

УДК 622. 834 (043)

На правах рукописи

**МЕНАЯКОВ КАНАТ ТУГЕЛЕВИЧ**

**Обоснование методики прогнозирования параметров  
сдвижения горных пород при комбинированном  
способе разработки месторождений**

25.00.16 – Горнопромышленная и нефтепромысловая геология,  
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете  
имени К.И.Сатпаева (КазНТУ)

Научный руководитель: доктор технических наук Нурпеисова М.Б.

Официальные оппоненты: доктор технических наук Т.П.Пентаев  
кандидат технических наук Б.Т.Толеуов

Ведущая организация: **Карагандинский государственный  
технический университет (КарГТУ)**

Защита состоится 22 сентября 2010г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 14.61.23 при КазНТУ имени К.И.Сатпаева по адресу: 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, корпус ГМК, ауд.244; телефон: 8(727) 257 71 56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазНТУ имени К.И.Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, корпус ГМК.

Автореферат разослан «\_\_\_» августа 2010г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направить на адрес диссертационного совета.

Факс: 8 (727) 292 64 37, телефон 8 (727) 257 71 56

Ученый секретарь  
Диссертационного совета, д.т.н.

Ж.Д.Байгурин

## Введение

**Актуальность проблемы.** В настоящее время золотодобывающая отрасль Казахстана испытывает ряд трудностей, связанных с тем, что из недр республики в большей степени извлечена значительная часть запасов, залегающая в наиболее благоприятных геолого-экономических условиях, а оставшаяся (около 45%) расположена на глубоких горизонтах месторождения Акбакай, Васильковский и др.. Вновь вводимые в эксплуатацию месторождения не могут в полной мере компенсировать убывающие объемы добычи золота на этих предприятиях, поскольку характеризуются значительно худшими качественными показателями запасов. Вследствие этого для обеспечения стабильной и высокоэффективной работы золотодобывающей промышленности требуется переход от открытого способа к подземному.

В отечественной и зарубежной практике разработки месторождений полезных ископаемых все большее применение находит комбинированная (открыто-подземная) технология разработки. Разнообразие условий залегания рудных тел, их размеров и форма, а также горно- и гидрогеологические особенности требует индивидуальных технических решений и надежных геомеханических обоснований параметров сдвижения горных пород на всю глубину разработки с учетом охраны недр и окружающей среды.

Для эффективной и безопасной добычи золотосодержащих рудных тел необходимо исследовать воздействия природных и горнотехнических факторов на развитие деформационных процессов, что позволит прогнозировать параметры сдвижения. Остается также нерешенным вопрос наличия научно-обоснованной нормативной и методической базы охраны сооружений от вредного влияния горных разработок. Тем самым подтверждена важность и актуальность геомеханического обоснования и прогнозирования параметров сдвижения, как основы повышения безопасности ведения горных работ и эффективности добычи полезных ископаемых.

Исследования выполнялись на кафедре «Маркшейдерского дела и геодезии» в соответствии с планом НИР по темам: № 158 от 01.07.2005г «Закладка станции и проведение наблюдений на нижних горизонтах рудника Акбакай» и № 735 от 01.09.2008 г «Внедрение приборов нового поколения в Акбакайский ГМК».

**Целью работы** является обоснование методики прогнозирования параметров сдвижения горных пород при комбинированной (открыто-подземной) разработке рудных месторождений для повышения безопасности ведения горных работ и эффективности добычи полезных ископаемых в целом.

**Идея работы** заключается в комплексном использовании горно-геологических показателей с учетом деформированного состояния горного массива при прогнозировании параметров сдвижения для разработки подкарьерных запасов подземным способом.

**Объекты исследований** – скально-трещиноватые породы месторождения Акбакай, обрабатываемые открыто-подземным способом разработки.

**Предметом исследований** являются геомеханические процессы в массиве, сложенных трещиноватыми породами.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- установление факторов, влияющих на процесс сдвижения горных пород и земной поверхности при комбинированном способе разработки месторождений и выявление закономерностей изменения состояния массива под воздействием горных работ;

- анализ и оценка взаимодействия открытых и подземных горных работ с позиции установления параметров сдвижения горных пород и земной поверхности;

- разработка методики контроля за изменением геомеханического состояния массива, включающей: методы наблюдений за развитием деформационных процессов, методы анализа и прогнозирования угловых параметров сдвижения скально-трещиноватых пород.

**Методы исследований** включают анализ и обобщение теоретических исследований процесса сдвижения в различных геологических условиях отработки месторождений, систематизацию мирового опыта применения комбинированной разработки золоторудных месторождений, экспериментальные исследования в лабораторных и шахтных условиях, аналитические расчеты, обработка результатов наблюдений методами математической статистики и компьютерной техники, и методики прогнозирования параметров сдвижения.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. При комбинированной разработке в массиве горных пород образуются две области и 8 зон, отличающихся характерными угловыми параметрами, только для этих зон.

2. Изучение структурных особенностей и свойств пород массива позволяет не только получить полную информацию о состоянии массива, но и установить зависимости их изменения от глубины ведения горных работ, способствующие прогнозу параметров зон сдвижения.

3. Установленные зависимости углов сдвижения от структурных особенностей, прочностных свойств горных пород и от степени подработанности месторождения позволят прогнозирование угловых параметров сдвижения для разработки подкарьерных запасов.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов** подтверждаются натурными наблюдениями за процессом сдвижения; большим объемом лабораторных и натуральных экспериментов; достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований (надежностью 0,97); полученными положительными результатами внедрения разработанных методических рекомендаций в производственных условиях.

**Научная новизна работы:**

1. Установлено, что по характеру и степени техногенного преобразования месторождений при комбинированной геотехнологии их освоения в деформирующемся массиве горных пород выделены две области и 8 зон, отличающихся характерными параметрами, позволяющие установить закономерности процесса сдвижения.

2. Установлены зависимости углов падения систем трещин и прочностных свойств пород от глубины горных разработок, позволяющие прогнозировать изменения геомеханического состояния массива горных пород.

3. Разработана методика прогнозирования угловых параметров сдвижения на основе установленных эмпирических зависимостей, учитывающих влияние горно-геологических факторов на процесс сдвижения.

**Научное значение работы** заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании методов прогноза параметров сдвижения, базирующихся на совокупном учете влияния основных горно-геологических факторов.

**Практическая значимость работы** состоит в разработке и внедрении в производство нормативных документов по организации и проведению геомеханического мониторинга при совмещении открытых и подземных работ и применению при этом приборов нового поколения на месторождении Акбакай.

**Личный вклад автора** состоит в постановке цели и задачи исследования, проведение геомеханического мониторинга на рудниках, теоретических и аналитических исследований, разработке методики прогнозирования угловых параметров сдвижения и внедрении результатов в производство.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследований положены в основу 7 нормативно-технических документов: «Методические рекомендации по организации и проведению геомеханического мониторинга при совмещении открытых и подземных работ на месторождении Акбакай» и «Методические указания по внедрению в производство приборов нового поколения и ГИС-технологий». Результаты работы также используются в учебном процессе КазНТУ им.К.И.Сатпаева при чтении специальных курсов и проведении НИРС и магистрантов.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на: VII междуна. конф. «Новые идеи в науке о Земле» (Москва, 2005г.); VII междунаучн. конф. «Деформирование и разрушение горных пород и выработок» (Крым, Алушта, 2006 г.); междунаучн. конф. молодых ученых «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, ИПКОН РАН, 2008 г.); междунаучн. конф. «Наука и образование - ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Караганда, 2009 г.).

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе в рекомендованных Комитетом по контролю и аттестации в сфере науки и образования МОН РК изданиях 5, в рудах международных конференций 5 и 2 нормативно-технических документах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, приложений и содержит 130 стр., 38 рисунков, 17 таблиц, списка использованных источников из 115 наименований.

