества добываемого сырья, корректировка схемы вскрытия карьерного поля, проект рекультивации, осушения и т.п.;

- *технология добычи и переработки, транспортирование горной массы* - обеспечение снижения эксплуатационных затрат, в т.ч. себестоимости транспортирования

и повышения надежности транспортной системы, снижения расходов на ГМС, электроэнергию, БВР, упрощение системы текущего контроля и управления затратами в целом по горному и обогательному переделу и пр. за счет реконструкции транспортной схемы карьера и магистрального транспорта, переход на комбинированный или другие виды транспорта, разработки дифференцированных нормативов производительности экскаваторно-автомобильных комплексов, поэтапной замены горного и транспортного оборудования, организации системы учета затрат по каждому технологическому процессу и контроля за соблюдением установленных нормативов по расходу сырья и материалов и т.д.;

- *управление качеством продукции* – обоснование мер по повышению и стабилизации качества производимой продукции, в т.ч. за счет разработки плана мероприятий по обеспечению сквозного опробования и контроля качества сырья, изменения действующей технологической схемы добычи с реорганизацией работы усреднительного склада, внедрения системы непрерывного планирования горных работ в режиме прогноза качества добываемого сырья, разработки технологических карт качества отрабатываемых забоев, увеличения количества опробуемых взрывных скважин и т.п.;

- *улучшение качества ремонтных работ* – обеспечивающая снижение текущих расходов и повышение ритмичности производства, достигающиеся за счет совершенствование системы технического обслуживания, создания системы учета о наработке на отказ, сдачи-приемки оборудования в ремонт, разработки норм расхода запчастей, узлов и материалов, нормативов трудоемкости всех видов ремонтных работ, замены ремонтного оборудования для узлового и капитального ремонтов и пр.

- *капитальное строительство и приобретение оборудования* – определяет стоимость всех видов перспективных работ, реализующих предлагаемую долгосрочную программу деятельности предприятия.

Наиболее сложным моментом в таких расчетах, как показал опыт, является обоснование исходных удельных экономических показателей, которые могут быть приняты по аналогам и фактическим данным действующих предприятий, по данным ранее выполненных проектных работ с учетом коэффициентов-дефляторов, с использованием корреляционных моделей и т.п.

В любом случае долгосрочный прогноз имеет достаточно большую погрешность, поэтому варианты стратегий, отличающиеся не более чем на 10-15% могут быть признаны равнозначными.

Предлагаемые Методические рекомендации могут быть использованы в качестве лекционного материала, а также приняты в качестве базы для выполнения реального

дипломного проекта или комплексной дипломной работы, выполняемой коллективом из 2-3 дипломников

3.3.3 Методические указания по проведению мониторинга на геодинамических полигонах при эксплуатации месторождений нефти и газа

Общие положения. Одним из мероприятий по обеспечению безопасности в процессе эксплуатации месторождений нефти и газа является предусмотренный законодательством мониторинг деформационных процессов на геодинамическом полигоне, по результатам которого могут быть приняты меры по предотвращению и нейтрализации опасных ситуаций.

Большие площади лицензионных участков, составляющие более 1000 квадратных километров, обуславливают специфические принципы построения наблюдательной сети геодинамического полигона. Во-первых, в рассматриваемых условиях единственно возможным является площадной принцип построения наблюдательной сети, обеспечивающей получение полной информации о параметрах деформационного поля. Площадной принцип наблюдений, в отличие профильного построения наблюдательных сетей, дает возможность получить тензорную информацию о деформационных процессах на каждом участке исследуемой территории, включающую вертикальные деформации (наклоны), главные (максимальные и минимальные) горизонтальные деформации, их направление.

Во-вторых, в соответствии со спецификой неоднородности освоенности и использования территории, целесообразно применить многоуровневый принцип построения наблюдательной сети. На первом уровне геодезические пункты наблюдательной сети обеспечивают общий охват лицензионных участков и всего месторождения в целом. Второй уровень предусматривает сгущение геодезических пунктов наблюдательной сети на территориях охраняемых объектов для детализации о деформационных полях на этих участках.

Введение третьего уровня наблюдательной станции возможно в процессе проведения мониторинга в случае выявления аномального развития деформационных процессов на участках ответственных охраняемых объектов. Третий уровень представляется специальной наблюдательной станцией из грунтовых и ственных реперов в охраняемом объекте.

Наблюдения по сети первого и второго уровней производятся с использованием технологий спутниковой геодезии GPS. На специальных наблюдательных станциях

третьего уровня могут использоваться традиционные маркшейдерские методы наблюдений.

В процессе мониторинга исследованию подлежат трендовые и циклические геодинамические движения, а также техногенные движения, вызванные разработкой месторождения. Для исследования циклических геодинамических движений требуется проведение кратковременных непрерывных наблюдений методами спутниковой геодезии. Трендовые геодинамические и техногенные движения определяются с помощью периодических наблюдений.

Деформационные поля строятся по каждому виду движений отдельно синтезируются в суммарные деформационные процессы, обусловленные всеми тремя видами движений.

Принятые принципы построения геодинамического полигона и методика проведения наблюдений обеспечивают оптимизацию затрат на проведение мониторинга при получении необходимого объема информации для обеспечения безопасности разработки месторождения и удовлетворения требований действующего законодательства и нормативных документов.

Разработка состава геодинамического полигона и программы проведения наблюдений произведены в соответствии с требованиями нормативных документов Ростехнадзора:

- РД 07-309-99 «Положение о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых» (пп.42,43,48);

- РД 07-408-01 «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр» (п.16);

- РД 07-603-03 «Инструкция по производству маркшейдерских работ» (пп.262-267).

Кроме того, использована дополнительная информация ряда отраслевых документов:

- «Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для ТЭК» (М.: Минтопэнерго РФ, 1997г.);

- «Концепция. Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России» (м.: Минтопэнерго РФ, РАН, 2000г.)

- СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (Принят Госстроем России №9-4/116 от 11.10.1997г.).

Программа мониторинга Маркшейдерский мониторинг является наиболее ответственной частью общей системы мониторинга геологической среды в процессе недропользования, так как в его задачу входит обеспечение сохранности и безопасности

объектов, попадающих в область влияния работ по использованию месторождения. Программа создания и ведения мониторинга разрабатывается в соответствии с требованиями к мониторингу, установленными в лицензии на недропользование и должна содержать следующие разделы:

- цель и конкретные задачи мониторинга;
- выделение основных объектов наблюдений и состава наблюдаемых показателей;
- размещение пунктов наблюдательной сети и их конструкцию;
- методику проведения наблюдений;
- обработку данных и прогнозирование;
- состав, форму и сроки передачи данных в органы управления фондами недр и органы надзора.

Мониторинг деформационных процессов должен охватывать три зоны влияния эксплуатации нефтегазового месторождения:

I зона – зона непосредственного ведения работ по откачке флюидов и отбору газа, условно очерчиваемая проекцией границы газо-водяного контакта месторождения на поверхности;

II зона – зона существенного влияния, распространяющаяся за пределы границ эксплуатационных работ, в пределах которой техногенные деформации оказывают фиксируемое инструментально влияние на состояние недр и расположенные в ней объекты;

III зона – периферийная зона, примыкающая к зоне существенного влияния или зона фоновых деформаций.

Деформационные процессы в первой и второй зонах определяются техногенной деятельностью по эксплуатации месторождения и фоновыми современными геодинамическими движениями. В периферийной зоне проявляются только фоновые современные геодинамические движения. На охраняемые объекты, попадающие в зоны влияния работ по эксплуатации месторождения, воздействуют суммарные деформации, проявляющиеся на конкретных участках их расположения.

Современные фоновые геодинамические движения подразделяются на трендовые движения (крип), имеющие относительно постоянные направление и скорость в течение года и более, и циклические движения полигармонического характера с продолжительностью циклов от нескольких секунд до нескольких часов и месяцев. Комплекс наблюдений в процессе мониторинга должен обеспечивать определение параметров суммарного тензора деформаций, включающего тензоры трендовых, циклических и техногенных деформаций.

Результаты мониторинга должны обеспечить получение данных о степени воздействия всего комплекса постоянных и переменных деформаций на охраняемые объекты, оценку текущего состояния безопасности объектов и прогноз их безопасности на последующие периоды эксплуатации месторождения. При необходимости результаты мониторинга должны обеспечивать разработку мер предупреждения аварийных ситуаций на охраняемых объектах.

В соответствии с требованиями СП 11-104-97 пункт 10.64 геодезические наблюдения на геодинимических полигонах в районах проявления геодинимических движений по разрывным тектоническим смещениям должны выполняться в комплексе со структурно-геоморфологическими и геофизическими исследованиями.

Концепция построения наблюдательной станции. Наблюдательная станция, предназначенная для проведения мониторинга деформационных процессов, вызванных эксплуатацией месторождения, создается с учетом горно-геологических условий и параметров занимаемой территории.

Условия залегания месторождений нефти газа и протекающие при их разработке геомеханические процессы создают специфичные закономерности деформирования массива горных пород и земной поверхности, существенно отличающиеся от закономерностей сдвижения горных пород на месторождениях твердых полезных ископаемых. Во-первых, месторождения нефти и газа, как правило, занимают большие территории. Во-вторых, при разработке месторождений углеводородов в массиве горных пород не образуются масштабные пустоты, способные вызвать развитие процесса обрушения вмещающих пород и налегающей толщи, поэтому априори зона обрушения на поверхности отсутствует. В-третьих, процесс сдвижения, вызываемый уплотнением пород коллекторов в результате изменения начального порового давления, носит плавный характер деформирования, но захватывает большие территории.

Одновременно с отмеченными особенностями в развитии процесса сдвижения сохраняются общие закономерности, такие как, проявление ступенчатого сдвижения по тектоническим нарушениям, неоднородное распределение деформаций по прилегающим к ним зонам и др.

В этих условиях построение геодинимического полигона по принципам конструирования наблюдательных станций на месторождениях твердых полезных ископаемых не обеспечивает решения задач мониторинга. Профильный принцип расположения реперов наблюдательной станции и традиционные методы проведения наблюдений в виде нивелировок и измерений изменений расстояний между реперами не отражают реальных процессов деформирования территорий, требуют несоразмерных

трудовых и материальных затрат и, самое главное, не дают требуемой полноты информации о параметрах деформаций. Упрощенный подход к оценке деформационных процессов в двумерном пространстве влечет за собой ошибочные представления о состоянии охраняемых объектов, что нередко приводит к аварийным ситуациям. Для решения поставленных задач и принятия решений по охране объектов от влияния работ по отбору-закачке газа необходима достоверная информация о распределении деформаций в трехмерном пространстве, которую можно получить лишь с использованием площадного принципа построения наблюдательной станции и современных технологий спутниковой геодезии для определения полных трехмерных векторов смещений реперов, распределенных по исследуемой территории.

Применение площадного принципа построения наблюдательной станции обеспечивает достижение целей, поставленных перед деформационным мониторингом при приемлемых затратах. Вместе с тем, площадной принцип не препятствует, в случае выявления на определенном этапе аномальных зон деформирования, сгущение сети реперов наблюдения, в том числе и расположению их по профильным линиям.

Виды инструментальных наблюдений. В условиях месторождений нефти и газа, характеризующих обширной территорией залегания, осложненной развитой речной сетью, заболоченностью, разнообразием растительности, применение традиционных геодезических методов для наблюдений проблематично по трудовым затратам и может не обеспечить необходимой достоверности результатов. Рубка просек на залесенных участках для обеспечения прямой видимости, проблемы проложения нивелирных ходов по заболоченным зонам, передача высотных отметок через водные объекты – все это делает задачу проведения мониторинга нереальной.

Единственным приемлемым методом проведения инструментальных наблюдений в этих условиях являются технологии спутниковой геодезии в дифференциальном режиме. Применение их не требует прямой видимости между наблюдаемыми пунктами, они не чувствительны к погодным условиям и времени суток (светлое и темное время). При этом одновременная работа трех и более спутниковых приемников геодезического класса обеспечивает определение полных значений трехмерных (в горизонтальной и вертикальной плоскостях) векторов смещений наблюдаемых пунктов с субмиллиметровой точностью в пределах $1 \div 5$ мм.

Инструментальные наблюдения выполняются в двух режимах – дискретные или периодические (1-2 раза в год) и непрерывные в течение короткого периода (4-6 часов). Периодические наблюдения проводятся для получения трендовых геодинамических и

техногенных смещений, накапливающихся за промежуток времени между смежными наблюдениями.

Для получения параметров циклических геодинамических движений проводятся непрерывные кратковременные наблюдения в течение нескольких часов по 5-7 приемникам, обеспечивающим непрерывный контроль за 15-20 разнонаправленными интервалами.

Периодичность наблюдений трендовых движений по всей исследуемой территории должна коррелироваться с интенсивностью откачки флюидов и отбора газа, а также проведения мероприятий по поддержанию пластового давления. Обычно достаточно одного раза в год. В случае появления аномальных зон с интенсивным развитием деформаций или установления безопасного характера деформационных процессов периодичность может быть изменена.

Наблюдения за циклическими геодинамическими движениями проводятся на разных участках исследуемой территории с тем, чтобы определить пределы изменения их параметров. Больше внимание при этом следует уделять застроенным участкам с ответственными охраняемыми объектами.

По времени непрерывные наблюдения могут проводиться и самостоятельно, и совмещаться со временем проведения наблюдений за трендовыми смещениями.

Основными результатами инструментальных наблюдений являются векторы техногенных и трендовых геодинамических движений, а также максимальные амплитуды и частоты циклических короткопериодных геодинамических движений. Они являются исходными данными для дальнейшей обработки и анализа развивающихся процессов. По ним отстраиваются карты распределения современных трендовых (техногенных и геодинамических) движений и карты распределения максимальных амплитуд циклических движений.

Для дальнейшего анализа текущего состояния наблюдательная сеть реперов разбивается в систему треугольников разных размеров и разных сочетаний пунктов, по которым определяются величины и направления главных линейных деформаций «растяжение – сжатие» в горизонтальной плоскости и наклонов в вертикальной. По ним отстраиваются соответствующие карты.

Распределение параметров деформаций по территории и сопоставление их с критериями допустимых деформаций для охраняемых объектов позволяет оценить уровень негативного воздействия деформаций, вызванных разработкой месторождения, на охраняемые объекты и окружающую среду. Скорости развития деформационных процессов дают возможность осуществить прогноз на последующие периоды разработки.

В случае выявления зон с высокими деформациями, наблюдательная станция дополнительно развивается для более глубокой детализации информации и оперативного принятия необходимых мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации жилых и промышленных объектов.

Конструкция геодинамического полигона.

- Методы проведения инструментальных наблюдений

Мониторинг геомеханических и геодинамических процессов заключается в периодическом переопределении высотных и плановых координат закрепленных точек горного массива. Для этого на поверхности закладывают специальные знаки – реперы, между которыми измеряют изменения длин интервалов и превышений. Измерения осуществляются геодезическими приборами и инструментами.

Маркшейдерская служба должна осуществлять контроль состояния реперов наблюдательной станции, и, в случае уничтожения одного или части реперов, своевременно предпринимать меры по восстановлению целостности наблюдательной станции.

Традиционно при наблюдениях за деформационными процессами на земной поверхности для измерения превышений и длин интервалов между реперами используются нивелиры и стальные компарированные рулетки, либо светодальномеры.

В соответствии с опытом выполнения инструментальных наблюдений за процессом сдвижения горных пород при разработке нефтяных и газовых месторождений и требованиями инструктивных материалов, при выполнении геодезических работ на геодинамическом полигоне для определения высотного положения реперов используют нивелиры, применяемые при нивелировании II класса. Допустимый периметр полигона нивелирования II класса составляет 20 км. Нивелирование II класса выполняют в прямом и обратном направлениях; невязки в полигонах и по линиям допускаются не более $5\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км.

Измерение длин интервалов между реперами может быть выполнено светодальномером со средней квадратической погрешностью измерения не более ± 5 мм. Последовательность выполнения операций по измерению расстояний светодальномером регламентируется инструкциями по эксплуатации конкретного прибора.

