

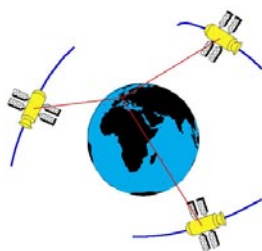
МГОУ

Экология

(Экозащитная техника и технология при подземной разработке месторождений)

Глобальные навигационные спутниковые системы в обеспечении геодинамической безопасности разработки рудных месторождений

Учебное методическое пособие для студентов специальности 130402, 130403, 130404, 130405, 130404.6, 130406, 150402, 3305500 - «Безопасность технологических процессов и производств»



**Ю.В. Михайлов,
В.Н. Морозов,
В.Н. Татаринов**

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Горной экологии и безопасности жизнедеятельности»

Базовая кафедра

«Горной экологии и геоинформационных систем экологической
безопасности»

**Глобальные навигационные спутниковые системы в
обеспечении геодинамической безопасности разработки
рудных месторождений**

Учебное методическое пособие для студентов специальности
130402, 130403, 130404, 130405, 130404.6, 130406, 150402, 3305500 -
«Безопасность технологических процессов и производств»

Москва
Издательство МГОУ
2008

ВВЕДЕНИЕ

Главный принцип безопасного ведения горных работ на рудных месторождениях закладывается на стадии проектирования их отработки, когда за счет оптимизация расположения шахтных стволов, подготовительных выработок и направления очистной выемки рудных тел исключается образование зон опасных концентраций напряжений в приконтурной части массива. Их образование связано с современной тектонической активностью района, а также с процессами сдвижений породных массивов вызванных отработкой месторождений.

Для контроля и прогнозирования напряженно-деформированного состояния породных массивов и их приконтурных частей, необходимо изучение современных движений земной коры (СДЗК) в пределах рудного поля и отдельных месторождений.

В настоящее время наиболее перспективным направлением изучения СДЗК является использование глобальных спутниковых навигационных систем (GPS и ГЛОНАСС). GPS-технология получила широкое применение в решении различных геодинимических задач, в т. ч. в горном производстве. Хорошо продуманная концепция системы отличается высокими метрологическими характеристиками, всепогодностью измерений, охватом наблюдениями всей исследуемой территории, мобильностью, активным выбором пунктов наблюдений, синхронностью наблюдений. Применение данной системы значительно повышает производительность труда при определении высокоточных относительных координат по сравнению с традиционными средствами.

Многолетний опыт экспериментальных GPS-наблюдений доказал следующие преимущества спутниковых методов изучения деформационных процессов по сравнению с наземными методами:

- GPS- измерения позволяют получать одновременно вертикальную и горизонтальную компоненты СДЗК, а при наземных измерения необходимо выполнять различные виды работ для их получения;

- в наземных методах (например, при лазерных наблюдениях) размеры сторон типовых фигур редко превышают 15-20 км, а для GPS-системы практически нет ограничений в длинах измеряемых линий;

- если наземные методы при длинах сторон в 10-15 км обеспечивают точность определения горизонтальных компонент на уровне 10^{-5} - 10^{-6} , то GPS-система для тех же дальностей обеспечивает измерения на порядок выше, т.е. 10^{-7} ;

- производительность работ по сравнению с наземными методами выше в 5-10 раз, а стоимость работ ниже примерно в 4-5 раз;

- проведение наземных работ сильно зависит от метеорологических условий, в то время как с GPS-системой можно работать при любой погоде;

- при наземных методах имеет место неполная автоматизация наблюдений, а при использовании GPS-системы сбор данных осуществляется автоматизировано.

С помощью GPS-технологии при проектировании отработки рудных месторождений возможно определение размеров территории, которая может быть вовлечена в деформационный процесс, как информации для оценки возможного сейсмического события. Во-вторых, площадная схема расстановки GPS-пунктов может дать представление о направлениях векторов максимальных горизонтальных деформаций и главных напряжениях при моделировании НДС. В-третьих, проведение спутниковых наблюдений в режиме мониторинга позволяет получить ряды наблюдений и оценить скорость деформаций.

По результатам повторных наблюдений с GPS-системой могут быть получены следующие материалы:

- схема современных горизонтальных движений и деформаций в районе рудного поля;
- компоненты главных деформаций и их изменения во времени;
- участки аномального деформирования пород и сдвигения земной поверхности;
- положение разломов с активным проявлением вдоль них горизонтальных движений и деформаций.

Учебное методическое пособие «Глобальные навигационные спутниковые системы в обеспечении геодинамической безопасности разработки рудных месторождений» предназначено для подготовки инженеров по специальности 130402, 130403, 130404, 130405, 130404.6, 130406, 150402, 3305500 - «Безопасность технологических процессов и производств»

Изучение данной дисциплины способствует формированию у студентов кругозора по использованию современных методов мониторинга геодинамических процессов и навыков практической работы со сложными приборами.

Во время обучения студенты прослушивают лекции и выполняют практические занятия. Самостоятельная работа студентов направлена на освоение теоретического материала и подготовке к зачету.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1. Общие сведения о геодезии.