## **Основное содержание работы**

В первом разделе дан обзор литературных источников, посвященных современному состоянию изученности геомеханических процессов при комбинированном способе разработки рудных месторождений и методам прогнозирования параметров сдвижения горных пород. В настоящее время

можно считать установленным, что основными факторами, определяющими характер и величины деформирования земной поверхности и горных пород, являются прочностные свойства и структурные особенности массива, его напряженное состояние, глубина работ, системы разработки, размеры и углы падения рудных тел. Значительный вклад в дело изучения степени влияния различных факторов на развитие геомеханических процессов на рудных месторождениях внесли ученые С.Г.Авершин, А.Г.Акимов, И.М.Бахурин, В.И.Борщ-Компониец, Ж.С.Ержанов, М.А.Иофис, Ф.К.Низаметдинов, И.А.Петухов, Ю.Л.Юнаков и др. В последние десятилетия при освоении месторождений открытым способом наблюдается тенденция увеличения глубины разработки, что в большинстве случаев приводит к нерентабельности дальнейшей отработки запасов этим способом. Поэтому в качестве альтернативного решения при отработке глубоких горизонтов наиболее перспективной является комбинированная система разработки. При выборе технологии применения данного способа разработки одним из основных факторов, влияющих на эффективность и безопасность, является соответствие выбранных параметров сдвижения геомеханическому состоянию породного массива.

Научные изыскания и практические разработки в области изучения процесса сдвижения в условиях комбинированного способа разработки месторождений базируются на исследованиях К.Н. Трубецкого, А.А. Борисова, Д.М. Казикаева, Ю.А.Кашникова, М.В.Курлени, М.А. Иофиса, С.В.Кузнецова, В.Д.Слесарева, Г.И Черного и др.

Однако, несмотря на имеющиеся отдельные результаты исследований, в целом определение параметров сдвижения этих условиях выполняют традиционными методами без учета влияния карьера (провала). Описанная ситуация характерна для рудника Акбакай, на котором автором производились исследования процессов сдвижения земной поверхности и массивов горных пород в условиях влияния подрабатываемого карьера и провалов большой глубины.

Месторождение Акбакай относится к крутопадающему золоторудному жильному типу рудного тела, широтного простирания, мощностью 0,2-4,0 м. Протяженность рудных тел по простиранию находится в пределах 100-680 м. На месторождении в пределах Главной рудной зоны выделено 5 крутопадающих жил: Главная, Тукеновская, Октябрьская, Фроловская, Золотая. Вмещающими породами являются гранодиориты с коэффициентом крепости  $f=14-16$ , березиты ( $f=11-14$ ), кварциты ( $f=16-18$ ).

Характерной особенностью месторождения Акбакай является отработка его жил в первую очередь открытым, с последующим переходом на подземные способы. Возможность процесса сдвижения горных пород на месторождении обуславливается тем, что при применяемой системе разработки выемка ведется отдельными блоками с магазинированием руды, выпуском межблоковых целиков и потолочин. При такой комбинированной системе разработки толща пород со стороны висячего бока по всему простиранию и на всю глубину теряет опору и вынуждена будет обрушаться, вызывая процесс сдвижения вмещающих пород. Задача определения границ влияния подземных

горных работ на земную поверхность в этом случае рассматривается как определение поверхности скольжения борта при углублении дна карьера.

Поэтому для решения целого ряда горнотехнических задач, методы расчетов должны быть скорректированы для данных условий, в частности следует учесть влияние природных и горнотехнических факторов, а также изменчивость значений прочностных свойств пород в пространстве и во времени и др. Несмотря на большое число исследовательских работ, вопрос прогнозирования параметров сдвижения в виду сложности и большого разнообразия горно-геологических особенностей месторождения, все еще полностью не решен.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих научных и практических задач, которые и определили содержание данной работы:

- установление факторов, влияющих на процесс сдвижения горных пород и земной поверхности при комбинированном способе разработки месторождений и выявление закономерностей изменения состояния массива под воздействием горных работ;
- анализ и оценка взаимодействия открытых и подземных горных работ с позиции установления параметров сдвижения горных пород и земной поверхности;
- разработка методики контроля за изменением геомеханического состояния массива, включающей: методы наблюдений за развитием деформационных процессов, методы анализа и прогнозирования угловых параметров сдвижения скально-трещиноватых пород.

Именно с этой позиции поставлена цель, обоснована идея и сформулирована структура диссертационной работы.

Во втором разделе рассматривается вопрос оценки и прогноза изменения состояния массива горных пород при открыто-подземной разработке месторождения Акбакай. Задача оценки геомеханического состояния в рассматриваемых условиях осложняется тем, что состояние массива зависит от множества влияющих факторов, а также при комбинированной разработке оно постоянно меняется в пространстве и во времени. Одним из этапов решения поставленной задачи является установление зон сдвижения в породном массиве, образующихся в нем под влиянием горных работ.

С целью определения характера и параметра сдвижения в 1990 году была заложена станция, состоящая из пяти профильных линий, охватывающих все рудоносные жилы и начаты наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности. Репера подземной наблюдательной станции были заложены на гор.+426 м жилы «Главная» в блоках №2, №3 и гор.+376 м Октябрьской жилы (рисунок 1). За пять лет наблюдений, деформаций земной поверхности (бортов и дна карьера) не достигли критических величин.

В течении 2000-2004 годы наблюдения на руднике не проводились. По производственной необходимости в 2005 году возобновились инструментальные наблюдения. Были восстановлены утраченные репера поверхностной наблюдательной станции и заложены репера в подземных горизонтах +336 м, +296м, т.е. на глубине горных работ 250-300 м. Работа по

закладке станции и сами наблюдения выполнялись в соответствии с инструкцией ВНИМИ.

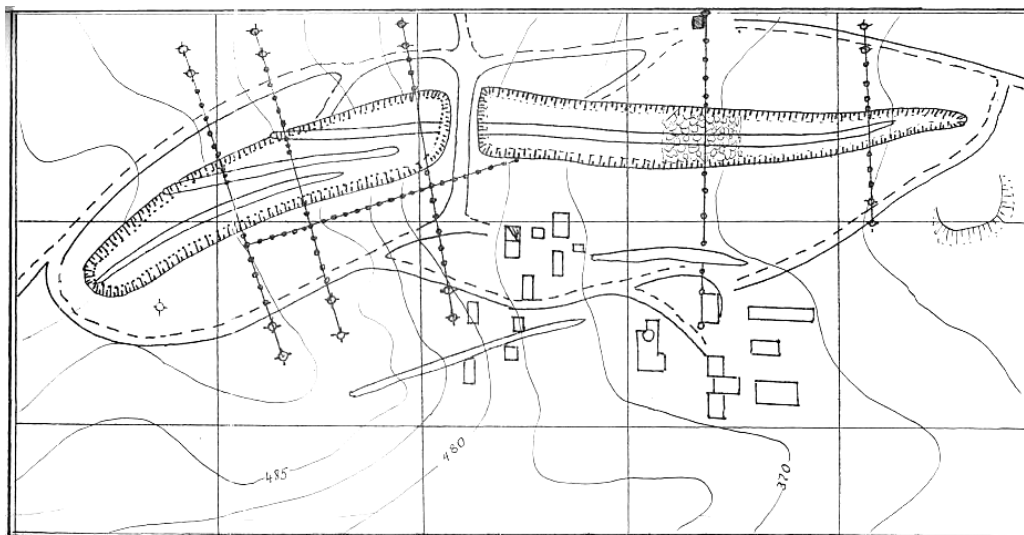


Рисунок 1 - План наблюдательной станции.