Для выполнения традиционных наблюдений необходимо заложить на поверхности месторождений профильные линии с интервалом реперов не более 500 м. Учитывая размеры площади лицензионных участков по простиранию и падению, общая протяженность профильных линий составит более 250 км, а общее количество реперов –

более 500 шт. Это приведет к значительным экономическим затратам, связанным с изготовлением реперов, их закладкой в натуре и обеспечением прямой видимости между смежными реперами (порубкой просек).

Большая часть территории лицензионных участков ОАО «ТНК-Нягань» расположена в заболоченной местности. Это сильно влияет на точность взятия отчета, сложность в соблюдении равенства плеч при нивелировании, и как показывает опыт при выполнении данного вида работ на газовых и нефтяных месторождениях традиционные инструментальные наблюдения в данных условиях малоэффективны. Кроме того, при таких размерах наблюдательной станции объемы полевых работ окажутся колоссальными и экономически не оправданными.

При выполнении инструментальных наблюдений на геодинимических полигонах в данных условиях целесообразно традиционную методику наблюдений по реперам профильных линий заменить технологией дифференциальной спутниковой геодезии. Применение данной технологии позволяет по результатам инструментальных наблюдений определить полные тензоры деформаций и изменения напряжений на исследуемом участке, определить полный вектор смещения точек поверхности.

Применение данной технологии позволяет увеличить расстояние, между реперами исходя из условий местности до 15-20 км, без обеспечения прямой видимости. Кроме того, технология спутниковой геодезии позволяет отказаться от закладки профильных линий. Вместо них реперы наблюдательной станции закладываются по площади месторождения вблизи от объектов, подлежащих охране от вредного влияния геомеханических и геодинимических процессов.

Таким образом, применение технологий спутниковой геодезии обеспечивает получение информации о деформационных процессах на более высоком информационном уровне и сокращает затраты на оборудование геодинимического полигона и проведение мониторинга

- **Схема наблюдательной сети**

При проектировании конструкции геодинимического полигона за основу принимается принцип построения геодезических сетей «от общего к частному». В соответствии с ним, развитие геодезической сети должно производиться от пунктов более высокого класса к пунктам низших разрядов. Исходя из этого, наблюдательная станция будет иметь двухуровневую структуру:

1. Государственная Геодезическая Сеть (ГГС);
2. Рабочие реперы геодинимического полигона.

Первый уровень геодинимического полигона включает пункты триангуляции местной Государственной геодезической сети и пункты полигонометрии. Сеть состоит из пунктов, охватывающих всю территорию лицензионных участков, попадающую в границы прогнозируемой мульды сдвижения. Часть геодезических пунктов располагается за пределами мульды сдвижения, прогнозируемой от эксплуатации лицензионных участков.

Такое расположение пунктов решает одновременно две задачи. Во-первых, удовлетворяет требованию нормативных документов по построению традиционных систем наблюдений, а именно выносу опорных пунктов за пределы мульды сдвижения. Во-вторых, пункты, расположенные за границами мульды сдвижения позволят контролировать уровень фоновых геодинимических движений, не связанных с эксплуатацией месторождения. Предшествующий опыт проведения мониторинга на геодинимических полигонах свидетельствует, что фоновые геодинимические движения могут превосходить по уровню техногенные. Принятое размещение наблюдательной сети позволит получить информацию об уровне тех и других смещений и деформаций.

Периодическое переопределение координат пунктов ГГС позволяет диагностировать современную геодинимическую активность территории с определением трендовых и циклических движений. Кроме того, ГГС служит для привязки к ней геодезических построений низших классов.

Рабочие реперы геодинимического полигона служат для определения деформаций поверхности и объектов, подлежащих охране, выделения потенциально опасных участков повышенной аварийности трубопроводной системы и эксплуатационных скважин.

Наблюдательные станции из рабочих реперов оборудуются на промплощадках промышленных объектов. Рабочие станции оборудуются четырьмя, пятью рабочими реперами, охватывающими с внешней границы территорию охраняемого объекта. При четырех реперах напряженно-деформированное состояние контролируется четырьмя треугольниками, дублирующими друг друга, что обеспечивает высокую надежность полученных данных о деформированных участках.

Принятый принцип построения геодезической наблюдательной сети оптимизирует объемы работ по проведению мониторинга, обеспечивающего полной информацией о развивающихся деформационных процессах на территории эксплуатируемого месторождения. В процессе проведения мониторинга при выявлении аномальных зон деформирования, представляющих потенциальную опасность для охраняемых объектов, наблюдательная сеть позволяет вводить дополнительные элементы, производить

сгущение сети наблюдаемых пунктов и предпринимать другие меры по детализации полученной информации.

- **Конструкция и способы закладки реперов**

Закладка пунктов геодезического полигона производится в соответствии с требованиями нормативных документов. Реперы изготавливают и закладывают с условием их долговременной сохранности, обеспечивая прочную связь реперов с грунтом.

Глубина закладки грунтового репера должна быть больше глубины промерзания грунтов не менее чем на 150 см. Следует избегать закладки реперов в торфяниках. При распространении торфяников на большие пространства необходимо, чтобы якорь репера был закручен в минеральный грунт не менее чем на 150 см. Грунтовой репер (тип 188) для заболоченных территорий представляет собой буровую трубу с внутренним диаметром 60 мм, с толщиной стенок не менее 5 мм и длиной 3,60 м, к нижнему концу которой приварен винтовой якорь (шnek) диаметром 20 см. Верхняя часть репера должна иметь сферическую поверхность с нанесённым центром диаметром $1 \pm 1,5$ мм.

Репер закладывается в пробуренную скважину глубиной 3 м и завинчивается в слой плотной породы не менее чем на 30 см. Внешнее оформление репера выполняется в виде трубчатого металлического опознавательного столба с приваренной пластиной 20×30 см, обращенной в сторону репера. Металлические конструкции окрашиваются масляной краской красного цвета. На опознавательной пластине белой масляной краской указываются номер репера и год закладки.

Реперы изготавливают и устанавливают специализированные организации и подразделения. При закладке реперов должны соблюдаться все требования «Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах» и общеобязательных инструкций по видам работ. Контроль и приемка работ по закладке центров и реперов должны осуществляться в соответствии с требованиями действующей «Инструкции о порядке контроля и приемки топографо-геодезических и картографических работ».

На создаваемом геодезическом полигоне наблюдательная сеть первого уровня образуется из действующих триангуляционных пунктов местной полигонометрии, соответствующих приведенной выше конструкции грунтовых реперов. В целях облегчения проведения полевых работ на пунктах первого уровня дополнительно устанавливаются опознавательные знаки с обозначением пункта, присвоенного в геодезическом полигоне.

Рабочие репера, размещаемые на территории охраняемых объектов, используются забивного типа с установкой опознавательного знака.

Вынос запроектированных грунтовых реперов в натуру выполняются с учетом особенностей рельефа и технологических сооружений, подлежащих охране. При этом допускается проводить корректировку проекта геодинимического полигона и устанавливать окончательные места закладки реперов непосредственно на местности.

При закладке рабочих реперов необходимо обращать внимание на удобство доступа к реперу при выполнении полевых измерений. Наиболее благоприятным местом для закладки реперов является повышенная форма рельефа со слабоувлажненным грунтом и глубоким залеганием грунтовых вод. Следует избегать закладки реперов в торфяниках, вблизи дорог с интенсивным движением. Запрещается закладывать реперы в местах предполагаемых застроек.

Привязка заложенных реперов к опорной геодезической сети осуществляется в процессе производства мониторинговых наблюдений. Обычно при выполнении наблюдений привязку реперов к опорной геодезической сети называют нулевой серией наблюдений.

Методика осуществления мониторинга. Основная идея мониторинга геомеханических и геодинимических процессов на земной поверхности заключается в периодическом переопределении пространственных координат пунктов геодинимического полигона. В результате сопоставления координат наблюдаемых пунктов геодинимического полигона, измеренных через определенные временные интервалы, получают полные векторы смещений пунктов, величины вертикальных и горизонтальных деформаций горного массива.

Измерения осуществляются при помощи приборов и методов спутниковой геодезии.

- **Полевые работы**

Все полевые измерения с использованием комплексов спутниковой геодезии GPS должны предваряться планированием времени и продолжительности спутниковых измерений. Данная процедура осуществляется с использованием специализированного программного обеспечения, поставляющегося вместе с GPS приемниками. Для производства наблюдений необходимо выбирать промежутки времени, в которые количество видимых над горизонтом спутников максимально и составляет не менее 6 спутников.

Основная задача в проведении инструментальных наблюдений и последующей камеральной обработке определения координат всех пунктов наблюдательной станции является выбор базы. В качестве такой базы принимается пара геодезических пунктов

ГГС, между которыми взаимные изменения координат минимальны. Выбор такой базы обеспечивает повышенную достоверность результатов мониторинга.

На первом этапе полевых работ производится наблюдение сети пунктов ГГС. Время наблюдений на каждом пункте сети должно составлять не менее 45 минут. На последующих этапах полевых измерений осуществляется привязка от пунктов ГГС узловых пунктов опорной сети рабочих реперов наблюдательной станции. Возможна увязка пунктов опорной сети одновременно с наблюдениями пунктов ГГС, что обеспечивает более жесткие геодезические построения. В этом случае в качестве исходных пунктов сети для оптимизации временных затрат следует использовать пункты ГГС, расположенные в центральной части участка. Поскольку при работе в центральной части участка длины векторов сети уменьшаются, то возможно использование одночастотной GPS-аппаратуры и сокращение времени наблюдений на репере до 15-20 минут.

- **Инструменты и допустимые погрешности**

Для производства измерений используются комплексы спутниковой геодезии GPS, состоящие из 3 и более одно- и двухчастотных фазовых приемников.

Двухчастотные GPS приемники целесообразно использовать для переопределения пространственных координат пунктов ГГС, привязки рабочих реперов наблюдательной станции к пунктам ГГС, когда длины векторов превышают 5 км. В этом случае качественный результат можно получить за меньший промежуток времени наблюдений. При производстве наблюдений на базах от нескольких сотен метров до первых километров допускается применение одночастотной GPS аппаратуры, поскольку на длинах векторов менее 5 километров все вычисления производятся только по одной частоте.

В случае производства измерений в неблагоприятных условиях, таких как зона действия линий электропередач, многолучевой ход радиосигнала и проч. необходимо использовать помехоустойчивые антенны и приборы, в которых на аппаратном уровне реализована защита от неблагоприятных электромагнитных и многолучевых шумовых воздействий.

Наиболее рациональной схемой выполнения измерений является схема, когда 3 или 4 GPS-приемника устанавливаются в качестве базовых на пунктах ГГС, а одним или двумя приемниками производятся наблюдения на соседних пунктах геодезической сети. Общее количество одновременно работающих приемников может составлять при этом более 5 шт. Использование такого количества одновременно работающих приемников

позволяет в результате выполнения измерений получить замкнутые геодезические построения и с высокой степенью надежности оценить качество полевых измерений.

При условии одновременной работы более 2-х базовых GPS-приемников по результатам разности фаз спутникового радиосигнала компоненты вектора между двумя и более реперами наблюдательной станции определяются с миллиметровой точностью. Точность определения координат пунктов относительно базовых составляет 2-3 мм. Жесткое требование условия одновременной работы более 2-х приемников спутникового радиосигнала в технологиях дифференциальной GPS обусловлено необходимостью исключения из результатов обработки погрешностей, вызванных влиянием ионосферы и тропосферы Земли.

- **Периодичность наблюдений**

Периодичность проведения наблюдений на лицензионных участках ОАО «ТНК-Нягань» следует увязать со стадией разработки месторождения. Освоение его было начато в 1981-1982 годы. В настоящее время месторождение эксплуатируется более 25 лет. Процессы сдвижения массива горных пород и земной поверхности к этому времени должны войти в определенный установившийся режим.

В связи с этим, на данном этапе целесообразно ограничиться периодичностью проведения наблюдений один раз в год. После двух-четырех лет наблюдений с такой периодичностью, в зависимости от характера и интенсивности развития деформаций, возможна корректировка периодичности как в целом по полигону, так и по отдельным участкам и охраняемым объектам.

Наблюдение выполняются в благоприятное для полевых работ время года.

- **Обеспечение безопасности при осуществлении геодезических работ**

При производстве полевых геодезических работ необходимо выполнять требования к технике безопасности, которые регламентируются действующими «Правилами по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

- **Камеральная обработка**

Камеральная обработка результатов полевых измерений, выполненных с использованием GPS-аппаратуры, логически распадается на два этапа:

- 1) обработку GPS измерений и определение координат пунктов ГГС, опорной сети и рабочих реперов наблюдательной станции;
- 2) определение полных векторов смещений и деформаций породного массива.

На первом этапе камеральной обработки с использованием специального программного обеспечения вычисляются вектора пространственной GPS сети, по замыканиям векторов вычисляются невязки замкнутых полигонов, по величинам которых

делаются выводы о качестве выполненных измерений. В дальнейшем полученное геометрическое построение уравнивается свободно без фиксации каких-либо пунктов сети. В результате такого уравнивания, с одной стороны, вторично проверяется качество выполненных измерений, а с другой стороны, определяются такие геометрические элементы сети как длины линий и превышения между пунктами сети. С использованием этих данных выбирается пара пунктов ГГС, взаимное положение которых не претерпело изменений.

На втором этапе уравнивания определяются координаты всех остальных пунктов деформационной сети от исходных условно-неподвижных пунктов. По изменениям пространственных координат пунктов вычисляются величины и направления векторов горизонтальных и вертикальных смещений.

- **Результаты камеральной обработки наблюдений**

В результате камеральной обработки спутниковых данных, полученных в процессе производства полевых геодезических работ, формируется каталог координат, каталог длин линий и превышений между пунктами геодинамического полигона.

Для анализа геомеханических и геодинамических процессов, сопровождающих эксплуатацию лицензионных участков месторождения, наблюдательная сеть реперов разбивается в систему треугольников разных размеров и разных сочетаний пунктов, по которым с помощью математического аппарата определяются величины и направления главных линейных деформаций «растяжение–сжатие» в горизонтальной плоскости, т. е. полный тензор деформации, наклонов в вертикальной. По ним отстраиваются соответствующие схемы и карты, горизонтальных и вертикальных смещений и деформаций.

- **Графическое представление**

Запроектированная конструкция геодинамического полигона позволяет одновременно рассматривать геометрию наблюдательной станции как площадную, и как линейную. Поэтому деформации территории, подверженной негативному влиянию добычи газа, могут быть представлены по-разному: либо в виде графиков по профильным линиям, либо в площадном представлении, в виде изолиний.

Результаты измерений хранятся и выдаются в цифровом формате ГИС, в графическом и табличном виде на бумажных носителях информации и в электронном виде.

- **Анализ и прогноз развития деформационных процессов и негативных явлений**

Оценка текущего состояния и прогноз безопасности дальнейшей разработки

Сопоставление координат пунктов, длин и превышений между ними за различные промежутки времени дает информацию об изменениях деформационного поля на экспериментальном участке. По величине и пространственному направлению вектора полных смещений определяются закономерности деформирования массива и потенциальная опасность отдельных его участков. Проектируемая конструкция наблюдательной станции позволит также получить данные об изменении напряженно-деформированного состояния массива как на больших базах, так и на локальных участках массива.

Площадное распределение реперов наблюдательной станции также позволяет по величинам фактических деформаций и их ориентации в пространстве вычислить компоненты тензоров напряжений, вызвавших эти деформации, и их пространственную ориентировку. Полученные величины векторов смещений, значения деформаций и компоненты тензоров напряжений в дальнейшем используются для оценки состояния деформируемой территории и расположенных на них охраняемых объектов.

Уровень негативного воздействия отбора флюидов и газа и проведения мероприятий по поддержанию пластового давления и нефтеотдачи на состояние сооружений и природных объектов оценивается путем сопоставления фактически измеренных деформаций и их распределения по территории с критериями допустимых деформаций. Скорости развития деформационных процессов дают возможность осуществить прогноз на последующие периоды разработки.

- **Предложения по необходимым мерам охраны**

Меры охраны объектов от вредного влияния работ по недропользованию должны быть выбраны и отражены в специальном разделе отчета о проведении мониторинга геомеханических и геодинамических процессов.