Предмет и задачи геодезии. Связь геодезии с геодинамикой и другими науками о Земле. Понятие о плановой и высотной государственной геодезической сети России, виды сетей. Роль космической геодезии на современном этапе в изучении Земли как планеты, в решении фундаментальных и прикладных задач, в освоении

природных ресурсов и обеспечении рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых. Топографические карты. Роль геодезических наблюдений за деформациями земной поверхности при разработке рудных месторождений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какова роль космической геодезии в изучении Земли как планеты и обеспечении рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых?
2. Что такое топографические карты?
3. Какие существуют виды геодезических сетей?

Тема 2. Глобальная навигационная спутниковая система.

Глобальные спутниковые навигационные системы (ГНСС) определения координат пунктов и их применение для решения геодинамических задач. Принципы построения и функционирования глобальных навигационно-геодезических систем ГЛОНАСС и GPS. Система глобального позиционирования (GPS). Космический сегмент системы. Генерация спутникового сигнала. Структура радиосигнала. Измеряемые величины. Навигационное сообщение GPS. Эфемериды. Наземная подсистема контроля и управления. Международные информационные базы данных эфемерид и навигационных сообщений. Подсистема пользователя. Определение позиции приемника в 3-D пространстве. Типы приемников ГНСС. Абсолютный, относительный и дифференциальный методы определения координат пунктов геодинамических сетей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каковы основные принципы построения и функционирования глобальных навигационно-геодезических систем ГЛОНАСС и GPS?
2. Из каких подсистем состоит Система глобального позиционирования?
3. Какие существуют типы приемников ГНСС?

Тема 3. Системы координат.

Геоид и эллипсоид, всемирный эллипсоид WGS-84. Земные системы координат. Общеземные системы координат. Системы координат, используемые в ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Геодезические (референцные) системы координат. Референц-эллипсоид Красовского. Система геодезических координат 1942 г. (СК-42). Система координат 1995 г. (СК - 95). Астрономические (географические) координаты пунктов земной поверхности. Параметры вращения (ориентации) Земли. Система координат ITRF. Установление связи между разными системами координат и их конвертирование.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое система координат?
2. Какие основные системы координат используются в геодинاميке?
3. Охарактеризуйте систему координат ITRF.

Тема 4. Источники ошибок и способы ослабления их влияния

Источники ошибок при использовании глобальных навигационных спутниковых систем для решения геодинاميческих задач и рационального природопользования. Неточное определение времени. Ошибки вычисления орбит. Инструментальная ошибка приемника. Многопутность распространения сигнала. Ионосферные задержки сигнала. Тропосферные

задержки сигнала. Геометрическое расположение спутников. Закономерности и масштабы геодинимических движений в различных по степени тектонической активности регионах. Цикличность геодинимических движений и влияние на ошибки их определения. «Парадокс скоростей» геодинимических движений М.В. Гзовского. Интервалы скоростей смещений и деформирования земной поверхности. Зависимость средней квадратической ошибки определения скоростей СДЗК от тектонической активности региона. Зависимость скоростей геодинимических движений и их производных от дистанции между пунктами наблюдений. Оптимизация и планирование времени и циклов GPS-наблюдений. Пути и приемы снижения ошибок наблюдений при использовании ГНСС.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие основные источники ошибок при наблюдениях с использованием спутниковых навигационных систем?
2. Назовите три основные закономерности геодинимических движений.
3. Какие пути оптимизации GPS-наблюдений?

Тема 5. Методические аспекты изучения СДЗК и микродеформаций на основе технологий ГНСС.

Разработка проекта наблюдений. Создание баз данных. Полевая рекогносцировка. Подготовка к полевым наблюдениям. Методика проведения полевых наблюдений. Правила ведения журнала наблюдений. Основные типы приемников и антенн приема спутниковых сигналов. Аппаратура геодезическая спутниковая двухчастотная GPS/ГЛОНАСС приемник модели Нiper. Приемы практической работы с приемниками Нiper. Схемы перемещения приемников по пунктам геодинимической сети.

Привязка к опорным пунктам и сетям. Предварительная обработка данных. Форматы записей сигналов в приемниках. Блок-схема определения координат пунктов в системах ITRF и WGS-84 с помощью программных пакетов GAMIT/GLOBK. Программный пакет PC-SDU для работы с GPS и ГЛОНАСС приемниками. Принципы работы с программным пакетом Essemble. Анализ и интерпретация результатов наблюдений на геодинимических полигонах. Скорости вертикальных СДЗК. Скорости горизонтальных СДЗК. Расчет скоростей деформаций и дилатации земной поверхности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каковы основные методические особенности проведения полевых наблюдений?
2. Назовите основные принципы перемещения GPS-приемников по пунктам сети?
3. Как рассчитываются скорости смещений и дилатации земной поверхности?

Тема 6. Принципы построения спутниковых геодинимических сетей и закладки пунктов наблюдений.