В процессе проведения наблюдений были усовершенствованы способы маркшейдерских наблюдений на профильных линиях. Наблюдения проводились с опорных пунктов, заложенных на бортах карьеров. Для повышения точности центрирования и оперативности измерения, нами произведено усовершенствование наблюдательного пункта (рисунок 2), а именно на поверхности существующей металлической плиты пункта была приварена новая другая металлическая плита со станковым винтом, что позволило обеспечить быстроту и точность центрирования, а также исключить применение штативов.

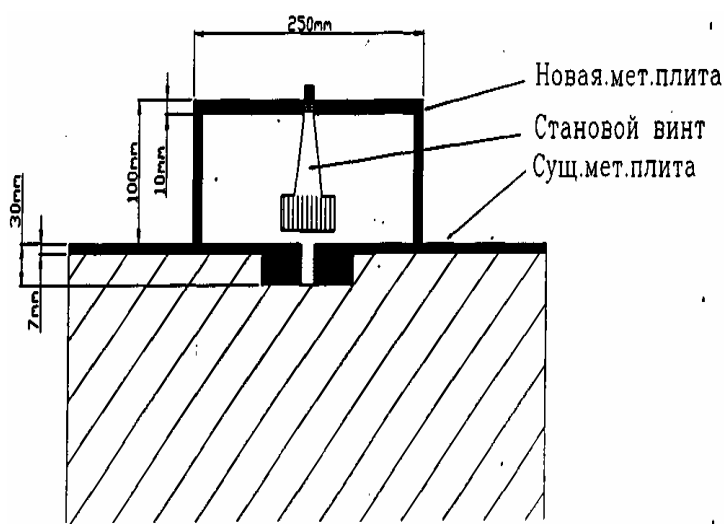


Рисунок 2 - Усовершенствованный наблюдательный пункт

Наблюдения за абсолютными деформациями горного массива проводились на профильных линиях наблюдательной станции приборами нового поколения. Повторные геодезические измерения проводились электронным тахеометром фирмы Leika TS110 в комплексе с отражателями,



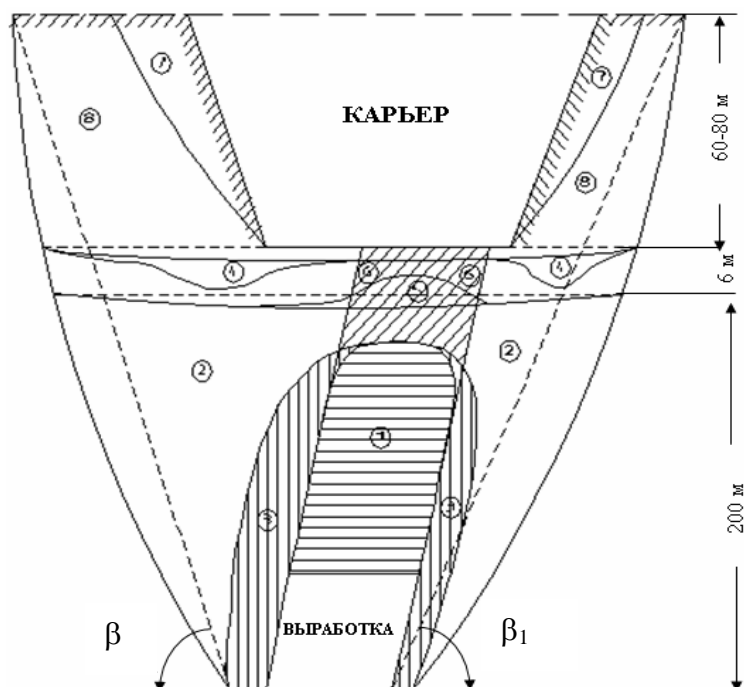
установленных на постоянной основе, а также лазерными рулетками в недоступных участках подземных выработок.

Динамика процесса обрушения происходила наиболее интенсивно с 2006 по 2008 годы, в период наибольшего развития очистных работ. Максимальные оседания земной поверхности (дна карьера) отмечены на профильной линии 2-2 над обрабатываемыми очистными камерами вдоль простирания рудного тела. Оседания отдельных реперов в 2009 г. превышали 400,0мм, а в сравнении с 1994 г. составляли 735,0мм. Камеральная обработка результатов съемки тригонометрического нивелирования использовалась система комплекса программы CREDO DAT. По каждой профильной линии составлены ведомости вертикальных и горизонтальных смещений реперов, а также графики сдвижения.

Широкое внедрение в последние годы в практику маркшейдерских работ электронных тахеометров, дает уникальную возможность не только определять параметры сдвижения горных пород быстро и точно, но и вести регулярные наблюдения за изменением этих параметров во времени. Проведенные исследования динамики развития процесса обрушения во времени, с учетом расширения площадей отработки рудной залежи на 2009 год показали, что максимальное оседание дна карьера в районе профильных линий 2-2 и 3-3 составляет более 700,0мм, а углы разрыва находятся в пределах:  $\beta''=85^\circ$ ;  $\beta''_1=87^\circ$ ;  $\delta''=70^\circ$ . Точность и достоверность многолетних маркшейдерских наблюдений подтверждаются наличием большого объема материалов. Инструментальные наблюдения характеризовались предельной точностью полигонометрических и нивелирных ходов. По результатам 2008 года средняя квадратическая погрешность составила:  $f_x=0,005$  м;  $f_y=0,01$  м;  $f_L=0,012$ ;  $f_{отн.}=1/3800$  м;  $f_n=2,8$  мм.

На основании полученных данных проведена оценка геомеханического состояния массива горных пород над выработанным пространством, и определено изменение устойчивости горных пород под влиянием на них горных работ и устанавливаются высоты зоны сквозных трещин.

На основе известных закономерностей и механизма деформирования породного массива, классических схем сдвижения горных пород при открытой и подземной разработке, комплексных инструментальных наблюдений, проводимых в различных горно-геологических условиях, а также с учетом опыта ведения горных работ на аналогичных рудниках, составлена схема сдвижения горных пород при комбинированной разработке Акбакайского месторождения. В ней выделено две области: *разгрузки* и *повышенного горного давления*, и 8 зон, отличающихся характерными, свойственными только для этих зон особенностями (рисунок 3). Область разгрузки разделена на зоны, характеризующиеся различной степенью нарушения массива: обрушения, сквозных и локальных трещин. Обрушение пород кровли происходит после того, как будет превышен предел прочности пород и на растяжение, и на сжатие, вследствие чего массив разбивается на блоки системой сквозных трещин.



Зоны: 1- обрушения; 2- плавного прогиба; 3 – предельного напряженного состояния; 4, 5, 6 - растяжения и сжатия в подкарьерном слое; 7- оползневая призма; 8 - прибортовой массив; А-Б – линия, разделяющая 7 и 8 зоны – поверхность скольжения.

Рисунок 3- Схема зон сдвижения при комбинированной открыто-подземной обработке месторождения Акбакай.

Для выполнения этих условий, необходимо чтобы трещины в зоне растяжения достигли своего максимума, т.е. величины  $0,9h$  ( $h$  - мощность изгибающегося слоя), а также разрушился участок слоя равный  $0,1h$ , расположенный в зоне сжатия пород. На основании описанного механизма разрушения слоя получено условие, при котором происходит обрушение пород кровли разрабатываемого слоя. Это условие записывается в виде:

$$\frac{(\varepsilon_p - \varepsilon_{кр,p}) \cdot 0,9}{\varepsilon_p} + \frac{(\varepsilon_{сж} - \varepsilon_{кр,сж}) \cdot 0,1}{\varepsilon_{сж}} = 0,9 \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{сж}$  и  $\varepsilon_p$  - относительные горизонтальные деформации сжатия и растяжения;  $\varepsilon_{кр,сж}$  и  $\varepsilon_{кр,p}$  - величины деформаций сжатия и растяжения, при которых происходит нарушение сплошности горных пород;  $r$  - расстояние от нейтральной линии до поверхности слоя, принятое на основании многочисленных исследований равным  $0,9h$ , что обусловлено тем, что предел прочности горных пород на сжатие значительно больше такового предела на растяжение. После подстановки в это выражение  $\varepsilon_{кр,p} = 0,005$  для условий разработки Акбакайского месторождения, с учетом (как показали многочисленные исследования), что  $\varepsilon_p = \varepsilon_{сж}$  и  $\varepsilon_{кр,сж} = (10-20)\varepsilon_{кр,p}$  и преобразования (1) относительно величины высоты зоны обрушения получается, что она равна  $M' = 4,2m$  ( $m$  - вынимаемая мощность слоя). Данный результат соответствует принятой в практике горного дела высоте зоны обрушения равной  $(3-6)m$ , что

подтверждает правомерность применения рассмотренной методики определения границ зон.