Меры охраны должны быть экономически и технически целесообразными и обеспечивать:

- а) безопасность людей, находящихся в местах расположения охраняемых объектов, занятых на их эксплуатации или проживающих в них;
- б) сохранность объектов, возможность их постоянной эксплуатации;
- в) недопущение неоправданного преждевременного сноса или переноса сооружений.

Мерами охраны объектов от вредного влияния работ по недропользованию являются:

- а) конструктивные меры, позволяющие сохранить постоянно или продлить срок эксплуатации сооружений при деформациях основания, превышающих критические

значения (разделение здания деформационными швами, усиление несущих конструкций, установка компенсаторов и др.)

б) проведение ремонтно-восстановительных работ (выравнивание крена и подъем наиболее просевших частей здания, выравнивание крена опор ЛЭП и другие работы по приведению объектов в состояние, удовлетворяющие требованиям технической документации);

в) временное изменение характера эксплуатации деформирующегося объекта;

г) перемещение объекта на другие участки.

Выбор и применение мер охраны осуществляется на основе фактических достигнутых деформаций фундамента и прогнозе дальнейшего развития деформационных процессов.

Выводы по разделу

Использование в учебном процессе результатов настоящей НИР может быть реализовано путем корректировки учебных программ по дисциплинам; введения в блок «Дополнительное факультативное образование» спецкурсов и факультативов; создания новых дисциплин по выбору по ряду технологических специальностей или специализаций; внедрения результатов технологических, геоинформационных и геомеханических исследований в качестве методических элементов при выполнении курсовых проектов; использования полученных материалов в качестве методических указаний по дипломному проектированию при выполнении студентами специальных частей дипломных проектов.

Наиболее эффективным и быстрым способом внедрения результатов работ в учебный процесс, по нашему мнению, является выполнение реальных дипломных проектов по заказам предприятий, проектных или научно-исследовательских институтов.

Разработаны научно-методические материалы по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала полезные для использования в образовательных учреждениях горно-технологического профиля с целью повышения уровня образования студентов, приобретения ими навыков исследовательской работы в области «подземная геотехнология разработки рудных месторождений полезных ископаемых».

Установлено, что наиболее сложной и трудоемкой задачей методики выбора систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения является определение интегральных показателей эффективности – удельных затрат на добычу и обогащение, извлекаемой ценности и прибыли, на величину которых действует более 30 управляющих технологических, горно-геологических и экономических факторов.

Для решения оптимизационной задачи выбора систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей целесообразно применение экономико-математического моделирования на ЭВМ.

Разработана специальная программа расчета на ЭВМ эффективного варианта этажно-камерной системы разработки с закладкой и применением предохранительных целиков с учетом потерь и разубоживания.

Результаты научных исследований по геомеханическому обеспечению освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока используются в образовательном процессе в виде курса профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов предприятий по направлению «Снижение риска природно-техногенных катастроф при недропользовании».

В научно – методическом плане, обеспечивающем повышение эффективности работ по предотвращению аварийных ситуаций при недропользовании, результаты исследований в области геомеханики внедрены в «Методические указания по проведению мониторинга на геодинамических полигонах при эксплуатации месторождений нефти и газа».

Разработаны научно-методические материалы по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала полезные для использования в образовательных учреждениях горно-технологического профиля с целью повышения уровня образования студентов, приобретения ими навыков исследовательской работы в области «Подземная геотехнология разработки рудных месторождений полезных ископаемых», а также методические указания по обоснованию общего порядка разработки долгосрочных программ развития и поддержания минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий для студентов специальностей по направлению «Горное дело».

4 Проведение исследования патентной чистоты объектов техники

Содержанием исследования патентной чистоты способов подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов является как сам способ, так и составляющие его отдельные операции, включая продукцию, производимую этим способом.

Проверка на патентную чистоту выполнялась в отношении РФ, в отношении других стран она осуществляется только в том случае, когда намечается экспорт данной продукции в страны, определяемые условиями лицензионного соглашения, или экспонирования ее на международных выставках, ярмарках и т.п.

Способ подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов применяется при выщелачивании складированных в выработанном пространстве подземных камер отходов: добычи сульфидных медно-цинковых, медно-никелевых, свинцово-цинковых и других типов руд (минерализованные сульфидами забалансовые руды и вскрышные породы); обогащения (пиритные хвосты); гидро- и пирометаллургии (медь, - цинк, - железосодержащие шламы, шлаки и прочее).

Круглогодичное выщелачивание ценных компонентов из отходов в благоприятных условиях (повышенная температура выщелачиваемого материала и выщелачивающих растворов с высоким содержанием металлов) повысят рентабельность переработки техногенного сырья.

Отчет о проведении исследования патентной чистоты объектов техники приведен в отдельном томе [104].

5 Технико-экономическая оценка полученных результатов

5.1 Методические рекомендации по технико-экономической оценке полученных результатов

Целью деятельности любого горнодобывающего предприятия по освоению месторождений полезных ископаемых является максимизация финансово-экономического эффекта при минимизации расходования финансовых ресурсов не его освоение.

В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. На сегодняшний день данный вопрос оценки осуществляется на основе ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» №39-ФЗ, а так же Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов, согласно которым и производится оценка экономической целесообразности и допустимости реализации проекта по освоению ресурсов недр.

При проведении оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство.

В качестве применяемых критериев оценки выбора того или иного технологического решения используются показатели:

- чистой текущей стоимости (NPV) или ЧДД (чистый дисконтированный доход) – накопленный дисконтированный эффект за расчетный период времени

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=T_c}^{T_p} \frac{\Pi_t + a_t}{(1+d)^t} - \sum \frac{K_t}{(1+d)^t} \quad (5.1.1)$$

где T_c – продолжительность срока создания объекта, годы;

T_p - продолжительность расчетного периода, годы;

Π_t - чистая прибыль в t -ом году эксплуатации объекта, руб.;

a_t - амортизационные отчисления в t -ом году эксплуатации. руб.;

d - норма дисконта в относительных единицах;

K_t - капитальные вложения в t -ом году, руб.

-внутренняя норма доходности (ВНД);

-срок окупаемости;

-индекс доходности.

Выполненный анализ методик оценки экономической эффективности показывает недостаточность и неполноту учета эколого-экономического эффекта наблюдающегося при применении технологий имеющих как прямой, так и сопряженный экологический эффект. Однако проведенными исследованиями по оценке эколого-экономических показателей при функционировании горнотехнических систем подтверждается, что своевременная компенсация экологического воздействия данной системы на окружающую среду приводит к повышению общей эффективности на всех этапах ее эффективности. Эколого-экономический эффект может составить до 25% от общего экономического результата освоения участка недр в результате своевременного применения в технологическом процессе технологии по переработки и утилизации техногенных отходов. Незаблаговременное «включение» в технологический процесс элементов технологий по переработки и утилизации техногенных отходов горного производства может привести к снижению его эффективности до 20% .

К сожалению на сегодня не существует единой выработанной общепринятой методики по оценке эколого-экономической эффективности природоохранной деятельности горнодобывающих предприятий имеющей как прямой, так и сопряженный экологический эффект в денежном выражении. В каждом конкретном случае расчет проводится ситуационно и исходя из опыта, целей и задачей оценки.

В целом эколого-экономическая эффективность применения технологии имеющей сопряженный экологический эффект ($P_{оээ}$) выражающийся в комплексности извлечения полезного компонента и закладки выработанного пространства может быть выражен следующим образом:

$$P_{оээ} = \sum_{t=0}^n \frac{\Delta C_{извл} * Q_t + \Delta \Pi_{общ.t} + \Delta \Pi_{пр.t} + \Delta \mathcal{E}_{р.t} - Z_{общ.t}}{(1+d)^t} \quad (5.1.2)$$

где $\Delta C_{извл}$ - прирост извлекаемой ценности дополнительной товарной продукции в t-ом году отработки месторождения, руб./т;

Q_t - объем дополнительно извлекаемой товарной продукции в t году отработки месторождения;

$\Delta \Pi_{общ.t}$ - экономия на платежах за загрязнение окружающей среды в результате сокращения объемов кварц-плагиоклазовые лежалые хвостов обогащения при использовании в качестве инертного заполнителя руб/год;

$\Delta \Pi_{пр.t}$ - экономия на платежах за пользование природными ресурсами, руб/год;

$\Delta \mathcal{E}_{р.t}$ - экономия ресурсов, руб/год;

$Z_{\text{общ } t}$ - суммарные капитальные и эксплуатационные затраты на применение технологии позволяющей повысить комплексность добычи полезного ископаемого, а так же на осуществление закладки выработанного пространства, руб./год; t - год разработки месторождения.

При определении извлекаемой ценности руд цветных и редких металлов, а так же однокомпонентных руд, характеризующихся тем, что отпускные цены установлены на полезные компоненты в этих рудах, в концентратах и промпродуктах целесообразно использовать:

$$u_{\phi} = 0,01c(1 - P)u_{\phi_0} \quad (5.1.3)$$

где c - содержание металла в руде (балансовых запасах), %;

P - разубоживание руды, доли ед.;

u_{ϕ_0} – отпускная цена полезного компонента (металла) в руде, руб./т.

Для многокомпонентных руд извлекаемая ценность добываемой рудной массы определяется как сумма извлекаемых ценностей:

$$u_{\phi} = \sum_{i=1}^n c_i (1 - p_i) u_{\phi_{pi}} \quad (5.1.4)$$

где $u_{\phi_{pi}}$ - отпускная цена i -го металла в руде, руб./т.

При применении системы разработки месторождения с закладкой выработанного пространства, а так же при использовании ресурсного потенциала образовавшихся в процессе выемки полезного ископаемого техногенных пустот, для предприятия будет формироваться экономия на платежах за загрязнение окружающей среды, в результате использования пустых и вмещающих пород в качестве закладочного материала, а так же при использовании хвостов обогащения в качестве инертного заполнителя, что может быть определено следующим образом:

$$\Delta \Pi_{\text{общ},t}^{\phi} = \sum_{j=1}^J \Delta \Pi_{a,j} + \Delta \Pi_{o,j} \quad (5.1.5)$$

где $\Delta \Pi_{a,j}$ - экономия на платежах за загрязнение атмосферного воздуха при использовании лежалых хвостов обогащения или пустых пород в качестве закладки, руб./год;

$\Delta \Pi_{o,j}$ - экономия на платежах за размещение отходов в результате сокращения объемов отходов обогащения или в результате недопущения складирования пустых пород на поверхности, руб./год.

Так же при проведении закладочных работ у предприятия будет формироваться экономия на платежах в результате не изъятия земель под отвал пустых пород, а так же в результате сокращения площади существующего шламохранилища

$$\Delta \Pi_{пр.} = \Delta \Pi_{из.} + \Delta \Pi_{з.н.} \quad (5.1.6)$$

где $\Delta \Pi_{из.}$ - экономия на платежах за изъятие земель в случае размещения пустых пород на поверхности, руб/год;

$\Delta \Pi_{з.н.}$ - экономия на земельном налоге формирующаяся в результате не использования земельных площадей под организацию нового отвала, а также в результате сокращения площади хвостохранилища при использовании хвостов в качестве закладочного материала, руб/год.

Экономия на ресурсах обуславливается использованием отходов горно-обогатительного производства в качестве закладочного материала в выработанное пространство рудника:

$$\Delta \mathcal{E}_{р.} = V_{в.п.} * c_{зак.} + V_{отв.} * c_{отв.} + \mathcal{E}_{рек.} \quad (5.1.7)$$

где $V_{в.п.}$ - объем выработанного пространства подлежащего закладке, м³;

$c_{зак.}$ - себестоимость закладочной смеси с применением отходов собственного производства, руб;

$V_{отв.}$ - объем отвалов формируемых в случае размещения отходов горнодобывающего предприятия на поверхности м³;

$c_{отв.}$ - себестоимость складирования породы в отвал, руб;

$\mathcal{E}_{рек.}$ – экономия на затратах на рекультивацию поверхности в случае размещения отходов предприятия в выработанном пространстве рудника, руб.

$$\mathcal{E}_{рек.} = S * c_{рек.} \quad (5.1.8)$$

где S – площадь отвала подлежащая рекультивации в случае размещения пустых пород на поверхности, га;

$c_{рек.}$ – себестоимость рекультивации 1га поверхности, руб/га.

Один из критериев сравнительной оценки целесообразности применяемых геотехнологий может выступать показатель экономического ущерба при применении геотехнологий. Существующие методики оценки величины ущерба предлагают его

определение одномоментно и в дальнейшем предполагают простое суммирование годовых показателей без учета фактора времени. В этом случае производится пореципиентная оценка экономического ущерба, формируемого под влиянием различного вида воздействий, а так же оценка интегральной величины экономического ущерба:

$$Y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij} \quad (5.1.9)$$

где Y_{ij} - экономический ущерб наносимый i -ому реципиенту, в результате j -го вида воздействия, руб;

i – количество реципиентов;

j – количество видов воздействия. В качестве реципиентов могут выступать: зеленые насаждения, селитебные территории, сельскохозяйственные угодья, лесные ресурсы, водные объекты и т.д

В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3%). Однако в условиях неполноты или отсутствия информации о динамике ущерба с течением времени возможно использование нулевой ставки дисконтирования, в этом случае формула будет иметь вид:

$$Y = Y_i * T \quad (5.1.10)$$

где T – продолжительность периода, в течение которого загрязнение которое произведено в первый год наносит ущерб ($T=1 \dots$ в зависимости от вида экологического нарушения).

5.2 Технико-экономическая оценка полученных результатов внедрения в технологических объектах недропользования

Представленные ниже расчеты по прогнозной технико-экономической оценке рекомендуемых технических решений по освоению месторождений полезных ископаемых Урала и Сибири, разработанных в ГУ ИГД УрО РАН выполнены на основе аналогов и укрупненных показателей работы горнодобывающих предприятий Свердловской области, а так же с использованием нормативных актов и действующих методик.

Полученные результаты реализуются путем внедрения в строительство или производственную деятельность конкретных объектов недропользования, как правило, путем включения в Проект строительства объекта или Проект отработки месторождения.

Экономическая оценка результатов определяется прямым расчетом по сравнению с ранее применяющимся (существующим) или ранее разработанным вариантом технологии (строительства).

При строительстве экономия получается за счет сокращения капитальных затрат и равна

$$\mathcal{E} = (K_1 - K_b), \text{ руб.} \quad (5.1.11)$$

где K_1 и K_b – капитальные затраты по первоначальному и внедренному вариантам строительства соответственно.

Экономия от совершенствования технологии может быть получена за счет сокращения затрат на добычу и обогащение руды (снижение себестоимости), сокращении потерь руды и увеличения ценности добываемого сырья и определяется по разности прибыли на 1 т балансовых запасов первоначального и внедренного вариантов технологии

$$\mathcal{E} = B (\Pi_1 - \Pi_b), \text{ руб.} \quad (5.1.12)$$

где B – балансовые запасы руды, учитываемые в расчете;

Π_1 , Π_b – прибыль на 1 т балансовых запасов по первоначальному и внедренному вариантам технологии соответственно.

Прибыль на 1 т балансовых запасов определяется как

$$\Pi = C_k c_m \varepsilon_0 (1 - \Pi) - Z(1 - \Pi)/(1 - P), \quad (5.1.13)$$

где C_k – цена полезного компонента (металла) в концентрате;

c_m – содержание полезного компонента (металла) в руде;

ε_0 – извлечение полезного компонента (металла) в концентрат при обогащении;

$(1 - \Pi)$ – коэффициент извлечения руды при добыче (Π – потери руды);

Z – затраты на добычу и обогащение 1 т балансовых запасов;

P – разубоживание руды.

Помимо экономического эффекта результатов может быть получен и внеэкономический эффект, например, повышение безопасности труда, или эффект, экономическую эффективность которого на данном этапе внедрения рассчитать трудно или невозможно (например, ускорение ввода предприятия в эксплуатацию).