Теоретические предпосылки, лежащие в основе построения геодинимических сетей для наблюдений за СДЗК и деформациями с помощью спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС. Методика и технология привязки сети опорных пунктов к системам координат WGS-84, EUREF, СК-42. Правила закрепления центров пунктов спутниковых геодинимических сетей в грунтах и породах. Типы и конструкции центров пунктов геодинимических сетей. Определение глубин промерзания и протаивания грунтов. Выбор места закладки центров спутниковых сетей в зависимости от физико-географических и

климатических условий. Принципы установки центров пунктов в грунтах. Внешнее оформление пунктов. Нормативные документы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие существуют типы и конструкции реперных устройств для пунктов геодинимических сетей?
2. Каковы основные принципы выбора мест для установки пунктов сети?
3. Назовите основные принципы построения геодинимических сетей.

Тема 7. Использование спутниковых систем для решения геодинимических задач.

Моделирование и реконструкция полей деформаций по данным наблюдений за СДЗК. Примеры геодинимических сетей и наблюдений за СДЗК в различных регионах мира. Примеры использования ГНСС технологий для обеспечения экологической и технологической безопасности отработки месторождений полезных ископаемых. Применение GPS-технологии для обеспечения геоэкологической безопасности особо ответственных объектах промышленности, включая объекты ядерно-топливного цикла.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Приведите наиболее известные примеры геодинимических наблюдений за СДЗК.
2. Как используются результаты наблюдений с использованием ГНСС в экологии и при отработке полезных ископаемых?
3. Как реконструируются поля деформаций по данным геодинимических наблюдений?

Вопросы для зачета

1. Предмет и задачи геодезии.
2. Роль космической геодезии в изучении Земли.
3. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС).
4. Система глобального позиционирования GPS.
5. Космический сегмент системы GPS.
6. Получение эфемерид по сети интернет.
7. Наземные подсистемы контроля и пользователя.
8. Типы приемников и антенн.
9. Абсолютный, относительный и дифференцированный методы определения координат.
10. Системы координат, используемые в ГНСС.
11. Системы координат WGS-84 и ITRF.
12. Конвертирование систем координат.
13. Источники ошибок при GPS-наблюдениях.
14. Закономерности и масштабы геодинамических движений.
15. Современные движения и деформации земной коры.
16. Связь геодинамических движений с дистанциями, временем и тектонической активностью региона.
17. Оптимизация и планирование времени GPS-наблюдений.
18. Пути снижения ошибок наблюдений с использованием ГНСС.
19. Разработка проекта наблюдений.
20. Методика полевых наблюдений.
21. Правила ведения журнала наблюдений.
22. Аппаратура геодезическая Нiper.
23. Предварительная обработка данных. Программный пакет PC-SDU.
24. Принципы интерпретации геодинамических данных.

25. Расчет скоростей движений и деформаций.
26. Принципы оптимизации геодинимических сетей.
27. Правила закрепления пунктов геодинимических сетей.
28. Определение глубин промерзания и протаивания грунтов.
29. Типы и конструкции центров пунктов геодинимических сетей.
30. Нормативные документы по геодинимическим наблюдениям с использованием ГНСС.
31. Моделирование и реконструкция полей деформаций.
32. Примеры геодинимических наблюдений за СДЗК в различных регионах мира.
33. Примеры использования ГНСС для экологически безопасной и рациональной отработки рудных месторождений.

Практические занятия

Занятие 1. Приобретение навыков получения эфемерид и табличных файлов для обработки результатов наблюдений из служб Международной геодинимической сети (SOPAC, IGS, Unavco и др.) в режиме удаленного доступа по сети Интернет.

Занятие 2. Практическое освоение программы PC-SDU для управления GPS-приемником (настройка опций приемника, запись сигналов, техническое сопровождение работ и т. д.).

Занятие 3. Приобретение практических навыков работы с приемником Нiper (подключение, запуск, запись, выдача данных, обеспечение питания).

Занятие 4. Выбор оптимальной конфигурации и мест установки пунктов наблюдений геодинимических сетей на топокартах для конкретных районов расположения горнорудных и др. предприятий.

Список рекомендуемой литературы

№	
Основная	
1.	Космическая геодезия / В.Н. Баранов, Е.Г. Бойко, И.И. Краснорылов и др. М.: Недра, 1986.
2.	Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999.
3.	Инженерная геодезия / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. М.: Высш. шк., 2001.
4.	Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования: М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 2001.
5.	Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. М. ЦНИИГАиК. 2003. 64 с.
Дополнительная	
6.	Справочник геодезиста / Под ред. В.Д. Большакова, Г.П. Левчука. М.: Недра, 1985.
7.	Правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети. М. ЦНИИГАиК. 2001. 29 с
8.	Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. М. ЦНИИГАиК. 2002. 54 с.
9.	Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы. М.: Вузовская книга, 2001.
10.	Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. - М.: Недра, 1988, 492 с.
11.	Садов А. В. Аэрокосмические методы в инженерной геодинамике. - М.: Недра, 1988. 207 с.