В третьем разделе изложены результаты исследований структуры массива, определения прочностных свойств и прогноза изменения геомеханического состояния массива горных пород. В настоящее время для специалистов горнорудной промышленности становится все более ясным, что решение таких вопросов, как устойчивость бортов карьеров, давление и сдвигание горных пород под влиянием подземных разработок, независимо без учета структурных особенностей массива. Большую работу, связанную с трещинной тектоникой проделали казахстанские ученые-геомеханики: А.Ж.Машанов, Ж.С.Ержанов, Б.Р.Ракишев, И.И.Попов, Р.П.Окатов, Т.Т.Ипалаков, А.Курманкожаев, Ф.К.Низаметдинов, Т.Пентаев, Б.Толеуов, Ю.И.Чабдарова и др. Учениками А.Ж.Машанова разработана методика комплексного изучения структурных особенностей и физико-механических свойств пород и учета их при оценке устойчивости карьерных откосов и определении параметров процесса сдвигания. На основании этой методики на руднике Акбакай проведена съемка трещин методом массовых замеров на карьере и в подземных выработках. При изучении трещиноватости использованы личные наблюдения автора. В результате обработки данных съемки трещиноватости получены: карта трещиноватости; диаграмма трещиноватости по месторождению; диаграммы трещиноватости по горизонтам (рисунок 4) и по породам отдельности; полигональные кривые.

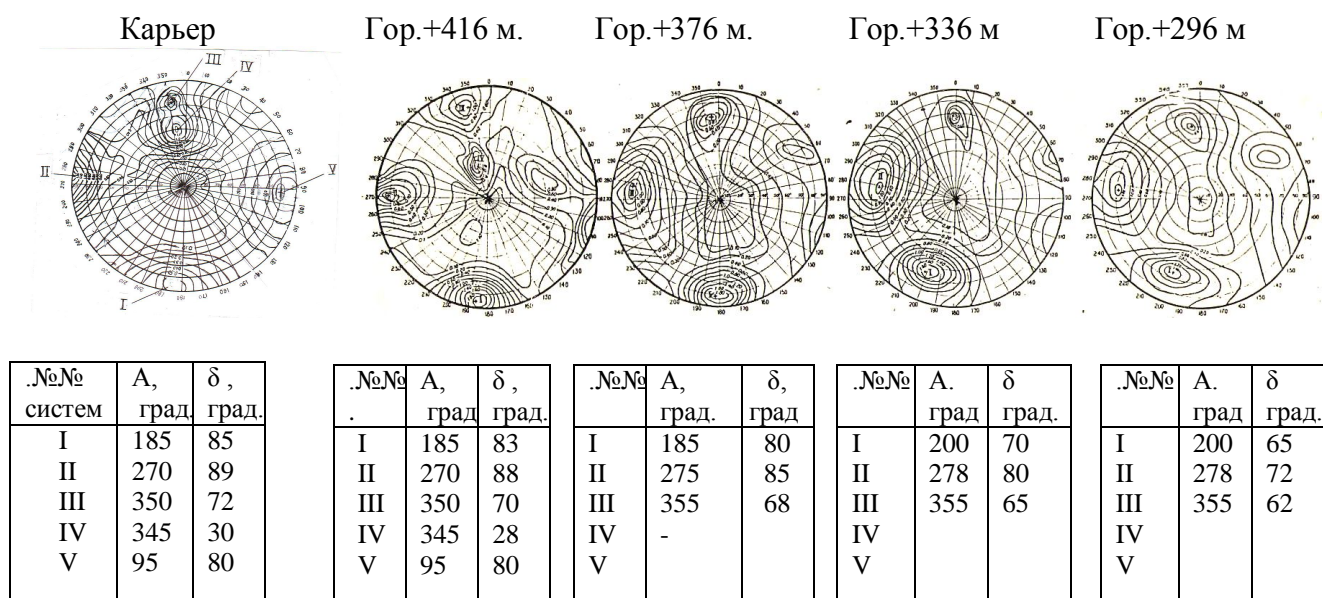


Рисунок 4 - Диаграммы трещиноватости горных пород месторождения Акбакай по горизонтам

По диаграмме трещиноватости месторождения выявлены системы основных трещин, которые влияют на процесс сдвигания. Из диаграммы видно, что с увеличением глубины отработки интенсивность трещин горных пород уменьшается, следовательно, на процесс сдвигания будут оказывать влияние те системы трещин, которые прослеживаются с поверхности до интересующей

глубины. Установлено, что на руднике Акбакай углы сдвижения горных пород равны углам падения систем трещин, т.е. при образовании провалов и воронок на дне карьера углы разрыва приближаются к величине  $90^{\circ}$  а при образовании трещин на земной поверхности углы разрыва близки к величине  $45+\rho/2$ . Это видно из диаграммы трещиноватости (рисунок 4), где углы падения систем трещин на карьере крутые, а нижележащих горизонтах – пологие. Следовательно, по мере углубления горных работ сдвижения произойдет под более пологим углом.

Результаты изучения трещиноватости горных пород на месторождении позволили получить графо-аналитические зависимости изменения углов падения трещин от глубины их залегания (рисунок 5 и таблица 1).