Технико-экономическая оценка полученных результатов внедрения в рассмотренных в данной НИР технологических объектах недропользования в обобщенном виде представлена в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Технико-экономическая оценка полученных результатов внедрения в технологических объектах недропользования

Объект	Мероприятие	Эффективность	За счет чего получена экономия
<p>АК «АЛРОСА» Удачинский ГОК. Подземный рудник «Удачный»</p>	<p>1. Оптимизация вскрытия кимберлитового месторождения с применением экономико-математической модели рудника. По сравнению с первоначальным проектом рекомендована новая схема вентиляции с исключением вентиляционного горизонта –305м. Рекомендации использованы в Проекте вскрытия (институт Уралгипроруда) и реализованы при строительстве рудника.</p>	<p>Реальная экономия при строительстве рудника «Удачный» составила 562,8 млн. руб.</p>	<p>Сокращение объема горно-капитальных выработок на 160,8 тыс. м³ при стоимости проведения выработок 3500 руб./м³. (в ценах 2011г.)</p>
	<p>2. Разработана технология совместной отработки прибортовых и подкарьерных запасов рудника «Удачный». По сравнению с раздельной отработкой запасов существенно снижается объем подготовительных работ и ускоряется ввод рудника в эксплуатацию. Рекомендации рассмотрены на Техсовете АК «АЛРОСА» и приняты к внедрению для вскрытия, подготовки и нарезки блока №1 в этаже -260/-365 м в 2011-16 гг.</p>	<p>Ускорение ввода рудника в эксплуатацию на 2 года. Экономия при отработке запасов блока №1 в этаже -260/-365 м рудника «Удачный» составляет 81,2 млн. руб.</p>	<p>Сокращение объема подготовительных выработок на 32,5 тыс. м³ при стоимости проведения выработок 2500 руб./м³. (в ценах 2011г.)</p>
	<p>3. Складирование вскрышных пород на дне карьера в развале и насыпном съезде при доработке рудных уступов ЗРТ в объеме 2,4 млн. м³ По сравнению с проектным вариантом вскрышные породы почти в полном</p>	<p>Экономия при доработке нижних горизонтов карьера «Удачный» может составить 15,7 млн. руб. за счет экономии на платежах за загрязнение окружающей среды 0,95 млн. руб./год, и экономии на ресурсах в размере 14,78 млн. руб.</p>	<p>Сокращение объема транспортирования на поверхность и размещения в отвале пород вскрыши на 2,4 млн. м³.</p>

	<p>объеме складироваться на дне карьера, а не вывозятся и складироваться в отвале на поверхности</p>	<p>Размер предотвращенного ущерба в результате сопряженного экологического эффекта от применения данного технологического решения в среднем составит 13,89 млн. руб. В целом предприятие может получить дополнительный эколого-экономический эффект от применения данных мероприятий в размере 29,6 млн. руб./год.</p>	
<p>Кыштымский ГОК. Подземный рудник</p>	<p>1. Разработана технология подземной добычи кварцевого сырья камерной системой разработки с последующим обрушением целиков. С применением разработанной экономико-математической модели обоснованы оптимальные параметры системы разработки, в частности по сравнению с ранее применяемой камерно-целиковой потери руды сокращены на 20%. Рекомендации реализованы в проекте на отработку этажа -316/-346 м (ИГД УрО РАН). Применение этого же мероприятия в сравнении с проектной системой разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой дает экономический эффект за счет снижения ресурсоемкости и повышения извлечения при обогащении</p>	<p>Реальная экономия при отработке запасов месторождения в этаже -316/-346 м составит 88,8 млн. руб. Потенциальная экономия при отработке запасов месторождения в этаже -316/-346 м составит 205,4 млн. руб.</p>	<p>Сокращение потерь ценного кварцевого сырья с 30% до 10%. Снижение себестоимости добычи за счет исключения закладочных работ 260 руб./т (в ценах 2011г.) и повышения извлечения при обогащении с 0,3 до 0,5.</p>
	<p>2. Размещение пустых пород от проходки выработок в этаже -316/-346 м в ранее отработанные камеры подэтажа 346/359 м</p>	<p>Потенциальная экономия при отработке запасов месторождения в этаже -316/-346 м составит 1,625 млн. руб.</p>	<p>Снижение себестоимости транспортирования породы на 93 руб./т (в ценах 2011г.) за счет</p>

	<p>По сравнению с проектной схемой транспортирования и размещения в отвале на поверхности пустой породы от проходки выработок экономический эффект получается за счет уменьшения длины транспортирования на 670 м и соответственного снижения себестоимости транспортирования на 93 руб./т</p> <p>Рекомендовано для реализации в проекте на отработку этажа -316/-346 м (ИГД УрО РАН).</p>	<p>В настоящее время ставка платы за размещение отходов - породы в отвале составляет лишь 0,15 руб. за тонну, поэтому сумма эффекта составляет всего 6,3 тыс. руб.</p> <p>Размер предотвращенного ущерба в результате сопряженного экологического эффекта при использовании ресурсного потенциала образовавшихся техногенных пустот в среднем составит 4,86 млн.руб.</p>	<p>уменьшения длины транспортирования и снижение экологической нагрузки на природную среду от размещения породы в отвале на поверхности</p>
Малышевское РУ	<p>1. Оптимизация схемы вскрытия нижних горизонтов Малышевского изумрудно-бериллиевого месторождения на основе применения разработанной экономико-математической модели.</p> <p>По сравнению с проектной схемой вскрытия вертикальными стволами предложен вариант вскрытия автоуклоном с поверхности.</p> <p>Рекомендации использованы в Технико-экономических предложениях по освоению участка недр Федерального значения, включающего Малышевское месторождение (ИГД УрО РАН)</p>	<p>Потенциальная экономия при строительстве нижних горизонтов рудника составила на этапе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - I (вскрытие -120/-210 м) – 122,2 млн. руб.; - II (вскрытие -210/-570 м) – 92,6 млн. руб. <p>Кроме этого, ускорение ввода рудника в эксплуатацию на этапе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - I (вскрытие -120/-210 м) на 2,3 года; - II (вскрытие -210/-570 м) на 6 лет. 	<p>Сокращение объема горно-капитальных выработок на 52,1 тыс. м³ при стоимости проведения выработок (в ценах 2011г.):</p> <ul style="list-style-type: none"> - ствола 15 тыс. руб./м³; - автотранспортного уклона 3,5 тыс. руб./м³; - капитальных горизонтальных выработок – 3 тыс. руб./м³.
	<p>2. Снижение разубоживания при применении системы разработки месторождения нисходящими горизонтальными слоями с твердеющей закладкой с 56% при существующей</p>	<p>Экономия на платежах за загрязнение окружающей среды в размере 2,11 млн. руб./год,</p> <p>Экономия на ресурсах за счет нескладирования отходов в</p>	<p>Снижение эксплуатационных затрат за счет снижения разубоживания в 1,6 раза.</p> <p>Использование кварц-плагиоклазовых хвостов</p>

	<p>технологии до 34% по предлагаемой. Данная технология так же позволит повысить извлекаемую ценность по производимой продукции (бериллиевый концентрат, черновое изумрудное сырье, флогопитовый концентрат) в среднем на 20-25%.</p> <p>Рекомендации использованы в Технико-экономических предложениях по освоению участка недр Федерального значения, включающего Малышевское месторождение (ИГД УрО РАН)</p>	<p>хвостохранилище в размере 2,03 млн. руб./год.</p> <p>Предотвращенный ущерб за счет неразмещения отходов на поверхности составит 5,4 млн.руб/год.</p> <p>В целом применение данной технологии может привести к увеличению доходности за счет повышения качества извлекаемого сырья на 8,5-9%, за счет эколого-экономического эффективности на 3,5-4%. (что за оцениваемый период составит порядка 63,5 млн.руб.)</p> <p>В целом доходность реализации проекта по отработке Малышевского изумрудно-бериллиевого месторождения составит 1337,4 млн. руб.</p>	<p>обогащения в качестве инертного заполнителя при проведении закладочных работ.</p> <p>Экономия земельных площадей в результате неразмещения отходов производства на поверхности.</p>
<p>Шеинский карьер известняков</p>	<p>Увеличение производительности карьера по карбонатному сырью с 1200 тыс.т до 2600 тыс.т/год.</p> <p>Предложено некондиционные породы складировать в выработанном пространстве Шеинского карьера глиен.</p> <p>Предлагаемые технические решения позволят увеличить содержание СаО в исходном сырье с 43% до 46-47%.</p> <p>Рекомендации использованы при разработке Корректировки рабочего проекта технического перевооружения Шеинского карьера известняков (ИГД УрО РАН).</p>	<p>Высвобождение финансовых ресурсов в размере 7,18 млн. руб./год за счет экономии на платежах за загрязнение окружающей среды 1,07 млн. руб./год. и экономии на ресурсах в размере 6,11 млн. руб./год</p> <p>Положительная динамика извлекаемой ценности полезного компонента по СаО, что позволит также повысить доходность предприятия на 9,3% (ориентировочно на 24 млн. руб./год).</p> <p>Размер предотвращенного ущерба в результате сопряженного экологического эффекта в среднем составит 8,85 млн. руб./год.</p>	<p>Складирование некондиционных пород в выработанное пространство Шеинского карьера глиен.</p> <p>Увеличение содержания СаО в исходном сырье с 43% до 46-47%.</p>

Выводы по разделу

1. В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. При проведении технико-экономической оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство.

2. Выполненный анализ методик оценки экономической эффективности показывает недостаточность и неполноту учета эколого-экономического эффекта наблюдающегося при применении технологий имеющих как прямой, так и сопряженный экологический эффект. Эколого-экономический эффект может составить до 25% от общего экономического результата освоения участка недр в результате своевременного применения в технологическом процессе технологии по переработки и утилизации техногенных отходов.

3. Предложена методика технико-экономической оценки технологических решений, учитывающая эколого-экономическую эффективность применения технологии имеющей сопряженный экологический эффект, выражающийся в комплексности извлечения полезного компонента и закладки выработанного пространства. В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3%).

4. При применении системы разработки месторождения с закладкой выработанного пространства, а так же при использовании ресурсного потенциала образовавшихся в процессе выемки полезного ископаемого техногенных пустот, для предприятия будет формироваться экономия на платежах за загрязнение окружающей среды, в результате использования пустых и вмещающих пород в качестве закладочного материала, а так же при использовании хвостов обогащения в качестве инертного заполнителя.

5. На основании разработанной и традиционной методик проведена технико-экономическая оценка полученных результатов внедрения в технологических объектах недропользования Сибири и Урала. Результаты оценки показывают, что внедрение в производство, разработанных в рамках выполнения данной НИР, технических решений позволяет получить весьма существенный экономический и экологический эффект. Суммарный потенциальный эффект может составить более 800 млн. руб.

6 Практическая проверка и внедрение технологии на объектах недропользования

Объект недропользования	Мероприятие	Полученные результаты	Стоимость проекта, млн. руб.
Технологический регламент «Корректировка вскрытия подкарьерных запасов трубки «Удачная» АК «Алроса» до а.о. - 580 м»	1. Оптимизация вскрытия кимберлитового месторождения	Сокращение объема горно-капитальных выработок на 160,8 тыс. м ³	2,95
	2. Разработана технология совместной отработки прибортовых и подкарьерных запасов.	Сокращение объема подготовительных выработок на 32,5 тыс. м ³ Ускорение ввода рудника в эксплуатацию на 2 года.	
	3. Складирование вскрышных пород на дне карьера	Сокращение объема транспортирования на поверхность и размещения в отвале пород вскрыши на 2,4 млн. м ³ .	
Технологический регламент для корректировки горной части технического проекта «Кыштымский ГОК. Рудник по добыче гранулированного кварца. Техническое перевооружение рудника в этаже 346/316 м»	1. Обоснование оптимальных конструкции и параметров системы разработки	Сокращение потерь ценного кварцевого сырья с 30% до 10%.	2,2
	2. Размещение пустых пород от проходки выработок в этаже -316/-346 м в ранее отработанные камеры подэтажа 346/359 м	Снижение себестоимости транспортирования породы на 93 руб./т	
Технико-экономические предложения по освоению участка недр Федерального значения, включающего Малышевское месторождение, расположенное на территории Свердловской области	1. Оптимизация схемы вскрытия нижних горизонтов Малышевского изумрудно-бериллиевого месторождения	Сокращение объема горно-капитальных выработок на 52,1 тыс. м ³	1,4
	2. Снижение разубоживания при применении системы разработки нисходящими горизонтальными слоями с твердеющей закладкой.	Снижение эксплуатационных затрат за счет снижения разубоживания с 56% при существующей технологии до 34% по предлагаемой. Повышение извлекаемой ценности производимой продукции в среднем на 20-25%.	

Корректировка рабочего проекта технического перевооружения Шеинского карьера известняков	1. Увеличение производительности карьера по карбонатному сырью с 1200 тыс.т до 2600 тыс.т/год.	Увеличение содержания СаО в исходном сырье с 43% до 46-47%.	2,0
	2. Складирование некондиционных пород в выработанное пространство Шеинского карьера глин.	Размер предотвращенного ущерба в результате сопряженного экологического эффекта в среднем составит 8,85 млн. руб./год.	
Объект	Суть мероприятия	Полученные результаты	Стоимость проекта, тыс. руб.
1. Высокогорский ГОК	Мониторинг деформационных процессов при разработке Высокогорского железорудного месторождения расположенного в черте города Нижнего Тагила, с целью обеспечения безопасности объектов и достижения полноты извлечения полезного ископаемого.	<ol style="list-style-type: none"> Создана наблюдательная сеть для контроля деформационных процессов. Обеспечивается контроль за состоянием и безопасностью более 50 объектов, находящихся в области влияния подземных разработок. Обеспечена полнота извлечения полезного ископаемого за счет расконсервации и вовлечения в разработку рудных запасов из предохранительных целиков. 	600.00-800.00 ежегодно
2. ОАО «ТНК – Нягань»	Создание геодинамического полигона для мониторинга деформационных процессов на территории Краснотинского нефтяного месторождения с целью обеспечения безопасности промышленных объектов и населения	<ol style="list-style-type: none"> Обоснование необходимости создания геодинамического полигона. Разработан проект геодинамического полигона и методика проведения мониторинга. Реализован проект в натуре. Проведены первые две серии наблюдений за развитием деформационных процессов. 	7550.00

Выводы по разделу

Практическая проверка решений, разработанных в рамках данной НИР, проведена при проектировании разработки объектов недропользования Урала и Сибири: Шеинский карьер известняков, Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение, Кыштымское месторождение гранулированного кварца (Урал), кимберлитовая трубка «Удачная» (Саха-Якутия).

Результаты внедрения полученных в рамках данной НИР результатов исследований в проекты освоения месторождений и непосредственно на предприятиях горно-промышленного комплекса Урала, Сибири и Дальнего Востока - руднике «Удачный» АК АЛРОСА, Кыштымском ГОКе, Малышевском РУ и Шеинском карьере известняков показали высокую эффективность разработанных технических решений. Суммарный потенциальный эффект может составить более 800 млн. руб.

Результаты теоретических и методических разработок по геомеханическому обеспечению недропользования прошли практическую проверку и внедрение путем организации мониторинга за деформационными процессами на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых (Высокогорское железорудное месторождение, Высокогорский ГОК) и нефти (Красноленинское нефтяное месторождение, «ТНК-Нягань»). Результаты мониторинга обеспечивают эффективность и полноту извлечения полезного ископаемого и безопасность объектов недропользования и населения в области влияния горных разработок.

Заключение

Результаты исследований, выполненные по **шестому** этапу, установлено, что Среди природных процессов и явлений, создающих условия для возникновения аварийных ситуаций на объектах недропользования, ведущее место занимают деформационные процессы, вызванные современными геодинамическими движениями. К сожалению, в практике проектирования, строительства и эксплуатации опасных объектов их параметры пока не учитываются. Нормативные документы, регламентирующие изыскания, проектирование строительство и эксплуатацию опасных объектов недропользования, в частности, объектов атомной энергетики, не проработаны из-за устаревших представлений о процессах и явлениях, происходящих в массиве горных пород.

Фундаментальные исследования последнего десятилетия, подтвердившие иерархически блочную модель массива горных пород, показали, что механизм развития аварийных ситуаций на объектах недропользования определяется постоянной подвижностью и процессами деструкции и самоорганизации.

В соответствии с установленным механизмом воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования предложены пути и мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф, включающие:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов на основе диагностики геодинамической активности территории;
- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений;
- управление уровнем техногенных смещений и деформаций.

Результаты теоретических и методических разработок по геомеханическому обеспечению недропользования прошли практическую проверку и внедрение путем организации мониторинга за деформационными процессами на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых (Высокогорское железорудное месторождение, Высокогорский ГОК) и нефти (Красноленинское нефтяное месторождение, «ТНК-Нягань»). Результаты мониторинга обеспечивают эффективность и полноту извлечения полезного ископаемого и безопасность объектов недропользования и населения в области влияния горных разработок.

Автоматизированный метод оценки объемов горной массы по сортам и видам при планировании горных работ в качестве основных документов включает погоризонтные качественные планы, атрибуты блоков (физические, технологические и качественные свойства горной массы), данные опробования скважин детальной и эксплуатационной

разведок, планируемое положение горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом.

Правомерность использования алгоритмов и программ подсчета запасов золота с использованием пространственной связности геоданных подтверждается на примере на техногенных месторождениях р. Винновка.

Установлено, что основным управляющим фактором на всех этапах существования разреза нагорного типа является длина фронта работ по горной массе, а фактор интенсивности отработки приобретает весомую значимость ближе к середине срока отработки разреза при условии обеспечения резерва готовых к выемке запасов. При автоматизированных горно-геометрических расчетах необходимо учитывать данные условия.

На основании анализ полученных основных результатов и учебных планов подготовки специалистов по направлению «Горное дело» предложены методические материалы. Программы внедрения результатов НИР в образовательный процесс охватывают направления НОУ, факультет ЧС и УГГУ, повышение квалификации инженерно-технических специалистов горных предприятий.

Разработаны научно-методические материалы по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке медноколчеданных месторождений Урала полезные для использования в образовательных учреждениях горно-технологического профиля с целью повышения уровня образования студентов, приобретения ими навыков исследовательской работы в области «подземная геотехнология разработки рудных месторождений полезных ископаемых».

Установлена патентная чистота технические решения, относящиеся к способу подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов (патент РФ № 2385956 и заявка № 2009143040), принадлежащих Государственному учреждению Институту горного дела УрО РАН.

В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. При проведении технико-экономической оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство.

Эколого-экономический эффект при применении технологий имеющих как прямой, так и сопряженный экологический эффект может составить до 25% от общего

экономического результата освоения участка недр при условии своевременного применения переработки и утилизации техногенных отходов. В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3) %.

При применении системы разработки месторождения с закладкой выработанного пространства и заполнении образовавшихся в процессе разработки техногенных пустот хвостов обогащения экономия на платежах за загрязнение окружающей среды может составить значительную сумму.

Практическая проверка решений, разработанных в рамках данной НИР, проведена при проектировании объектов недропользования Урала и Сибири: Шеинский карьер известняков, Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение, Кыштымское месторождение гранулированного кварца (Урал), кимберлитовая трубка «Удачная» (Саха-Якутия).

Суммарный потенциальный эффект от внедрения мероприятий на вышеуказанных объектах может составить более 800 млн. руб.

Результаты научных исследований по геоинформационному, геомеханическому и геотехнологическому обеспечению освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока используются в образовательном процессе в виде курса профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов предприятий по соответствующим направлениям.

Список использованных источников

1. Сашурин А.Д. Трагедии могут стать периодическими. Об аварии на Саяно-Шушенской ГЭС и возможном развитии ситуации. Технадзор. 2010. №8 (45). С. 60-63.
2. Митропольский А.С., Анищенко А.М. О новейших тектонических движениях в Западном Саяне. Геология и геофизика. 1964. №12.
3. Митропольский А.С. Современные тектонические движения в Западном Саяне. Геология и геофизика. 1969. №2. С.141-144.
4. Варковецкий М.Б., Иванов И.А. К вопросу о проявлении современных тектонических движений в долине р. Енисея в Западном Саяне. Геология и геофизика. 1968. №9.
5. Брызгалов В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций. Красноярск: Изд. Дом «Суриков». 1999. 563 с.
6. Акт технического расследования причин аварии, произошедшей 17 августа 2009 года в филиале Открытого акционерного общества «РусГидро»-«Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного». 2009. 141 с.
7. СПН-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
8. Васильев В.Г., Яницкий И.Н., Фефелов А.К. Геофизические аспекты катастрофы Чернобыльской атомной станции. <http://helimetr-doklad.narod.ru>
9. Марчук А.Н. Прогноз землетрясений в районе Саяно-Шушенской ГЭС с помощью измерительных систем плотины. Гидротехническое строительство. 1995. №8. С. 34-38.
10. Пак Г.Л., Долгонос В.Н. О возможных причинах аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. Безопасность труда в промышленности. 2011. №2. С.22-26.
11. НП-032-01. Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности: утв. Госатомнадзором России от 08.11.2001, № 10. – М., 2001.
12. Руководящий технический материал по изучению деформаций земной поверхности геодезическими методами на полигонах атомных электростанций / ГКИНП-10-186-84.
13. НП-050-03. Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности: утв. Госатомнадзором России от 31.12.2003, № 11. – М., 2004.
14. СПНАЭ-87. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта и площадки (п.41.1) / Министерство атомной энергетики СССР. – М., 1987.
15. СПНАЭ-93. Основные требования к разработке технико-экономического обоснования строительства атомной станции. Положение о порядке выбора площадки строительства (п.4.2.) / Министерство по атомной энергии РФ. – М., 1994.
16. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании / Ю. О. Кузьмин. - М.: Агентство экологических новостей, 1999. – 220 с.
17. Лопанчук А. А. Мониторинг геодинамической активности геологической среды в районе размещения АЭС на территории Восточно-Европейской платформы / А. А. Лопанчук. – М., 1998. – 16 с. - Деп. в ВИНТИ. - № 70980000094.
18. Лопанчук А. А. Технология определения основных деформационных характеристик земной коры (поверхности) при выборе основания под сооружение / А. А. Лопанчук; - М., 1998. – 15 с. - Деп. в ВИНТИ. - № 70980000093.
19. Татаринов В. Н. Ново-Воронежская АЭС. GPS - наблюдения в районе АЭС / В. Н. Татаринов. - М.: ГЦ РАН, 2000. – 12 с.

20. Современная геодинамика Урала / И. И. Кононенко и др. - Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 94 с.
21. Результаты маркшейдерско-геодезических наблюдений за реперами наблюдательной станции на участке размещения основных сооружений IV энергоблока БАЭС. отчет о НИР (заключ., х/д 32/02) / ИГД УрО РАН; рук. Сашурин А. Д. – Екатеринбург, 2003. – 264 с.
22. НП-050—03. Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности: утв. Госгортехнадзором России от 31.12.2003, № 11. – М., 2003. -
23. НП-064-05. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии: утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.12.2005, № 16. – М., 2005.
24. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М., 1997
25. Колмогоров А. Н. О логарифмически-нормальном законе распределения частиц при дроблении / А. Н. Колмогоров // ДАН. – 1941.- Т. 31, № 2.- С. 99 - 101.
26. Epstein B. The mathematical description of certain breakage mechanisms leading to the logarithmic-normal distribution / B. Epstein // J. Franklin Inst. – 1947. - №. 244. – P. 471.
27. Рац М. В. Неоднородность горных пород и их физических свойств/М. В. Рац. – М.: Наука, 1968.- 110 с.
28. Лобацкая Р. М. Структурная зональность разломов / Р. М. Лобацкая. – М.: Недра, 1987. – 129 с.
29. Разломообразование в литосфере: зоны сдвига / С. И. Шерман и др.; отв. ред. Логачев Н. А.; Институт земной коры СО АН СССР. - Новосибирск: Наука, 1991. – 256 с.
30. Разломообразование в литосфере: зоны растяжения / С. И. Шерман и др.; отв. ред. Логачев Н. А.; Институт земной коры СО РАН. - Новосибирск: Наука, 1992.- 222 с.
31. Разломообразование в литосфере: зоны сжатия / С. И. Шерман и др.; отв. ред. Логачев Н. А.; Институт земной коры СО РАН. - Новосибирск: Наука, - 1994. – 257 с.
32. Вотях О. А. Структурные элементы Земли / О. А. Вотях. – Новосибирск: Наука, 1979. - 217 с.
33. Rabe D. D. Particle size distribution study of Fieldriver event / D. D. Rabe // Proc. Symp. Eng. Nucl. Explosions: Vol. 2. – Las Vegas: Springfield, 1970. - P. 888 – 908.
34. Корчевский В. В. Геотехническое исследование опытной плотины на реке Бурлыкья / В. В. Корчевский, Г. Н. Петров // Гидротехническое строительство. - 1977. - № 5. - С. 22 - 29.
35. Макарьев В. П. Определение оптимальной кусковатости горной массы на щебеночных карьерах / В. П. Макарьев, В. А. Михайлов // Разрушение горных пород. - Л., 1984. - С. 28 – 41. – (Записки / ЛГИ. - Т. 99).
36. О методике построения карт нарушенности массивов горных пород по данным геофизического каротажа: ч. 4: Некоторые практические приложения / М. В. Курленя и др. // Физ. - техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1992. - № 2. - С. 13 – 29.
37. Опарин В. Н. О скоростном разрезе Земли по Гутенбергу и возможном его геомеханическом объяснении: ч.1: Зональная геодезинтеграция и иерархический ряд геоблоков / В. Н. Опарин, М. В. Курленя // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 1994. - № 2. - С. 14 – 26.
38. Поплавский В. А. Изучение иерархии трещиноватости породных массивов / В. А. Поплавский // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1996. - № 1. - С. 37 – 44.

39. О новой шкале структурно-иерархических представлений как паспортной характеристике объектов геосреды / В. Н. Опарин и др. // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 1998. - № 5. – С. 16 – 33.
40. Ежов Б. В. Морфотектоника геодинамических систем центрального типа / Б. В. Ежов, Г. И. Худяков. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984.- 128 с.
41. Красный Л. И. Глобальная система геоблоков / Л. И. Красный. – М.: Недра, 1984. - 220 с.
42. Саньков В. А. Глубины проникновения разломов / В. А. Саньков. – Новосибирск: СО АН СССР, 1989. – 136 с.
43. Шуплецов Ю. П. Об общности формирования очагов техногенных и природных землетрясений / Ю. П. Шуплецов // Проблемы геодинамики, сейсмичности, минерогении подвижных поясов и платформенных областей литосферы. – Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 1998. - С. 236 - 238.
44. Экспериментальные сейсмические исследования недр земли / Л. В. Антонов и др. - М.: Наука, 1978. – 157 с.
45. Невский М. В. Рассеяние и поглощение продольных сейсмических волн в земной коре / М. В. Невский, А. В. Николаев, О. Ю. Ризниченко // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1982. - № 10. – С. 20 - 30.
46. Шаумян Л. В. Физико-механические свойства массивов скальных горных пород / Л. В. Шаумян. - М.: Наука, 1972. – 118 с.
47. Савич А. И. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами / А. И. Савич, З. Г. Ященко. - М.: Недра, 1979. - 214 с.
48. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений / А. И. Савич и др. – М.: Недра, 1990. – 461 с.
49. Соболев Г. А. О концентрационном критерии сейсмогенных разрывов / Г. А. Соболев, А. Д. Завьялов // ДАН. - 1980. - Т. 252, вып. 1. - С. 69 - 72.
50. Петров В. А. Размерный эффект концентрационного порога разрушения / В. А. Петров, Л. Ж. Горобец // Изв. АН СССР. Физика Земли. - 1987. - № 1. - С. 95 - 98.
51. Журков С. Н. Физические основы прогнозирования механического разрушения / С. Н. Жуков, В. С. Куксенко, В. А. Петров // ДАН. - 1981.- Т.259, вып. 6. - С. 1350 - 1353.
52. Петров В. А. О механизме и кинетике макроразрушения / В. А. Петров // Изв. АН СССР. Физика твердого тела. - 1979. - Т. 21, вып. 12. - С. 3681 - 3686.
53. Садовский М. А. Естественная кусковатость горной породы / М. А. Садовский // ДАН. - 1979. - Т. 247. - № 4. – С. 829 – 831.
54. Садовский М. А. Иерархия от пылинок до планет / М. А. Садовский // Земля и Вселенная. – 1984. - № 6. – С. 4 - 9.
55. Садовский М. А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс / М. А. Садовский, Л. Г. Болховитинов, В. Ф. Писаренко. – М.: Наука, 1987. – 100 с.
56. Курленя М. В. Проблемы нелинейной геомеханики: ч. 2 / М. В. Курленя, В. Н. Опарин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 2000. - № 4. - С. 3 - 26.
57. Открытие: диплом № 400. Явление зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок / Е. И. Шемякин и др. (СССР); № 11253; заявл. 12.12.85; опубл. 07.01.92, Бюл. № 1. – С. 3; приоритет от 09.02.92 (СССР).
58. Любушкин А. А. Иерархическая модель сейсмического процесса / А. А. Любушкин // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1987. - № 11. - С. 43 - 52.
59. Афанасьев С. Л. Определение геологического возраста по наноциклитам / С. Л. Афанасьев // Математические методы анализа цикличности в геологии. – М.: Наука, 1984. - С. 6 – 26.

60. Курленя М. В. Об отношении линейных размеров блоков горных пород к величинам раскрытия трещин в структурной иерархии / М. В. Курленя, В. Н. Опарин, А. А. Еременко // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1993. - № 3. - С. 3 - 10.
61. Шемякин Е. И. О свободном разрушении твердых тел / Е. И. Шемякин // ДАН. - 1988. - Т. 300. - № 5. - С. 1090 - 1094.
62. Шемякин Е. И. О свободном разрушении твердых тел - II / Е. И. Шемякин // ДАН. - 1991. - Т. 316. - № 6. - С. 1371 - 1373.
63. Курленя М. В. О масштабном факторе зональной дезинтеграции горных пород и канонических рядах атомно-ионных радиусов / М. В. Курленя, В. Н. Опарин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1996. - № 2. - С. 6 - 16.
64. Хакен Г. Синергетика: пер. с англ. / Г. Хакен. - М.: Мир, 1980. - 404 с.
65. Родионов В. Н. Диссипативные структуры в геомеханике / В. Н. Родионов // Успехи механики. - 1979. - Т. 2, № 4. - С. 97 - 111.
66. Ревуженко А. Ф. Диссипативные структуры в сплошной среде / А. Ф. Ревуженко // Изв. вузов. Физика. - 1992. - № 4. - С. 94 - 104.
67. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. - М.: Наука, 1996. - 48 с.
68. Писаренко В. Ф. Поведение деформируемого массива подвижных элементов / В. Ф. Писаренко, И. М. Примаков, М. Г. Шнирман // Дискретные свойства геофизической среды. - М.: Наука, 1989. - С. 76 - 85.
69. Дрешер А. Проверка механической модели течения гранулированного материала методами фотоупругости / А. Ж. Дрешер, Ж. де Йонг Йоселен // Определяющие законы механики грунтов. - М.: Мир, 1975. - С. 144 - 165.
70. Ревуженко А. Ф. О механизме деформирования сыпучего материала при больших сдвигах / А. Ф. Ревуженко, С. Б. Стажевский, Е. И. Шемякин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1974. - № 3. - С. 130 - 133.
71. Бобряков А. П. Однородный сдвиг сыпучего материала. Дилатансия / А. П. Бобряков, А. Ф. Ревуженко // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1982. - № 5. - С. 23 - 29.
72. Бобряков А. П. Однородный сдвиг сыпучего материала. Локализация деформаций / А. П. Бобряков, А. Ф. Ревуженко, Е. И. Шемякин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1983. - № 5. - С. 17 - 21.
73. Бобряков А. П. О временных структурах в процессах деформирования сыпучей среды / А. П. Бобряков, В. П. Косых, А. Ф. Ревуженко // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1990. - № 2. - С. 29 - 39.
74. Эффект самоорганизации искусственных массивов с образованием ячеистых структур в виде пассивного ядра и активной несущей оболочки / М. В. Курленя и др. // ДАН. - 1992. - Т. 323, № 6. - С. 1072 - 1077.
75. Панин Е. И. Структурные уровни деформации твердых тел / Е. И. Панин, В. А. Лихачев, Ю. В. Гриняев. - Новосибирск: Наука, 1985. - 247 с.
76. Структурные уровни пластической деформации и разрушения / В. Е. Панин и др. - Новосибирск: Наука, 1990. - 255 с.
77. Родионов В. Н. Основы геомеханики / В. Н. Родионов, И. А. Сизов, В. М. Цветков. - М.: Недра, 1986. - 301 с.
78. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. - М.: Мир, 1979. - 300 с.
79. Адушкин В. В. Особенности деформирования блочной среды при взрыве / В. В. Адушкин, А. А. Спивак // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1990. - № 2. - С. 46 - 52.
80. Адушкин В. В. Геомеханика блочных структур / В. В. Адушкин, В. Н. Родионов // Проблемы нелинейной геомеханики: труды науч. семинара / ВНИМИ - ИГГ РАН (Санкт-Петербург, 1996 г.). - СПб, 1998. - С. 3 - 10.