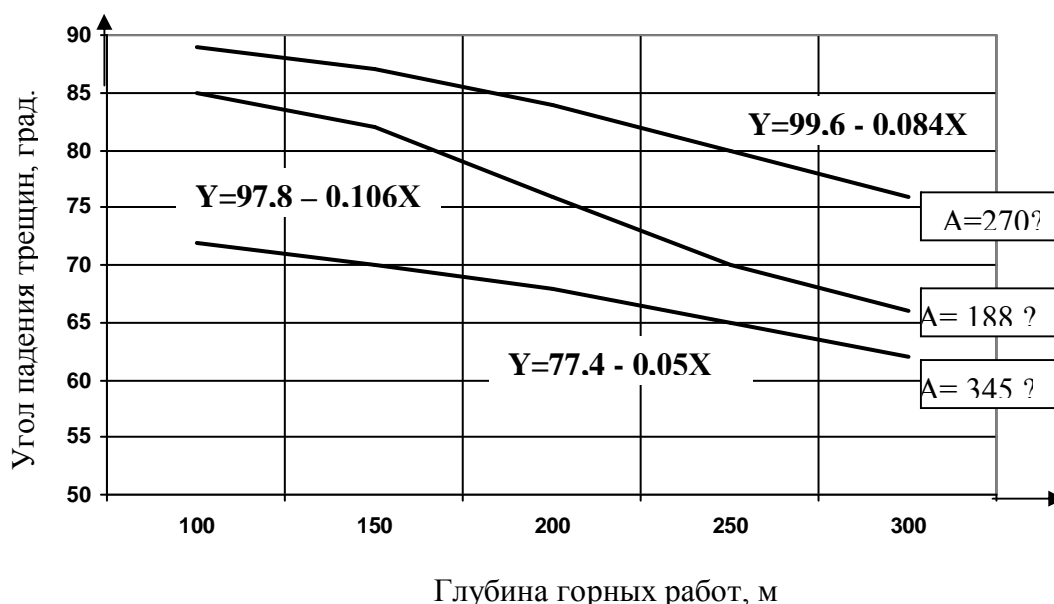


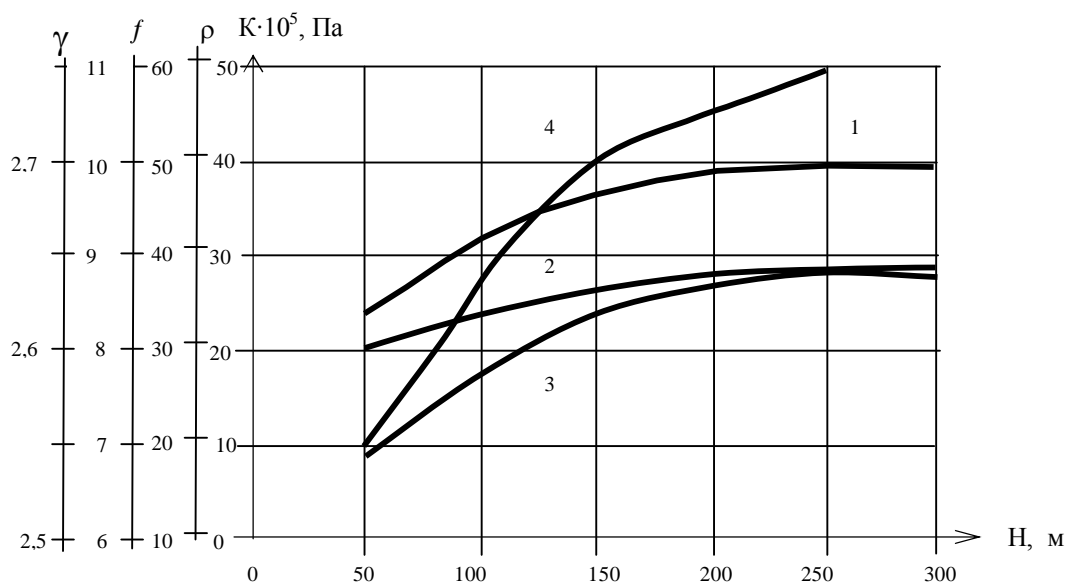
Рисунок 5 – Изменение углов падения систем трещин с глубиной их залегания

Таблица 1 – Уравнения связей углов падения трещин с глубиной их залегания

Исследуемая величина угол падения трещин - $\delta$	Уравнение	№№ формул	Величина достоверн.	Пределы действия
При азимуте простирания трещин A = 270?	$\delta = 99,6 - 0,08 H$	(2)	0,92	$500 \leq H \leq 125$
При азимуте простирания трещин A = 185?	$\delta = 97,8 - 0,10 H$	(3)	0,88	$500 \leq H \leq 100$
При азимуте простирания трещин A = 345?	$\delta = 77,4 - 0,05 H$	(4)	0,90	$500 \leq H \leq 125$

К важнейшим факторам, определяющим геомеханическое состояние массива, относятся прочностные свойства пород. Исследование физико-механических свойств горных пород выполнено методом лабораторных испытаний образцов пород и косвенными методами. В лабораторных условиях проведены испытания на растяжение, одноосное сжатие, и на определения упругих характеристик.

С целью отыскания общих закономерностей изменчивости прочностных свойств пород в массиве, методом математической статистике и корреляционного анализа обобщены данные свойств вмещающих пород месторождения Акбакай и установлены графо-аналитические зависимости между плотностью, сцеплением, крепостью пород и глубиной залегания (рисунок 6 и таблица 2).



1-сцепление - k; 2- угол внутреннего трения ρ; 3- крепость- f; 4- средняя плотность γ.

Рисунок 6 – Зависимость прочностных свойств порфиристов месторождения Акбакай с глубиной их залегания

Таблица 3 – Уравнения связей свойств пород с глубиной их залегания

Исследуемая величина	Уравнение функций	№№ формул	Величина достоверн.	Пределы действия
Сцепление по трещине k, Па*10 <sup>5</sup>	$k = 14,5 + 0,2H - 0,0004H^2$	(5)	0,88	300 < H < 50
Угол внутреннего трения ρ, градус	$\rho = 25,5 + 0,1H - 0,0002H$	(6)	0,90	250 < H < 50
Крепость пород f	$f = 6,15 + 0,018H - 0,00003H^2$	(7)	0,89	300 < H < 50
Плотность породы γ, т/м <sup>3</sup>	$\gamma = 2,36 + 0,0038H - 0,000008H$	(8)	0,88	250 < H < 50

Исходными данными для этого являются наименование пород, глубина их залегания и отдельные характеристики, как например, плотность пород и др., для определения которых не требуется трудоемких лабораторных исследований. Полученные зависимости и характеристики будут использованы при решении ряда технических задач на карьерах и подземном руднике для обобщения результатов инструментальных наблюдений и уяснения физической стороны процесса сдвижения.

В четвертом разделе изложена методика прогнозирования угловых параметров сдвижения. Прогнозирование параметров сдвижения горных пород основано на установленных зависимостях влияния на процесс сдвижения таких горно-технических факторов, как строение и крепость вмещающих пород, угол падения слоев пород, а также трещиноватость, глубина разработок, мощность рудного тела и т.д. Но установление этих зависимостей требует постановки многолетних инструментальных наблюдений, лабораторных испытаний, моделирование, теоретических исследований. И эти проблемы поставили перед нами задачу – разработать методику прогнозирования угловых параметров сдвижения, не прибегая к многолетним наблюдениям.

На рудных месторождениях величины углов разрыва и сдвижения зависят в основном от одних и тех же горно-геологических факторов. Вследствие этого, месторождения, для которых определены углы разрыва, не могут считаться неизученными. В этих случаях углы сдвижения следует определять по углам разрыва.

Предлагается методика прогнозирования угловых параметров процесса сдвижения, суть которой заключается в следующем: сначала определяются углы разрывов в зависимости от множества факторов, затем для прогнозирования углов сдвижения вводятся в них соответствующие поправки.

1. По результатам инструментальных наблюдений, проведенных на руднике Акбакай в 2005-2009 годы и изучения трещиноватости горных пород на гор.+336 м, гор.+296 м установлена новая графо-аналитическая зависимость между углами разрывов, глубиной горных работ и длины фронта горных (рисунок 7).

Эта зависимость выражается формулой:

$$\beta'' = 58,5 + 25 \cdot H / L, \quad (9)$$

где  $H$  - глубина горных работ,  $L$  - длина фронта разработки.

На основе данной зависимости углы разрыва можно определить не только для месторождения Акбакай, но и на других месторождениях с неизученным процессом сдвижения. Например, по рисунку 7 можно прогнозировать угол разрыва для условий:  $H=260$  м, где отработано 5 блоков по 50 м, т.е  $L=250$  м ( $H/L=1,05$ ). Следовательно, угол разрыва  $\beta = 85^{\circ}$ .

2. Величины углов сдвижения формируются при одновременном влиянии многих горно-геологических факторов. Среди этих факторов, прежде всего следует обращать внимание на строение толщи вмещающих пород. При слоистом строении пород и полной подработке земной поверхности величины углов сдвижения зависят в первую очередь от крепости и углов падения слоев вмещающих пород. Так, на основе произведенного детального анализа и обобщения материалов натурных наблюдений на рудниках (Молодежный, Аксай и Акбакай), а также нормативных документов по охране зданий и сооружений установлена графо-аналитическая зависимость углов разрывов -  $\beta''$  от крепости -  $f$  и углов падения слоев -  $a$  вмещающих пород (рисунок 8).