81. Закономерности деформирования и разрушения выработок в массиве скальных пород / Г. Г. Кочарян и др. // Проблемы нелинейной геомеханики: труды науч. семинара / ВНИМИ - ИГГ РАН.- СПб, 1998. – С. 11 – 25.
82. Адушкин В. В. Дифференциальные движения в массивах горных пород блочной структуры / В. В. Адушкин, А. А. Спивак // Проблемы нелинейной геомеханики: труды науч. семинара / ВНИМИ - ИГГ РАН. - СПб, 1998. - С. 26 – 38.
83. Спивак А. А. Дифференциальные движения блочных структур при внешних воздействиях / А. А. Спивак // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 1999. - № 1. - С. 62 – 76.
84. Козырев С. А. Особенности сейсмического действия массовых взрывов в блочных высоконапряженных массивах / С. А. Козырев, С. В. Лукичев // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 1995. - № 1. - С. 51 - 57.
85. Курленя М. В. Проблемы нелинейной геомеханики: ч. 1 / М. В. Курленя, В. Н. Опарин // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. - 1999. - № 3. - С. 12 - 26.
86. Петухов И. А. Учет дискретности процесса сдвижения при прогнозировании деформаций земной поверхности / И. А. Петухов, Л. П. Чепенко // Сдвигание земной поверхности и устойчивость откосов: сб. тр. / ВНИМИ. - Л., 1980. - С. 10 - 17.
87. Квочин В. А. Управление сдвижением и удароопасностью горного массива при разработке железорудных месторождений Сибири на основе изучения их геодинамики: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Квочин; ВостНИГРИ. - Новокузнецк, 2000. - 78 с.
88. Геомеханические процессы взаимодействия породных и закладочных массивов при отработке пластовых рудных залежей / М. В. Курленя и др. - Новосибирск: Наука, 1997.- 175 с.
89. Балек А. Е. Управление напряженно-деформированным состоянием скального массива при подземной разработке рудных месторождений системами с обрушением / Автореф. канд. дисс, ИГД УрО РАН, - Екатеринбург, 2007. – 33 с.
90. Сашурин А.Д. Сдвигание горных пород на рудниках черной металлургии. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999. 268с.
91. Аленичев В.М., Суханов В.И., Хохряков В.С. Моделирование природно-сырьевых технологических комплексов (горное производство)/ Под ред. В.Л. Яковлева. – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – 147 с.
92. Аленичев В.М. Обоснование критерия определения конечного контура карьера [текст] // Аленичев В.М., Ворошилин Г.И. / Сб. научн. трудов / ИГД МЧМ СССР. – Свердловск, 1990, № 89. – 32 – 39 с.
93. Аленичев В.М. Компьютерная технология формирования рабочей зоны в глубоких карьерах [текст] // Аленичев В.М., Ковалев М.Н./ Горный вестник. – 1997, № 3. – 41 – 48 с.
94. Аленичев В.М. Концепция формирования карьерного пространства с использованием информационной технологии [текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. – № 9. – С. 197 – 201.
95. Alenichev V.M., Suhanov V.I. Computer Technology of Modelling Open Pit Space // Computer applications and operations research in the mineral industries: 2nd Regional APCOM'97. – Moscow, Russia, 1997. – S. 67 – 71.
96. Аленичев В.М., Ковалев М.Н. Компьютерная технология формирования рабочей зоны в глубоких карьерах // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С.64 – 69.
97. Alenichev V.M., Suhanov V.I. Computer Technology of Modelling Open Pit Space// Computer applications and operations research in the mineral industries: 2nd Regional APCOM'97 symposium. – Moscow, Russia, 1997. – S. 191 – 196.
98. Аленичев В.М., Суханов В.И. Определение качественных показателей сырья при автоматизированном планировании горных работ// ГИАБ. –2003. – № 3. С 134 – 139.

99. Аленичев В.М., Суханов В.И. Оценка точности расчета объемов полезного ископаемого на погоризонтных планах // ГИАБ. - 2005. – № 8. – С. 232 – 236.
100. Антонов В.А., Аленичев В.М., Уманский А.Б., Смирнов А.Л., Рычков В.Н. Автоматизированная информационная система оценки интервалов корреляционной связности признаков геотехногенных объектов // ГИАБ. Спецвыпуск. – 2008. – № 10. – С. 76- 85.
101. Аленичев В.М., Вторушин Ю.И., Суханов В.И. Логические модели горных задач // ГИАБ. Отдельный выпуск. – № ОВ2.–2009. – 480 с. – М.; Изд. «Горная наука». – С. 32 –
102. Совершенствование методики планирования и прогнозирования качества добываемого сырья на комбинате «Магнезит» / Ю. В. Лаптев, А. В. Гальянов и др. // Огнеупоры. – 1993. – № 12. – С. 24 - 28.
103. Лаптев Ю. В., Гальянов А. В. Планирование выхода технологических сортов руды при оперативном управлении работами // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): докл. Междунар. конф.: в 4 т.: т.2. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1998. – С. 111 - 117.
104. Отчет о научно-исследовательской работе по Государственному контракту № 002.740.11.0317 от 07 июля 2009 г. «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока» ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАТЕНТНОЙ ЧИСТОТЫ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ - Екатеринбург УрО РАН, 2011. - 14 с.

ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ (по шести этапам)

В ходе проведения исследований в рамках темы: «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока» получены следующие научные результаты.

По направлению геоинформационное обеспечение.

Проанализированы отечественные и зарубежные источники информации по компьютерным технологиям для моделирования месторождений и техногенных образований и проведен выбор направления дальнейших исследований для разработки методов и алгоритмов представления и манипулирования горно-геологической информацией. Обоснован подход к выбору основных объектов компьютерного моделирования, методам представления и преобразования геоданных. Сформированы критерии выбора программного обеспечения с открытым кодом для интеграции различных подсистем в единое функционально пригодное приложение для решения горно-геологических задач разработки месторождений открытым способом.

Проведенные исследования по горно-геологическому моделированию месторождений и техногенных образований для разработки полезных ископаемых позволили установить, что всемирно известные ГГИС DATAMINE, VULCAN, MINESCAPE, GEMCOM, TECHBASE, SURPAC, Micromine широко распространены за границей и мало используются в России из-за их высокой стоимости и отсутствия согласования с отечественными отраслевыми и федеральными стандартами. Программное обеспечение с открытым кодом для геометрического моделирования горно-геологических объектов, удовлетворяющее потребности геологов, маркшейдеров и горных инженеров-технологов, не обнаружено.

Сформированы критерии выбора программного обеспечения с открытым кодом для интеграции различных подсистем в единое функционально пригодное приложение для решения горно-геологических задач разработки месторождений открытым способом.

Подавляющее число публикаций последних лет во всем мире отмечает возрастающую потребность горных предприятий с различными способами добычи твердых полезных ископаемых в создании как отдельных специализированных решений частных задач, так и полномасштабных горно-геологических информационных систем для решения разнообразных прикладных задач на этапах проектирования, эксплуатации, консервации и погашения карьеров.

Обоснованы направления исследований по созданию методов и алгоритмов представления и манипулирования горно-геологической и технологической информацией. В результате обследования геометрических пакетов с открытым кодом сделаны следующие выводы:

- на рынке программного обеспечения представлены пакеты с различной функциональностью, пригодные для использования в качестве платформы для разработки перспективной ГГИС;

- исследованные пакеты позволяют остановиться на Open CASCADE, как полнофункциональном ядре геометрического моделирования и визуализации, не имеющем лицензионных ограничений;

- Open CASCADE по заявлениям разработчиков имеет удобные интерфейсы для разработки как демонстрационного прототипа, так и законченного приложения на различных платформах и языках программирования, в том числе Python, C⁺⁺, Java и некоторых других, которые возможно позволят сократить затраты времени на прототипирование и отладку;

- проведённое исследование времени выполнения графических построений в Open CASCADE подтвердило возможность его использования для отрисовки отдельных примитивов, имеющих место при моделировании реальных объектами типа карьер.

Установлено, что структура информационного представления горно-геологических данных должна отражать комплексную характеристику месторождения, содержащую геометрические параметры размещения в пространстве различных горных масс и атрибутивные свойства (технологические, гидрогеологические, физические, химические и другие), в совокупности влияющих на эффективность отработки недр. Единое геоинформационное обеспечение включает данные о природной среде и социально-экономических явлениях, возникающих в процессе природопользования. Анализ их взаимосвязей позволяет выявить направления создания и структуру баз геоданных, обеспечивающих решение прикладных задач, связанных с оценкой сырьевого потенциала конкретного района и обоснованием рациональных вариантов комплексного использования недр.

Сложность информационных потоков обусловлена различными формами организации и структурирования информационного пространства, разнообразными качественными и количественными характеристиками, провоцирующими избыточность информации. Для исключения последней при построении информационной модели необходима четкая конкретизация сформулированных пользователем задач и нормализации баз данных.

Необходимость согласованного формирования и сопровождения интегрированных геоинформационных ресурсов обусловлена проблемой группировки геоданных в наборы, классы, категории, проекты и другие виды, отвечающие требуемой однородности (заданной близости), что позволяет сформировать единый «объект». Выбор топологических отношений и способов группировки геоданных производится специалистом настройки системы для решения определённого класса задач. Поэтому для реализации автоматической адаптации к изменяющимся параметрам взаимодействия пользователя с предметной областью необходимы принципиально новые программные средства для организации структурной согласованности геоданных в динамическом режиме.

Разработана методика прогноза горно-геологических данных, отличающаяся от традиционно используемых методов интерполяции, применяемых в настоящее время, универсальной схемой, основанной на построении профильной матричной корреляционной функции в пространстве месторождения по различным направлениям (с заданным шагом) относительно оцениваемой точки (объема) и последующим выявлением области автокорреляции исследуемого атрибутивного признака; выделение закономерной составляющей изменения признака вдоль рассматриваемого направления на фоне случайной посредством построения тренда в пределах области автокорреляции, необходимая степень которого устанавливается на основе принципа самосогласования и последующим расчетом значения признака с помощью модифицированного метода обратных взвешенных расстояний.

Положенная в основу модели идея о том, что представление атрибутивного признака состоит из закономерной составляющей (тренда) и случайной составляющей (степень неопределенности в знании выявленной закономерности), позволяет избежать привязки к принципу стационарности переменной, заложенной в основу геостатистической теории.

Обоснован алгоритм и разработана методика выявления закономерной составляющей атрибутивного признака на фоне случайной с помощью построения самосогласованного тренда, позволяющего устанавливать закономерности изменения признака по заданным направлениям и спрогнозировать его изменение за пределами выборки.

Проведенные экспериментальные расчеты по Далматовскому месторождению урана и Сарановскому россыпному месторождению валунчатых хромовых руд показали достаточно высокую сходимость результатов при оценке средней мощности и содержания основного компонента. Относительная ошибка подсчета запасов достигает 10

%, что обусловлено отсутствием данных по потерям и разубоживанию в процессе отработки месторождения.

7 Реализован программный комплекс АИС в соответствии с предложенным математическим методом моделирования пространственно-факторной связи геоданных и представляет собой объектно-ориентированное, многопоточное, многооконное, 32-х битное программное обеспечение и состоит из трех подсистем обеспечивающих обработку и интерпретацию данных в форматах 1D, 2D, 3D, т.е. решает задачи линейного, площадного и объемного моделирования соответственно. Программное обеспечение разработано в среде программирования MATLAB, доступной для просмотра, изучения, изменения и использования кода для создания новых программ.

Установлено, что общая природная закономерность, отмечаемая на всех геологических образования, отражает неравномерность распределения содержаний любых компонентов. Обусловлена она наличием геохимических полей и дизъюнктивных нарушений массивы, способствующих миграции рудообразующих растворов по трещинам и разрывам, приводящей к концентрации минералов и элементов. Обособленные в пространстве скопления минеральных компонентов по аналогии с кластерами в таксономии и распознавания образов (скопление точек, изображающих некоторые объекты) называются кластерами. Кластерное строение характерно для абсолютного большинства россыпных и рудных месторождений, когда 10 – 30 % и иногда до 60 % объема подсчетного блока приходится на зону скоплений полезного компонента, в которой содержится более 85 % запаса металла. Учет кластеров при моделировании месторождений повышает достоверность пространственных данных и атрибутивных признаков за счет сокращения области оценки, т. е. уменьшения неопределенности информации о недрах. Повышенная достоверность геоданных обеспечит выбор оптимальных параметров технологии и оборудования для выемки полезного ископаемого из массива при обычной геотехнологии, а также режимов физико-технических и физико-химических процессов добычи. Моделирование отдельных участков россыпи и месторождения в целом на основе кластерной структуры позволяет разнести по отдельным конкретным слоям пространственные и атрибутивные показатели, определяющие технологию разработки, режимы и оборудование для последующей переработки продуктивной толщи.

При расчете технологических потерь крупного, среднего и мелкого золота манипулирование геоданными сводится к трансформации, извлечению и вычислению из кластерной модели месторождения кривых распределения и плотностей вероятности гранулометрического состава полезного элемента и продуктивной толщи, хранимых в информационных слоях, и использованию коррелируемых показателей,

характеризующих заданную степень и коэффициент недостаточной дезинтеграции. Манипулирование геоданными обеспечивает оценку эксплуатационных потерь полезного компонента на стадии выемки горной массы из забоя с учетом содержания полезных компонентов, изменчивости поверхностей раздела вмещающих пород и продуктивной массы, сложности залегания полезного ископаемого, обводненности горной массы и других факторов.

В качестве основы при аппаратной реализации информационной базы целесообразно использование современных суперкомпьютеров и клиентской программы «Google Планета Земля», представляющей собой удобную оболочку для обработки и отображения геоинформационных данных, а также реализующей архитектуру языковой платформы с открытым ядром за счет возможности присоединения файловых структур любого формата. Для хранения геоинформационных данных целесообразно привлечение удобного в использовании языка разметки на основе XML для представления трёхмерных геоинформационных данных - KML (от англ. Keyhole Markup Language). Использование этого формата позволяет привлекать для пополнения базы данных сторонних разработчиков, в том числе и не профессиональных, например, инициативные группы экологов. Открытость языка KML обеспечивает, в случае необходимости, перенос данных на иную программную платформу. Язык KML позволяет включать в описание объектов гиперссылки и организовать интерактивное взаимодействие с блоком мультимедийных данных.

Используемые в настоящее время программные системы характеризуются весьма высоким уровнем сложности, обусловленной несколькими причинами: сложностью реальной предметной области и алгоритма моделирования, необходимостью обеспечения достаточной гибкости программы, неудовлетворительными способами описания поведения больших дискретных систем. Одним из перспективных направлений создания программного обеспечения – использование методологии аспектно-ориентированное программирования (АОП), являющегося следующим этапом развития процедурного и объектно-ориентированного программирования (ООП).

Эффективную горно-геологическую информационную систему горнодобывающего предприятия можно создать на единой инфраструктуре хранения пространственных данных в открытом специализированном формате на основе Oracle Spatial и программного обеспечения, предлагаемого MapInfo Corp. При этом обеспечивается целостность информации при многопользовательской работе и возможность совместного хранения геоданных и связанных с ними атрибутивных признаков в единой СУБД. За счет организации взаимодействия различных СУБД в рамках единой распределенной среды и

использования механизмов репликации и обновления сведений значительно снизятся затраты на сохранении целостности информации без дополнительного программного обеспечения.