Эти зависимости выражаются формулами:

$$\beta'' = 81^{\circ} - 0,55\alpha + 0,007 \alpha^2, \quad \text{для } f \geq 10 \quad (10)$$

$$\beta'' = 70,2^{\circ} - 0,51\alpha + 0,006 \alpha^2, \quad \text{для } f \leq 10 \quad (11)$$

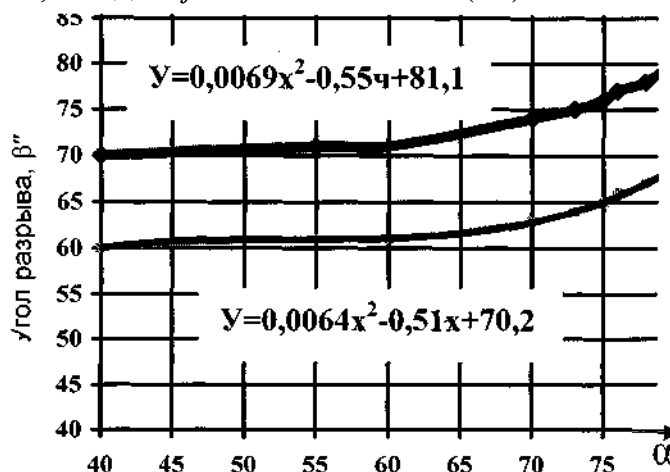
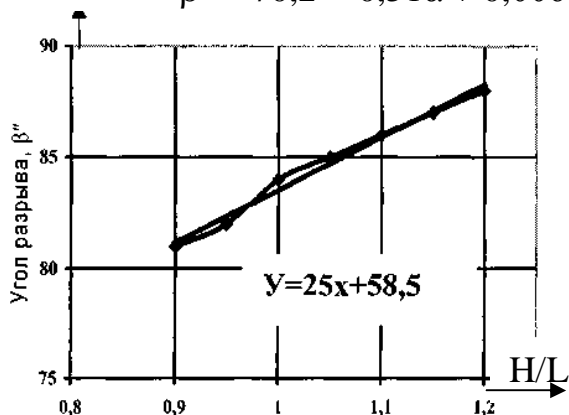


Рисунок 7- График зависимости углов разрыва от кратности подработки

Рисунок 8 - График зависимости углов разрыва от углов падения и крепости вмещающих пород

3. Во многих месторождениях, из-за безрудных участков и оставленных охранных целиков, а также сложности условий залегания пород, процесс сдвижения не развивается, и это затрудняет определение фактических параметров сдвижения. В таких условиях площадь выработанного пространства является частью площади всего месторождения, следовательно, возникает понятие степень подработанности -  $U$ .

Из анализа результатов исследований на руднике и обобщения данных инструментальных наблюдений месторождений Чулактау, получена зависимость поправок к углам разрыва  $\beta_i$ , от степени подработанности для месторождения Акбакай (рисунок 9). Зависимость выражается формулой

$$\beta = 52^{\circ} - 88,9 U_{\beta}'' + 44,4 U_{\beta}''^2 \quad (12)$$

4. Определение углов сдвижения при комбинированном способе разработки сложных и неизученных месторождений основано на установленных зависимостях влияния на процесс сдвижения ряда факторов. Для определения углов сдвижения рекомендованы следующие формулы:

$$\beta'' - \beta = \Delta\beta \quad \text{и} \quad \beta_1'' - \beta_1 = \Delta\beta_1 \quad (13)$$

где  $\beta''$ ,  $\beta_1''$  - углы разрывов висячего и лежачего боков пород, соответственно;  $\beta$ ,  $\beta_1$  - углы сдвижения,  $\Delta\beta$  и  $\Delta\beta_1$  - поправки к углам сдвижения.

Основываясь на данных более чем 50 профильным линиям на месторождениях «Молодежный», «Текели», «Жолымбет», «Аксу», «Акбакай» и др. получена графо-аналитическая зависимость поправки  $\Delta\beta$  от углов разрыва

(рисунок 10). Из графика видно, что зависимость  $\Delta\beta=f(\beta'')$  прямолинейная, т.е. выражается формулой

$$\Delta\beta = 0,37\beta'' - 12,3^{\circ} \quad (14)$$

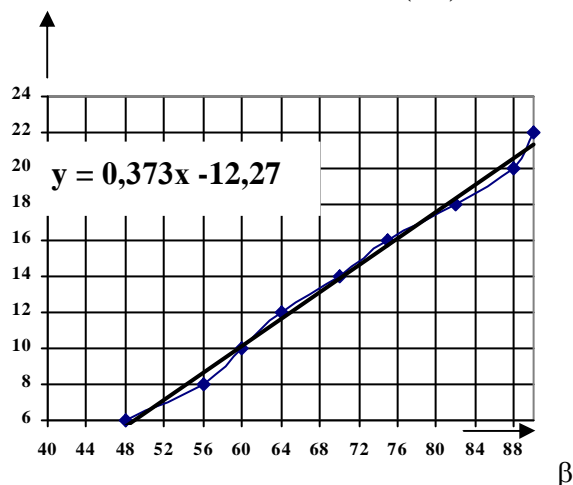
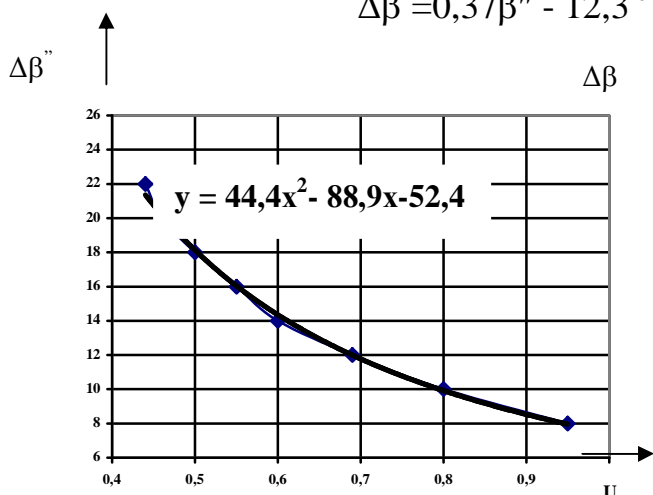


Рисунок 9 -График зависимости поправки углов разрывов от степени подработанности

Рисунок 10- График зависимости поправки к углам сдвижения от углов разрывов

Тогда угол сдвижения в висячем боку согласно формул (13) и (14) равен

$$\beta = 0,63\beta'' + 12,3^{\circ} \quad (15)$$

и угол сдвижения в лежащем боку определяется по формуле

$$\beta_1 = 0,75\beta_1'' + 6^{\circ} \quad \text{при } f \leq 10, \quad (16)$$

$$\beta_1 = 0,75 \beta_1'' + 10^{\circ} \quad \text{при } f \geq 10 \quad (17)$$

где  $f$  – коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протождяконова.

Полученные, для месторождения Акбакай, формула (13) может быть использована на других месторождениях при таких условиях: при слоевом строении вмещающих пород; при крутом падении рудных тел; при крепости пород  $f > 10$ ; при длине простирания больше, чем глубина разработки или при полной подработке.

Таким образом, установленные новые зависимости могут обеспечить потребности предприятий по прогнозированию углов сдвижения при разработке рудных месторождений с аналогичными горно-геологическими условиями залегания. Результаты исследования легли в основу разработанных методических рекомендаций, которые внедрены в производство в виде нормативных документов.

### Заключение

Диссертационной работе дано новое решение актуальной научно-технической задачи по прогнозированию параметров сдвижения при комбинированном способе разработки рудных месторождений, на основе установленных закономерностей деформирования массива, обеспечивающего безопасность и эффективность разработки месторождения в целом.

Основные выводы, научные и практические результаты работы заключаются в следующем:



1. Установлен характер влияния различных горно-геологических факторов на величину углов сдвижения. Основными факторами, оказывающими влияние на процесс сдвижения в данных геологических и горно-технических условиях является: трещиноватость, физико-механические свойства, глубина ведения горных работ и длина фронта подработки, а также крепость и угол падения слоев вмещающих пород.