Принятые международные стандарты языков Фортран, Паскаль, Бейсик, Ада, Си, Си++. Фортран, AutoLISP, JAVA, PYTHON и др. Язык Фортран в своем наиболее развитом виде стандарта Фортран-95 не является языком, подходящим для программирования геоинформационных систем. В стандарт языка Паскаль не включены средства отдельной компиляции программ, а оформление полного исходного текста ГГИС в виде одного файла нецелесообразно. Язык Ада является громоздким и применяется для любых целей, в частности, для написания информационных систем (используют американские и некоторые отечественные военные). По мнению многих программистов, наиболее хороший стандарт на сегодняшний день существует для языков класса Си.

Эксперименты по сравнению времени выполнения простейших графических построений в Open CASCADE были проведены с использованием языка Python на базе стенда для демонстрации программных фрагментов. Стенд предназначен для демонстрации принципиальной возможности и элементов техники геометрического моделирования элементов карьера и рудных тел с использованием пакета OpenCASCADE (ОСС) и создан на основе поставляемого вместе с пакетом ОСС примера простого приложения *Tutorial*, не связанного никакими лицензионными ограничениями. Программные модули (приложение в среде ОСС) имеют традиционную для приложения на языке C++ архитектуру и включает ряд модулей и заголовочных файлов. Запуск приложения выполняется загрузкой на исполнение главного модуля. *main.cpp*. Для организации графического интерфейса с пользователем создается экземпляр приложения. Ввод координат ввод с клавиатуры обеспечивал максимальную точностью, требуя затрат времени для набора координат с клавиатуры.

Построению примитивов предшествует создание кнопок меню на панели инструментов. Создание инструментальной панели и командных кнопок производится оператором.

По результатам экспериментальных расчетов по применимости открытых геометрических ядер для горно-геометрического моделирования как демонстрационного прототипа на различных платформах и языках программирования C++ и Python установлено, что функциональные возможности и инструментальные средства не обеспечивают моделирование закономерностей динамики формирования карьерного пространства в сложных топографических условиях, построение границ карьера по горизонтам обработки на пересеченной местности и наличии впадин рельефа в границах

горизонта, не корректируются границы рудного тела за контуром карьера по мере подвигания фронта горных работ. При моделировании примитивов, являющихся неотъемлемой частью элементов вскрытия месторождения внутренними съездами, не осуществляется построение и отображение бровок наклонных траншей (съездов). Не обеспечивается компьютерное построение взаимодействия контуров, технологической трассы дорог и топологии формирования транспортных коммуникаций в карьере при вскрытии нижележащих горизонтов.

Выявленные недостатки и нецелесообразность применения исследуемых операционных систем обусловлена экспоненциальным увеличением числа примитивов, построенных на криволинейных участках относительно исходного примитива, который является необходимой структурной единицей при моделировании динамики формирования карьерного пространства. Указанные причины порождают заикливание вычислительного эксперимента и исключают возможность получения результата в реальный промежуток времени.

Результаты опытно-промышленного опробования, проведенные одним из авторов, с использованием графической системы AutoCAD и языка программирования AutoLISP, показали, что на решение аналогичных задач затрачивается от 10 до 150 минут в зависимости от геометрической сложности моделируемого объекта. Заикливание вычислительного эксперимента не наблюдалось. Наибольшую сложность при разработке программного обеспечения для оценки направления развития горных работ имеют операции с замкнутыми телами (полезное ископаемое, вмещающие породы, карьерное пространство, траншеи внешнего и внутреннего заложения, изолинии поверхности), связанные с взаимодействием контуров горных выработок произвольной формы с различными видами (типами) горной массы и изолиниями поверхности. В силу произвольной формы контуров возможно появление различных существенных затруднений для обработки ситуаций, корректный выход из которых зачастую не достигается даже при использовании алгоритмов объединения, пересечения и разности.

По результатам экспериментальных расчетов по применимости открытых геометрических ядер для горно-геометрического моделирования как демонстрационного прототипа на различных платформах и языках программирования C++ и Python установлено, что функциональные возможности и инструментальные средства не обеспечивают моделирование закономерностей динамики формирования карьерного пространства в сложных топографических условиях, построение границ карьера по горизонтам отработки на пересеченной местности и наличии впадин рельефа в границах горизонта, не корректируются границы рудного тела за контуром карьера по мере

подвигания фронта горных работ. При моделировании примитивов, являющихся неотъемлемой частью элементов вскрытия месторождения внутренними съездами, не осуществляется построение и отображение бровок наклонных траншей (съездов). Не обеспечивается компьютерное построение взаимодействия контуров, технологической трассы дорог и топологии формирования транспортных коммуникаций в карьере при вскрытии нижележащих горизонтов.

Имеющиеся в геометрическом ядре с открытым кодом Open CASCADE функциональные возможности и инструментальные средства не обеспечивают моделирование закономерностей динамики развития карьерного пространства с учетом способов вскрытия месторождения и топологии формирования транспортных коммуникаций в карьере;

Выявленные недостатки и нецелесообразность применения исследуемых операционных систем на языках C⁺⁺ и Python обусловлена экспоненциальным увеличением на криволинейных участках контура числа порождаемых примитивов, являющихся необходимыми и обязательными структурными единицами при моделировании динамики формирования карьерного пространства. Продолжительность вычислений и построения промежуточных и окончательных примитивов установить не удалось из-за заикливания вычислительных процедур. Причины, порождающие заикливание вычислительного эксперимента и исключающие возможность получения результата в реальный промежуток времени, обусловлены ошибками расчетов и представления основных примитивов в геометрическом ядре Open CASCADE.

Результаты вычислительного эксперимента показали, что программный комплекс АИС обеспечивает моделирование пространственно-факторной связи геоданных и представляет собой объектно-ориентированное, многопоточное, многооконное, 32-битное программное обеспечение, включающее три подсистемы обработки и интерпретации данных в форматах 1D, 2D, 3D (линейное, площадное и объемное моделирование). Программное обеспечение, разработанное в среде программирования MATLAB, доступно для просмотра, изучения, изменения и использования для создания новых программ в геоинформационных системах открытого кода.

Ориентация на использование ресурсов всемирной компьютерной сети Интернета с его инструментарием (браузер-программы, поисковые системы, протоколы передачи гипертекстов, языки разметки текстов и т.п.) заслуживает детального изучения для использования при создании геоинформационных систем горнодобывающих предприятия. Язык разметки текстов (язык гипертекстов) html является открытым кодом и представляет набор текстов не в линейной последовательности, а в соответствии со

структурой явно указанных возможных переходов, связей и узлов перехода между ними. Это позволяют выбирать по заданной пользователем структурированной схеме последовательности обращения к необходимой геоинформации для последующего её анализа и хранения, исключив беспредельные поиски в сети Интернет. Протоколы передачи [гипертекста](#) (НТТР), для работы с которыми имеется большое число методической документации на многих языках мира и удобные средств разработки передачи данных по технологии «клиент-сервер», просты в реализации, позволяют достаточно быстро создавать клиентские приложения и расширения.

Установлено, что с использованием НТТР (протокол передачи [гипертекста](#)) и [HTML](#) (языковой платформы) весьма эффективно и экономически целесообразно получение из различных общедоступных ГИС, ГГИС, коммерческих и специализированных информационных систем необходимых пространственных и атрибутивных данных, технико-экономических и других показателей для создания геоинформационного обеспечения горнодобывающего предприятия. При этом существенно сокращаются сроки и уменьшают затраты на разработку основных программных продуктов.

Разработаны принципы поддержания модели месторождения в актуальном состоянии, обоснованы и составлены алгоритмы выбора направления развития горных работ, подготовки паспорта буровзрывных работ на карьерах и прокладки транспортных съездов на уступах.

Проведенные теоретические исследования по формированию рабочей зоны карьера показали, что устойчивое функционирование структуры система-карьер по технологическим условиям обеспечивается при развитии горных работ в зоне минимального отклонения текущего коэффициент вскрыши от среднего с начала отработки месторождения. Использование данного показателя позволяет сформировать рабочую зону карьера с учетом принятой схемы вскрытия и топологии транспортных коммуникаций, наметить пути реконструкции транспортной системы на длительный период. Моделирование контуров карьера на поперечных геологических разрезах позволяет выявить местоположение вскрывающих траншей, соответствующих оптимальному направлению развития горных работ. Разработан алгоритм выбора направления развития горных работ, основанный на последовательном решении плоской и объемной задачи.

Непрерывная динамическая взаимоувязка состояний горных работ при планировании включает:

- приближенность формирования альтернативных вариантов на первой стадии с последующей детализацией рассмотрения приоритетных;

- текущее уточнение и корректировку геоинформационного обеспечения и промежуточных результатов;

- периодичность пересмотра технологических решений в зависимости от изменяющихся горно-геологических условий.

В современных условиях обоснованность принимаемых вариантов достигается при непрерывном календарном планировании, что позволяет горному инженеру-технологу решать следующие задачи:

- формировать варианты рабочей зоны карьера с учетом существующей транспортной системы;

- прогнозировать развитие горных работ;

- оформлять планы горных работ и таблицы распределения объемов различной горной массы по горизонтам отработки.

Компьютерная технология составления паспорта буровзрывных работ на карьерах и последующее проведение корректировочных расчетов базируется на горно-геологическом информационном обеспечении, модульном синтезе алгоритмов решения задач по определению параметров сетки скважин, величины заряда в каждой скважине и одной ступени замедления в зависимости от характеристики взрываеваемого массива, используемых ВВ, схемы инициирования зарядов, допустимого расстояния разлета отдельных кусков породы, сейсмического эффекта и зоны действия ударной волны.

Основой информационного обеспечения при составлении паспорта буровзрывных работ является геотехногенная структура, включающая месторождение полезных ископаемых и пространственно связанное с ним техногенные образования, образующие при разработке месторождения единую систему элементов, взаимодействующих и согласованно изменяющихся во времени в динамике развития карьерного пространства. Параметры и эффективность взрывных работ на карьерах определяются геологическими и технологическими показателями, физико-механическими характеристиками горного массива, углами откосов уступов, видом и типом горной массы, представленных во взрываеваемом блоке в виде отдельных пространственных областей. Разработан алгоритм подготовки паспорта буровзрывных работ на карьерах, включающий использование творческого потенциала горного инженера-технолога, методов оптимизации параметров и визуализации полученных решений и обеспечивающий снижение трудоемкости и сроков выполнения инженерной подготовки производства.

Творческое участие горного инженера-технолога в процедуре составления альтернативных вариантов и выбор окончательного из них лицом, ответственным за

принятия решений, отвечает современным тенденциям развития интеллектуальных технологий в горном деле.

Исходной информацией при формировании карьерного пространства с учетом прокладки транспортных съездов на стадии планирования горных работ является геотехногенная структура, включающая модель месторождения и техногенного образования, топография поверхности, параметры элементов системы разработки.

Аппарат аналитической геометрии в сочетании с методом квиподобия обеспечивает при использовании современных вычислительных средств учет закономерностей развития открытых горных разработок и технологических требований при моделировании динамики формирования карьерного пространства с учетом прокладки транспортных съездов на уступах. Моделирование контуров карьера на основе взаимоувязанного описания нижних и верхних бровок смежных уступов гарантирует адекватное отображение рабочей зона карьера при последовательном решении следующих задач: построение погоризонтных контуров карьера и последующая их корректировка с учетом схемы вскрытия.

Обоснована методология разработки стратегии инновационного развития региона, учитывающая перспективы развития горнодобывающей отрасли и предусматривающая существенное инвестирование для поддержания минерально-сырьевой базы добывающих предприятий для обеспечения успешной модернизации и устойчивого развития с помощью системы мер поддержки предприятий со стороны государственных региональных и федеральных структур.

Разработаны алгоритмы автоматизированной оценки объемов горной массы по видам и сортам при планировании горных работ. В качестве обобщенного примера рассмотрен автоматизированный метод оценки объемов горной массы по видам и сортам при квартальном и годовом планировании горных работ на Кiemбаевском асбестовом карьере.

Исходными данными при расчетах являются следующие документы:

- погоризонтные качественные планы,
- данные опробования по разведочным скважинам,
- планируемое положение горных работ по отдельным горизонтам и этапу в целом;
- количественно-качественных требований, предъявляемых к готовой продукции.

Разработанный алгоритм позволяет заполнить таблицу горно-геометрического анализа, являющейся неотъемлемой частью процедуры планирования горных работ на карьерах.

Обоснован алгоритм и составлена компьютерная программа для оценки количества золота на техногенных образованиях (отвалах) реки Винновка с учетом пространственной связности геоданных, обеспечивающей повышение точности подсчета запасов.

По направлению геомеханическое обеспечение.

Геомеханическое обеспечение сферы недропользования играет первостепенную роль в обеспечении безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых, создания уникальных объектов энергетического и строительного комплексов. Разработка нефтяных и газовых месторождений Сибири нарушает естественное равновесие массива горных пород на огромных территориях, исчисляемых десятками и сотнями тысяч квадратных километров, на которых размещаются современные города с высотной застройкой, уникальные промышленные объекты, требующие особого внимания к обеспечению безопасности как работающего на них персонала, так и окружающего населения.

Природно-техногенные катастрофы, сопровождающие масштабное недропользование, определяют закономерности взаимодействия сложной природной системы с присущими ей процессами и явлениями, с не менее сложной техногенной системой промышленных, общественных и жилых объектов в периоды их создания и эксплуатации. Ведущее место среди процессов и явлений, воздействующих на искусственные сооружения, являются деформационные процессы, вызванные современными геодинамическими движениями, происходящими в массиве горных пород верхней части земной коры и на земной поверхности.

В работе проведен обзор и анализ современного состояния исследований по воздействию современных геодинамических движений на объекты недропользования. Из анализа следует, что в современной практике создания и эксплуатации ответственных и уникальных объектов горнодобывающей промышленности, гидроэнергетики, атомной энергетики фактор современной геодинамической активности учитывается не в полной мере.

В то же время, фундаментальными исследованиями в науках о Земле установлено, что современные геодинамические движения, имеющие повсеместное распространение, играют важную роль в развитии многих видов аварийных и катастрофических ситуаций на объектах, созданных в подземных условиях и на земной поверхности, для которых массив горных пород является либо вмещающей средой, либо основанием. К сожалению, нормативные документы, регламентирующие изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию таких объектов, базируются на устаревших представлениях о процессах и

явлениях, происходящих в массиве горных пород, в частности о деформационных процессах, обусловленных современными геодинамическими движениями.

Проведенный в работе комплекс исследований раскрывает механизм воздействия геодинамических движений на объекты недропользования. Основу его составляют процессы деструкции и самоорганизации, протекающие в иерархически блочной среде, находящейся в постоянном движении под воздействием современных геодинамических движений. Эти два противоположные по своей направленности явления обуславливают вторичное структурирование массива горных пород и неоднородное распределение смещений и деформаций, реализуемых за счет межблочных подвижек. В результате концентрация смещений и деформаций на границах самоорганизовавшихся блоков достигает 2 – 3 по отношению к их среднеинтегральным значениям, против 0,5 внутри блоков. Объекты, оказавшиеся на границах блоков, испытывают высокий уровень нештатных деформаций, способных нарушить их устойчивость.

В работе рекомендованы пути и меры предупреждения аварийных ситуаций и развития природно-техногенных катастроф: выбор благоприятных и безопасных площадок размещения ответственных и опасных объектов; принятие необходимых конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие деформационных процессов; управление деформационными процессами, вызванными техногенной деятельностью.

Разработка методов и мер предотвращения катастрофических ситуаций требует знания параметров современных и прогнозируемых на период эксплуатации объекта деформационных процессов. В работе предложены методы диагностики геодинамической активности территории с определением современных деформаций и проведения мониторинга за развитием деформационных процессов в период эксплуатации объекта.

Теоретические и методические разработки прошли в период выполнения исследований по контракту практическую проверку на горнодобывающих предприятиях по добыче твердых полезных ископаемых и углеводородного сырья – нефти и газа. Практические работы проводились за счет внебюджетных средств на условиях хозяйственных договоров с предприятиями.

В г. Нижнем Тагиле в области влияния подземных разработок, ведущихся в городской черте по добыче железной руды из Высокогорского месторождения, находится свыше пятидесяти жилых домов, общественных зданий, промышленных объектов самого рудника и окружающих предприятий. Для обеспечения безопасности подрабатываемых объектов в области влияния горных работ оборудована наблюдательная станция, по которой в соответствии с методическими разработками ведется постоянный мониторинг

и прогноз развития деформационных процессов. На основании результатов проводимого мониторинга производится оценка состояния охраняемых объектов и разработка необходимых мероприятий по обеспечению безопасных условий их эксплуатации.

Актуальные проблемы обеспечения безопасности и предотвращения аварийных и катастрофических ситуаций возникают сегодня при разработке месторождений нефти и газа. Лицензионные участки по добыче нефти нефтяной компании «ТНК-Нягань» на Красноленинском нефтяном месторождении охватывают территорию с размерами 120 километров в меридиональном направлении и 60 километров в широтном. На этой площади расположены промышленные объекты, населенные пункты, инфраструктура магистральных нефте- и газопроводов и т.п. В период выполнения работы, на основе полученных результатов исследований для нефтяной компании, выполнено обоснование необходимости создания на территории месторождения геодинамического полигона, разработан проект геодинамического полигона, осуществлена его реализация в натуре, проведены исходные и рабочие серии наблюдений, позволяющие оценить современные деформации и создавшие основу для дальнейшего мониторинга.

Среди природных процессов и явлений, создающих условия для возникновения аварийных ситуаций на объектах недропользования, ведущее место занимают деформационные процессы, вызванные современными геодинамическими движениями.

Анализ изученности современных геодинамических движений и закономерностей распределения по массиву горных пород вызванных ими деформационных процессов свидетельствуют, что современные геодинамические движения и деформационные процессы распространены повсеместно и имеют в сейсмически активных и асейсмических регионах достаточно высокий уровень, способный нарушить устойчивость и безопасность объекта недропользования. К сожалению, в практике проектирования, строительства и эксплуатации опасных объектов их параметры пока не учитываются.

Нормативные документы, регламентирующие изыскания, проектирование строительства и эксплуатацию опасных объектов недропользования, вплоть до объектов атомной энергетики, учет этих факторов не проработан в силу устаревших представлений о процессах и явлениях, происходящих в массиве горных пород, на которых они основываются. В то же время, фундаментальные исследования последнего десятилетия, подтвердившие иерархически блочную модель массива горных пород, показали, что механизм развития аварийных ситуаций на объектах недропользования определяется постоянной подвижностью и процессами деструкции и самоорганизации, проявляющимися в этой подвижности.

В соответствии с установленным механизмом воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования, в работе предложены пути и мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф, включающие:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов недропользования на основе проведения диагностики геодинамической активности территории;

- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений, основанных на уровне смещений и деформаций, выявленных в процессе диагностики территории и прогнозных значений на период эксплуатации объекта;

- управление уровнем техногенных смещений и деформаций, вызванных недропользованием.

Результаты научных исследований по геомеханическому обеспечению освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока используются в образовательном процессе в виде курса профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов предприятий по направлению «Снижение риска природно-техногенных катастроф при недропользовании». В научно – методическом плане, обеспечивающем повышение эффективности работ по предотвращению аварийных ситуаций при недропользовании, результаты исследований в области геомеханики внедрены в «Методические указания по проведению мониторинга на геодинамических полигонах при эксплуатации месторождений нефти и газа».

Результаты теоретических и методических разработок по геомеханическому обеспечению недропользования прошли практическую проверку и внедрение путем организации мониторинга за деформационными процессами на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых (Высокогорское железорудное месторождение, Высокогорский ГОК) и нефти (Красноленинское нефтяное месторождение, «ТНК-Нягань»). Результаты мониторинга обеспечивают эффективность и полноту извлечения полезного ископаемого и безопасность объектов недропользования и населения в области влияния горных разработок.

По направлению геоэкологическое обеспечение.

Выполнен анализ состояния горных работ и технологии добычи рудных полезных ископаемых, выделены основные проблемы открытой, подземной и комбинированной геотехнологии и общие направления их решения. Обзор состояния компьютерных технологий при проектировании разработки рудных полезных ископаемых показал, что применяемые в настоящее время методы оптимизации технологии горных

работ часто не состоятельны при решении комплексных проблем из-за необходимости упрощения и схематизации реальных задач. Несмотря на длительный период развития теории оптимального проектирования горных предприятий, практически отсутствует математическое обеспечение для решения задачи научного обоснования подземной и комбинированной геотехнологии.

Анализ показал, что в РФ имеется достаточно большой набор узкоспециализированных программ по каждому процессу горного производства. Так, например, российская ГИС Mineframe, позиционируемая как средство решения большинства задач планирования и проектирования горных работ, не рассматривает подземный рудник, во-первых, как объект вообще, а во-вторых, как целостную организационную систему. Практически отсутствуют программные продукты, описывающие подземную и (или) комбинированную геотехнологию разработки рудного месторождения в целом, с позиций системного подхода, что особенно важно при ее научном обосновании и выборе для проектирования.

Выполнено прогнозирование перспектив развития стратегически важных (в соответствии со ст. 13 Модельного кодекса «О недрах и недропользовании для государств-участников СНГ») рудников Сибири и Дальнего Востока до 2025 г. Установлено, что величина разведанных запасов полезных ископаемых Сибири и Дальнего Востока позволяет создать на их основе мощную минерально-сырьевую базу Российской Федерации. При этом крайне необходима разработка новой государственной политики по минерально-сырьевым вопросам, предусматривающей комплекс идеологических, организационных, финансовых и иных мер на основе приоритетного государственного финансирования геологических исследований с комплексом мер по защите интересов России.

Разработана методология обоснования способа разработки месторождений, основанная на всестороннем анализе и учете горно-геологических, горнотехнических, геомеханических, экологических и экономических факторов. Приведены методики геолого-технологического-экологической оценки экономического потенциала и способа освоения месторождений (открытый, подземный, комбинированный) с учетом комплексности использования добываемого полезного ископаемого, позволяющие определить области их применения. Приведен пример определения экономической эффективности разработки медно-цинкового месторождения в зависимости от основных геолого-экономических факторов, не зависящих от технологии ведения горных работ – цены металлов на Лондонской бирже металлов, курса американского доллара к рублю, содержания основных компонентов в балансовых запасах.

Установлены направления развития схем вскрытия и геотехнологии при освоении стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока. При этом проведена систематизация месторождений в зависимости от условий, определяющих схемы вскрытия и геотехнологии их освоения. Определены перспективные схемы вскрытия и технологии открытой и подземной разработки для типичных групп месторождений. Сформулированы цели и задачи моделирования горных объектов. Разработана экономико-математическая модель выбора рационального и эффективного варианта вскрытия месторождения, на основе которой возможна разработка соответствующей компьютерной программы.

Проведено обследование технико-экономического состояния (в части геотехнологии) объектов недропользования, на основе которого дан анализ современного состояния стратегически важных железорудных объектов недропользования, разрабатываемых открытым и подземным способами, оценены перспективы создания новых предприятий с целью освоения стратегически важных месторождений Сибири и Дальнего Востока.

Дано определение манипулирования горно-геологической информацией как сбор, обработка (структурирование) и хранение определенных сведений об объекте, служащих основой (исходными данными) моделирования с целью получения новых знаний о горном объекте. На основе разработанной экономико-математической модели выбора рационального и эффективного варианта вскрытия месторождения составлена соответствующая компьютерная программа на языке *Microsoft Excel*. Манипулирование горно-геологической информацией осуществляется: группированием исходных данных по виду (роду) – геологическая, горнотехническая, технологическая, экономическая информация – в соответствующих блоках-таблицах исходных данных, являющихся изменяемыми параметрами; формированием блоков-таблиц нормативных исходных данных, являющихся неизменяемыми параметрами; созданием расчетных блоков-таблиц, отображающих результаты расчетов.

Разработан экспресс-метод определения углов наклона рабочих бортов глубоких карьеров. В качестве источника исходной информации использованы аналитические зависимости углов наклона рабочих бортов и скорости понижения горных работ от определенных факторов. Вследствие необходимости сокращения большого количества (сотен и тысяч) вариантов для поиска оптимальных решений на основе этих зависимостей они были преобразованы в компактные статистические модели. Данные модели, разработанные на основе манипулирования исходной информацией, позволяют определять в оперативном режиме наиболее целесообразные параметры и показатели

формирования рабочей зоны глубоких карьеров во всей их взаимосвязи в зависимости от исходных требований.

Разработана методика манипулирования горно-геологической информацией для повышения эффективности использования энергии взрыва при разрушении горных пород на карьерах. Суть методики заключается в поэтапном исследовании физико-механических свойств горных пород в процессе проектирования технологических взрывов. На первом этапе по геологической документации производится геометризация пород карьера и в подготавливаемом блоке определяется их категории буримости и классы взрываемости. На втором этапе осуществляется уточнение крепости горных пород в блоке методом сейсмометрии согласно методике ИГД УрО РАН, и производится расчёт первоначальных параметров БВР. На третьем этапе по измеренным данным бурения взрывных скважин (осевому усилию, частоте вращения, скорости бурения, мощности вращателя по каждому метру скважины) уточняется фактическая крепость горных пород в блоке, и по каждой скважине определяется рациональный вес заряда ВВ.

Проведены патентные исследования в направлении развития комбинированных способов разработки полезных ископаемых, разработки полезных ископаемых в условиях вечной мерзлоты, разработки кимберлитовых месторождений по системам с обрушением руды и вмещающих пород. В рамках направления патентного поиска - повышение полноты извлечения полезного ископаемого из недр - для условий комбинированной разработки медно-цинковых месторождений разработан и запатентован способ подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов (патент на изобретение № 2385956), позволяющий повысить рентабельность освоения месторождения и существенно снизить отчуждение земель под размещение отвалов отходов горно-обогатительного производства.

Предложена методика целенаправленного поиска и генерирования вариантов последовательности отработки, освоения и разведки месторождений, а также общий порядок принятия решений при формировании таких стратегий. Разработана схема комплексных геолого-технологического-экономических исследований при освоении и развитии МСБ труднодоступных регионов. При обосновании очередности вовлечения в разработку месторождений предложена и апробирована ранжировка месторождений по степени предпочтительности вовлечения их в эксплуатацию, позволяющая осуществить предварительную оценку и отбраковку значительного числа вариантов. Сформулирован подход к выполнению некоторой последовательности экспресс-расчетов, включающий необходимость формулирования основных правил построения модели горного предприятия при отработке месторождения, разработке регламента расчетов, при которых

четко выделяются содержательные этапы вычислений – порождающих, ограничивающих и реализующих.

Установлено, что экономически допустимое снижение объемов дополнительного разноса бортов, необходимого для размещения вскрывающих выработок при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины, обеспечивается за счет дифференцированного по глубине карьера повышения их уклонов на основе учета кривизны бортов, глубины расположения выработок с повышенным уклоном и объемов горной массы, обрабатываемых с применением этих выработок. Наиболее целесообразной системой разработки глубокозалегающих месторождений ограниченной длины с внутренним отвалообразованием, обеспечивающей максимальную экономию (уменьшение) объемов вскрышных работ, является углубочная система со сложной ступенчатой схемой внутреннего отвалообразования.

Предложена классификация вариантов вскрытия подземных запасов при комбинированной разработке месторождения. В основу разделения на классы положено свойство, характеризующее способ вскрытия – тип главных вскрывающих выработок, на группы – принято свойство, характеризующее схему вскрытия – место заложения главных вскрывающих выработок: дневная поверхность или карьер. Разделение на варианты внутри групп производится по признаку – тип вспомогательных вскрывающих выработок.

Установлено, что целью инновационного развития горнорудного комплекса является: 1) повышение производительности труда и достижение мирового уровня; 2) сокращение энергоемкости производства с перспективой выхода к 2020 г. на лучшие мировые достижения; 3) создание новых рабочих мест; 4) рациональное природопользование и комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов; 5) освоение выпуска новых разработок, востребованных на рынке товаров и услуг. Задачей инновационного развития является увеличение выпуска конкурентоспособной и экспортоориентированной продукции горнодобывающей и металлургической промышленности, обеспечение среднегодовых темпов роста в размере 2-4 %, повышение производительности труда к 2020 году по сравнению с 2010 годом в 1,2- 1,5 раза.

Установлено, что при экономико-математическом моделировании вскрытия с использованием разработанной компьютерной программы, актуализация модели осуществляется путем формирования новых расчетных вариантов внесением в блоки-таблицы исходных данных новых значений изменяемых параметров в установленном диапазоне с принятым шагом их изменения. ЭММ вскрытия медного месторождения Сибири показало, что вариант вскрытия автотранспортным уклоном более эффективен (на

6-20%) по сравнению с вертикальными стволами по капитальным затратам во всем диапазоне изменения рассмотренных горно-геологических факторов.

Разработаны научно-методические материалы по выбору систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения при разработке рудных месторождений полезные для использования в образовательных учреждениях горно-технологического профиля с целью повышения уровня образования студентов, приобретения ими навыков исследовательской работы в области «подземная геотехнология разработки рудных месторождений полезных ископаемых».

Наиболее сложной и трудоемкой задачей методики выбора систем подземной разработки с учетом качественных и количественных показателей извлечения является определение интегральных показателей эффективности – удельных затрат на добычу и обогащение, извлекаемой ценности и прибыли, на величину которых действует более 30 управляющих технологических, горно-геологических и экономических факторов. Это предопределило применение экономико-математического моделирования на ЭВМ. Разработана специальная программа расчета на ЭВМ эффективного варианта этажно-камерной системы разработки с закладкой и применением предохранительных целиков с учетом потерь и разубоживания.

На основании разработанной и традиционной методик проведена технико-экономическая оценка полученных результатов исследований при внедрении в технологические объекты недропользования Сибири и Урала. Результаты оценки показывают, что внедрение в производство технических решений, разработанных в рамках выполнения данной НИР, позволяет получить весьма существенный экономический и экологический эффект.

В качестве основных критериев оценки целесообразности и допустимости реализации любого проекта или применения технологии является приоритет экономической эффективности. При проведении технико-экономической оценки могут быть использованы методы оценки эффективности инвестиций основанные на дисконтировании, данная группа методов более привычна при оценке инвестиций в горное производство.

Выполненный анализ методик оценки экономической эффективности показывает недостаточность и неполноту учета эколого-экономического эффекта наблюдающегося при применении технологий имеющих как прямой, так и сопряженный экологический эффект. Эколого-экономический эффект может составить до 25 % от общего экономического результата освоения участка недр в результате своевременного

применения в технологическом процессе технологии по переработки и утилизации техногенных отходов.

Предложена методика технико-экономической оценки технологических решений, учитывающая эколого-экономическую эффективность применения технологии имеющей сопряженный экологический эффект, выражающийся в комплексности извлечения полезного компонента и закладки выработанного пространства. В современных условиях при оценке экономического ущерба целесообразно использовать общепринятую процедуру дисконтирования, но со сниженной ставкой дисконта (2-3) %.

Применение системы разработки месторождения с закладкой выработанного пространства и использование ресурсного потенциала в виде образовавшихся в процессе выемки полезного ископаемого техногенных пустот способствует формированию экономия на платежах за загрязнение окружающей среды за счет привлечения пустых и вмещающих пород в качестве закладочного материала.

Практическая проверка решений, разработанных в рамках данной НИР, проведена при проектировании разработки объектов недропользования Урала и Сибири: Шеинский карьер известняков, Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение, Кыштымское месторождение гранулированного кварца (Урал), кимберлитовая трубка «Удачная» (Саха-Якутия).

Результаты внедрения полученных в рамках данной НИР результатов исследований в проекты освоения месторождений и непосредственно на предприятиях горно-промышленного комплекса Урала, Сибири и Дальнего Востока - руднике «Удачный» АК АЛРОСА, Кыштымском ГОКе, Малышевском РУ и Шеинском карьере известняков показали высокую эффективность разработанных технических решений. Суммарный потенциальный эффект может составить более 800 млн. руб.

По результатам выполненных исследований защищено три кандидатских диссертации и представлена к защите одна докторская диссертация.