2. Усовершенствован способ определения отметок рабочих реперов, относительно исходных, основанный на использовании электронного тахеометра, установленного на усовершенствованном геодезическом знаке, позволяющий получить с высокой точностью параметры сдвижения.

3. В результате проведенных исследований впервые установлено, что по характеру и степени техногенного преобразования месторождений при комбинированной геотехнологии их освоения, в деформирующемся массиве горных пород выделены две области и 8 зон, отличающихся характерными, свойственными только для этих зон особенностями, позволяющими прогнозировать параметры процесса сдвижения.

4. Установлены зависимости углов падения систем трещин и прочностных свойств пород от глубины горных разработок, позволяющих оценить геомеханическое состояние массива горных пород.

5. Процесс сдвижения горных пород и земной поверхности при комбинированной разработке согласно залегающих со слоистыми породами рудных тел ограниченного простирания (или при наличии безрудных участков) имеет сложный характер, изменяющийся с ростом глубины подземных разработок. В стадии полного развития процесса сдвижения на земной поверхности образуются зоны сдвижения, трещины, террасы, воронки и провалы на дне карьера с получением минимальных углов сдвижения.

6. Для учета влияния отдельных факторов на величину углов сдвижения предложены эмпирические зависимости, на основе которых разработана методика прогнозирования угловых параметров сдвижения. Так, для проектирования нижних горизонтов рудника Акбакай комбинатом приняты рекомендованные нами новые углы сдвижения  $\beta = 70^\circ$  и  $\beta'' = 75^\circ$  вместо существующих по проекту  $\beta = 50^\circ$  и  $\beta'' = 65^\circ$ .

7. Разработаны и согласованы с предприятием АО «Акбакайским ГМК» «Методические рекомендации по организации и проведению геомеханического мониторинга при совмещении открытых и подземных работ на месторождении Акбакай и «Методические указания по внедрению в производство приборов нового поколения», а также результаты исследований вошли в методические указания по выполнению курсовых и дипломных проектов по курсу «Сдвижение горных пород» и используются в учебном процессе КазНТУ имени К.И.Сатпаева.

**Оценка полноты решения поставленных задач.** Поставленная цель работы достигнута и сформулированные задачи, включающие проведение маркшейдерских наблюдений и теоретических исследований, решены полностью, результаты исследования доведены до внедрения.

**Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.** Полученные результаты исследований рекомендуются для использования в условиях месторождений Акбакайского ГМК и на других предприятиях с аналогичными горно-геологическими условиями, а также в учебном процессе.

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения.** Внедрение угловых параметров сдвижения для проектирования нижних горизонтов позволило уменьшить величину охранных целиков. Ожидаемый экономический эффект составляет **3,8 млн.тенге**. Внедрения подтверждаются актами.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с другими достижениями в этой области.** Проведенный обзор имеющейся литературы и акт о внедрении выполненной работы, позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует современному научно-техническому уровню.

#### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах**

1 Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Наблюдения за устойчивостью бортов карьеров .Геодезия, Картография. ГИС.-Алматы, 2004.- №4.-С.10-12.

2 Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М., Менаяков К.Т. О зонах сдвижения при комбинированной открыто-подземной отработке золотосодержащих месторождений.//Сб.трудов VII междуна. конфер. «Новые идеи в науке о Земле».- Москва, МГРИ, 2005.-С.167-170.

3 Нурпеисова М.Б., Киргизбаева Г.М., Менаяков К.Т. Методические рекомендации по организации и проведению геомеханического мониторинга - Алматы, КазНТУ, 2005.-35 с.

4 Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Методика прогнозирования параметров сдвижения //Материалы XVII МНК «Деформирование и разрушение горных пород и выработок». – Крым, Алушта: Таврический национальный университет, 2006.- С.196-199.

5 Касымканова Х.М., Менаяков К.Т. Влияние трещиноватости массива на процесс сдвижения на рудных месторождениях //Материалы XVII МНК «Деформирование и разрушение горных пород и выработок». – Крым, Алушта: Таврический национальный университет, 2006.- С.160-162.

6 Касымканова Х.М., Менаяков К.Т. Сущность и современное состояние комбинированной технологии. Вестник КазНТУ, 2007. -№2.- С.19-22.

7 Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Использование лазерных приборов в маркшейдерских работах. -Алматы, Горный журнал Казахстана, 2008, №6. -С.23-26.

8 Менаяков К.Т. Анализ точности лазерного нивелирования.-Алматы. Вестник КазНТУ, 2008. -№3. - С.14-18.

9 Нурпеисова М.Б., Киргизбаева Г.М.: Менаяков К.Т. Способ съемки подземных пустот. //Матер. 5 междуна. научн. конфер. молодых ученых «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых».-Москва, ИПКОН РАН, 2008.-С.54-65.

10 Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Лазерное сканирование подземных пустот.- Поиск, 2008. -№2. -С.302-304

11 Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. и др. Методические указания по внедрению в производство приборов нового поколения и ГИС-технологий.-Алматы, КазНТУ, 2008.- 39 с.

12 Нурпеисова М.Б., Киргизбаева Г.М.: Менаяков К.Т. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при открыто-подземной разработке месторождения Акбакай //Труды МНК «Наука и образование- ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030».-Караганда, 2009. - С.90-94.

## Менаяқов Қанат Тугелұлы

25.00.16 – «Тау-кен өнеркәсібі мен мұнай-газ кәсіпшілігі геологиясы, геофизика, маркшейдерлік іс және жер қойнауының геометриясы» мамандығы бойынша «**Біріктіре кен қазудағы тау жыныстарының жылжу параметрлерін болжауды негіздеу**» диссертациялық жұмысына

### ТҮЙІН

**Зерттеу аясы** – біріктірілген (алғаш ашық, кейін жерасты) тәсілмен игеріліп жатқан Ақбақай кенорнындағы тау жыныстарының массиві.

**Зерттеудің мәні.** Жартасты-жарықшақты тау жыныстарынан түзілген массивтегі геомеханикалық үрдістер.

**Жұмыстың мақсаты.** Рудалық кендерді біріктірілген (алғаш ашық, кейін жерасты) тәсілімен игерудегі тау жыныстарының деформациялану заңдылықтарын анықтау және оның негізінде жылжу процессінің бұрыштық параметрлерін болжаудың әдістемесін жетілдіру.

**Жұмыстың идеясы.** Тау жыныстары массивінің анықталған деформациялану заңдылықтарын пайдалана отыра карьер астындағы кен қорын игеруге қажет жылжу бұрыштарын негіздеу.

**Зерттеу әдістері.** Зерттеу жұмыстары кешенді әдістеме арқылы жүргізілген, оған: біріктірілген тәсілмен кен игеруде еліміздегі және шет елдердегі ғылым мен техниканың жетістіктеріне талдау жасау; маркшейдерлік аспаптық бақылаулар жүргізу; массивтің құрылымдық ерекшеліктерін жаппай өлшеу; тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін лаборатория және өндірістік жағдайларда сынау, геомеханикалық мониторинг нәтижелерін математикалық статистика мен компьютерлік техниканы қолданып өңдеу және жылжу параметрлерін болжаудың әдістемесін жетілдіру жатады.

#### **Жұмыстың нәтижелері:**

1. Жылжу бұрыштарына әсер ететін әртүрлі кенгеологиялық факторлар анықталды. Ақбақай кенорны жағдайында негізгі факторларға тау жыныстарының жарықшақтығы, физикалық-механикалық қасиеттері, кен қазудың тереңдігі мен бойлық ұзындығы және де қоршаған тау жыныстарының беріктігі мен құлама бұрыштары жатады.

2. Өлшеу жұмыстарының жылдамдығы мен дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік беретін, жұмыс реперлерінің биіктіктерін жетілдірілген геодезиялық қондырғыға орнатылған электронды тахеомерды қолдану арқылы анықтаудың тәсілі жасалды.

3. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде, біріктірілген (алғаш ашық, кейін жерасты) тәсілмен кен қазудағы геомеханикалық процестерді басқарудың әртүрлі тәсілдерін таңдауды және жылжу параметрлерін болжауды қамтамасыз ететін Ақбақай кенорнына тән екі обылыс пен 8 зонадан тұратын тау жыныстары жылжу аймақтарының схемасы алынды.

4. Жылжу аймақтарының параметрлерін алдын-ала болжауға мүмкіндік беретін, массивтегі жарықшақтар жүйелерінің құлама бұрыштары мен тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің кен қазу жұмыстары тереңдігі арасындағы өзара байланысы алынды.

5. Біріктірілген әдіспен кен қазуда, оның ішінде рудасыз участкелер кездесетін шағын рудалық денелерді игеруде, кен қазудың тереңдігіне байланысты жылжу процесі күрделі өзгеріске ұшырайды. Жылжу процесі толық дамығанда карьер түбінде жарықшақтар, террасалар, шұңқырлар пайда болып, жылжу бұрыштары минималь мәнге ие болады.

6. Жылжу бұрыштарына әсер ететін әртүрлі факторларды есепке алу бірнеше графиктік-аналитикалық байланыстар алынып, олардың негізінде жылжу бұрыштарын болжаудың әдістемесі жасалынды. Зерттеу жұмыстары нәтижесінде Ақбақай кенішінің төменгі қабаттарын жобалау үшін бұрынғы жобадағы бұрыштардың  $\beta = 50^\circ$  и  $\beta'' = 65^\circ$  орнына ұсынылған жаңа жылжу параметрлері  $\beta = 70^\circ$  и  $\beta'' = 75^\circ$  қабылданды.

7. «Ақбақай кенорнындағы біріктірілген тәсілмен кен қазуда геомеханикалық мониторингті ұйымдастырудың және жүргізудің әдістемелік ережелері» және «Өндіріске осы күнгі жаңа аспатар енгізудің әдістемелік нұсқаулары» жасалынды және Ақбақай кен-металлургия комбинатымен бекітіліп, басшылыққа алынатын құжат ретінде өндіріске енгізілді. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстарының нәтижесі Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ -да маркшейдер мамандарын даярлаудың оқу процесінде пайдаланылуда.

**Өндіріске енгізу туралы ұсыныстар.** Зерттеу нәтижелері Ақбақай кен байыту комбинатында жылжу процесі параметрлерін анықтаудың әдістемелік нұсқаулары - нормалық құжаттар ретінде өндіріске енгізілді. Сонымен қатар, жұмыс нәтижелері Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-дың оқу процесінде пайдаланылуда.

**Қолдану аумағы.** Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «Ақбақай» кен байыту комбинатында және Ақбақай кенорнына ұқсас Қазақстанның басқа да кеніштерінде қолдануға болады.

**Жұмыстың экономикалық тиімділігі.** Ақбақай кенішінің төменгі қабаттарын жобалауға қабылданып алынған жылжудың жаңа параметрлері сақтандыру кентіректерінің шамасын азайтуға мүмкіндік туғызды, Күтілетін экономикалық тиімділік 3,8 млн. теңгені құрайтындығы актымен расталған

**Зерттеу аясын дамыту туралы болжамдақ ұсыныстар.** Алынған нәтижелерді кен-геологиялық жағдайлары ұқсас басқа да кеніштерді жобалауда; қайта құруда, пайдалануда, ғылыми-зерттеу және жобалау институттарында, сонымен қатар жоғарғы оқу орындарында кеңінен қолдануға болады.

## SUMMARY

Menaykov Kanat Tugelevich

### **Motivation of the methods of the forecast and parameter sdvizhenie under multifunction way of the development of ore**

25.00.16 - Mining and oil and gas the industry geology, geophysics, survey business and geometry of bowels.

**Objects of researches** - skalno-treshchinovaty breeds of deposit Акбакай, fulfilled in the is opened-underground way of working out.

**Subject of researches** are geomechanical processes in a file, combined treshchinovaty breeds.

**The work purpose** is the establishment of laws of deformation of rocks by the combined (is opened-underground) working out of ore deposits and working out on their basis of a technique of forecasting of angular parametres of process sdviizhenie,.

**The idea of work** consists in use of the established laws of deformation of a file of mountain parametres at forecasting sdviizhenie for working out quarry stocks in the underground way

**Methods of researches** include the analysis and generalisation of theoretical researches of process shift in various geological conditions of working off of deposits, ordering of world experience of application of the combined working out gold-mining deposits, experimental researches in laboratory and mine conditions, analytical calculations, processing of results of supervision by methods mathematical the statistican both the computer technics, and a technique of forecasting of parametres shift.

### **Results of the wqrk.**

1. Shift of rocks - the geomechanical process occurring in bowels of the earth, therefore along with marksheider tool supervision it is necessary to study over a wide range structural features of a file of rocks and it properties.

2. The major factors influencing process of shift in data geological also it is mountain-specifications is cracks, physicommechanical properties, depth of conducting mountain works and length of front of the given work, and also a fortress and a corner of falling of layers of containing breeds

3. The circuit shift rocks is made by combined development Akbakai of the deposit, allowing to choose various ways of management of geomechanical processes by a site and to predict parameters shift rocks.

4. Conditions of formation cracks are established and the way of calculation of their height is developed. It is proved, that relative capacity between layers  $M/m$  at which stability of breeds in подработанной is kept thicker, is in hyperbolic dependence on critical deformation of stretchings of breeds.

5. The process of development of mountain sorts and terrestrial surface under multifunction development according to mining with steeply dipping ore bodies in limited areas (or at presence of barren areas) has a complex nature, changing with growing of the depth of the underground developments. In stage of the full development of the process of development on terrestrial surface are formed zones of development, rifts, terraces, craters and collapses on day care with reception of minimum corners of development.

6. On the basis of studying properties of breeds the some people are received stable characteristics and interrelations between parameters of properties of breeds and their depth and in the bowels are established, allowing to predict geomechanical processes. So, for designing lower horizon mine Akbakay combine are accepted recommended by us new corners of development  $\beta = 70^\circ$  and  $\beta'' = 75^\circ$  instead of existing on project  $\beta = 50^\circ$  and  $\beta'' = 65^\circ$ .

7. It is designed and coordinated with enterprise «Akbakayskim GMK» «Methodical recommendations on organizations and undertaking geomechanical monitoring at joining opened and underground work on Akbakay» and "Methodical instructions on introduction in production instrument new generation", as well as results study fell into methodical instructions on execution course and degree project on course "Development of mountain sorts" and use in scholastic process KazNTU name K.I.Satpaeva.

**The estimation of the fullness of the decision of the put(deliver)ed problems.** The Put(deliver)ed purpose of the work is reached and worded problems, including undertaking survey business observations and basic researches, are solved completely, results of the study done before introduction.

**The Development recommendation and raw data on concrete use result.** The Got results of the studies are recommended for use in condition of deposit Akbakayskogo GMKA and on the other enterprise with similar is blazed-geological condition, as well as in scholastic process.

**The Estimation to technical-economic efficiency of the introduction.** Introduction new angular parameter of development for designing lower horizon has allowed to reduce the value safe seilikov. Expected sparency effect forms 3,8 mln.tenge. Introduction are confirmed by acts.

**Estimation of a scientific level of the executed work in comparison with other achievements in this area.** The lead review of the available literature and the adoption deed of the executed work, allow to draw a conclusion that dissertational work corresponds to a modern scientific and technical level.

Подписано в печать 13. 07. 2010 г.  
Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная. Объем 1,3 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 815.  
Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета  
имени К.И. Сатпаева  
Научно-технический издательский центр КазНТУ  
Алматы, ул. Ладыгина, 32

